

No Estado do Ceará, a distribuição dos estudos de recuo da linha de costa em praias se aproxima do cenário nacional. Os processos erosivos nos 573 km de costa se apresentam com velocidades e intensidades bem diferenciadas, com taxas médias variando de 0,05 m/ano a 5 m/ano (Morais et al., 2006). Somam-se a isto o aumento da frequência e intensidade das tempestades no Atlântico Norte ou distúrbios gerados no extremo sul do continente africano que influenciam diretamente na entrada de ondas Swell, de alta energia no nordeste setentrional brasileiro, no primeiro semestre do ano (Innocentini et al., 2003; Innocentini et al., 2005 e Melo et al., 1995).

As causas da erosão são: a) elevação do nível relativo do mar; b) ocupação/urbanização das áreas fonte de sedimentos, c) construção de obras portuárias, além das repercussões no litoral oriundas das transformações socioespaciais no interior da bacia de drenagem (Dias, 1990; Morais & Pinheiro, 2000 e Morais et al., 2002).

Considerando as repercussões das transformações na bacia de drenagem e os impactos no litoral, na costa setentrional do Nordeste Brasileiro, sobretudo no Estado do Ceará, merecem destaque os processos erosivos nas áreas adjacentes às desembocaduras fluviais. A escassez de água, a qual é submetida às bacias hidrográficas inseridas no semiárido, impulsionou a forte ocupação das margens fluviais para expansão das cidades, o desmatamento para o desenvolvimento de culturas de subsistência, projetos agroindustriais e a construção de barragens de pequeno e grande porte para abastecimento dessas atividades e sustentação da vida. A consequência dessas interferências tem sido a mudança em curto prazo dos processos de produção, transporte e deposição de sedimentos interferindo diretamente no equilíbrio dos ambientes costeiros, assim como vem sendo observado no município de Icapuí.

As praias do município de Icapuí, no estado do Ceará, vêm sofrendo intenso processo de erosão há quase duas décadas, requerendo investimentos em intervenções de proteção costeira definitivas, cujos recursos vultosos somente poderão ser obtidos por meio de repasses da União e Estado. Recorrentemente as marés de sizígia atacam as falésias – um dos elementos mais importantes da paisagem do litoral de Icapuí, como bem definiu Meireles e al. (2012). Esses ataques vêm promovendo a desestabilização das estruturas de sustentação da urbanização e o progressivo recuo da linha de costa, trazendo sérios danos ao patrimônio ambiental, público e privado, além de prejuízos às atividades econômicas e de subsistência, ali desenvolvidas, sobretudo o turismo e a pesca.

Essa tendência, já diagnosticada pelos estudos técnicos-científicos sobre a Erosão no Litoral de Icapuí, Ceará - Praias de Redonda, Peroba, Barreira de Baixo e Barrinha, desenvolvidos pelo

LABOMAR da UFCE, e apresentados em fevereiro de 2013, tem revelado que ao longo de poucos anos a costa de Icapuí, num cenário futuro, sofrerá com um recuo da linha de costa que atingirá as casas que ainda se encontram nos trechos adjacentes às praias.

A constante evolução da linha de costa no município de Icapuí, mais precisamente no trecho da praia da Peroba, é bastante percebida naqueles estudos, cuja técnica digital de análise revela que a média geral das taxas de erosão é de 2,4m/ano para um intervalo de aproximadamente uma década.

Nesse cenário, a estimativa de erosão para os próximos anos também mostra que, se medidas mitigadoras em uma escala maior não forem empreendidas, a exemplo das estruturas de proteção costeira que vêm exitosamente sendo executadas – reparando e minimizando as consequências do processo erosivo instalado –, o recuo continuará de forma acentuada nos trechos mais expostos e desprotegidos, condição esta que vem se confirmando ano a ano.

Nesse contexto, o presente documento elaborado pelo corpo técnico da Prefeitura Municipal de Icapuí tem como objetivo a elaboração do **Projeto de Implantação da Estrutura de Defesa Costeira da Praia de Peroba, Município de Icapuí, Ceará** em caráter prioritário, face aos desastres que vêm ocorrendo progressivamente no litoral do município, colocando em risco residências, comércio, assim como o turismo e as atividades de pesca da região, principais fontes de renda do Município.

Considerando a magnitude dos danos que vêm ocorrendo na praia de Peroba, com a consolidação do processo erosivo, em decorrência das elevadas marés de sizígia, resultando em eventos que abatem encostas e falésias, promovendo, ao mesmo tempo, o desmoronamento da infraestrutura, além de algumas edificações e equipamentos (Figura 1), tornando-se, portanto, iminente necessário a implementação de medidas que visem a proteção das extensas áreas de encostas afetadas, além da complementação das estruturas de proteção.

São flagrantemente visíveis os danos materiais e ambientais, além do comprometimento das atividades socioeconômicas que constituem fontes de renda para a população residente nessas praias, ligadas às atividades pesqueiras como fonte exclusiva de renda e subsistência, assim como para o turismo, que para o Município exerce grande influência na arrecadação. Tais repercussões econômicas se apresentam muito graves devido à falta de recursos para a recuperação imediata dos danos, tendo como resultado pós-desastre um cenário para cujo restabelecimento da

normalidade o município deverá responder com a reconstrução e proteção das encostas, promovendo também, a estabilização do recuo da linha de costa.



Figura 1 – Avanço do mar provoca cenário de degradação ambiental e de dilapidação do patrimônio público e privado na praia da Peroba, Icapuí-CE.

2. CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO / ASPECTOS AMBIENTAIS

Distando pouco mais de 200 km da capital do Ceará, o município de Icapuí está situado no extremo leste do Estado, cuja localização geográfica propicia relações sociais, econômicas e ambientais das regiões de Assú-Mossoró no Rio Grande do Norte e o município de Aracati e entre outros do Baixo Jaguaribe, no Estado do Ceará. (Figuras 2 e 3).

Com 429,3 Km² e 64 km de praias, que se estende da divisa do município de Aracati até a divisa com o Estado do Rio Grande do Norte, no município de Tibau. Possui tamanha expressão cênica, caracteriza-se por dunas, falésias, parcéis, manguezais e coqueirais. É de se esperar uma ocupação litorânea que ocorre de forma irregular com destaque às diversas comunidades pesqueiras, pequenos comércio e pousadas familiares empreendimentos de hotelaria de médio porte; sendo essas atividades relacionadas ao turismo, que está juntamente com a pesca da lagosta, e cultivo de algas para produção de diversos produtos, entre as principais fontes de recursos da região desenvolvidas, em sua maioria, pela população local. Naturalmente que outras atividades econômicas são expressivas, como a exploração de petróleo, seguida pela salineira, entretanto, desenvolvidas por outros segmentos.

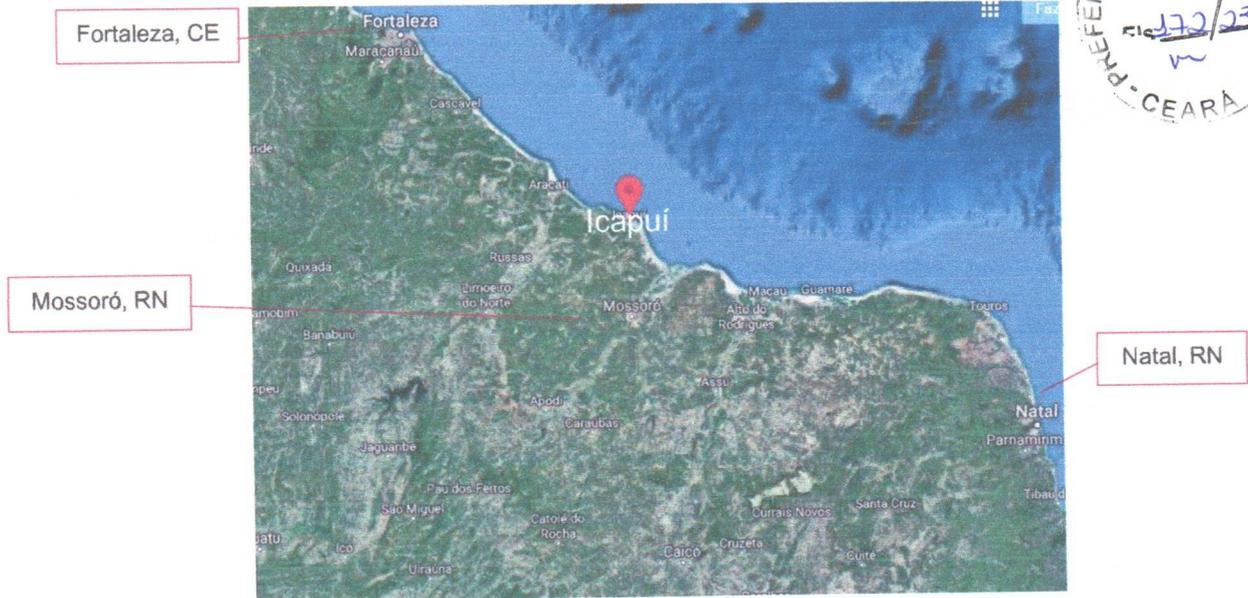


Figura 2 – Localização do município de Icapuí, CE.

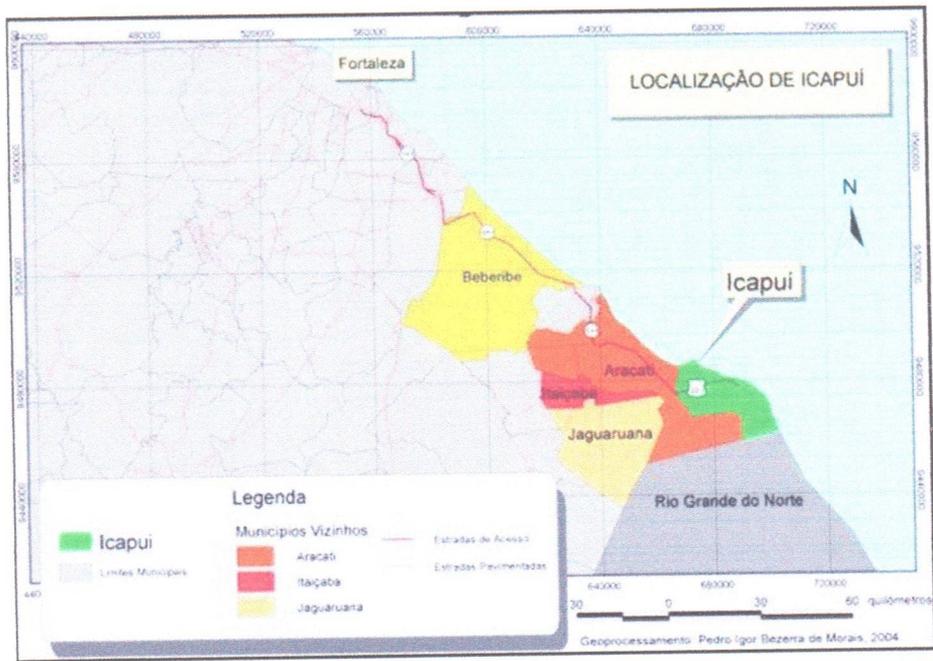


Figura 3 – Localização do município de Icapuí em relação aos demais municípios circunvizinhos.

O município, que tem como limites, ao norte, o Oceano Atlântico, ao sul e a oeste com o município de Aracati e ao leste com o estado do Rio Grande do Norte, está dividido em três

Anderson da Silva Pereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0815101313
CPF 024.860.603-33

distritos: Icapuí (sede), Ibicuitaba e Manibú (Figura 4) e quatro (04) bairros - Mutamba, Cajuais, Salgadinho II e Olho D'Água, com 30 núcleos populacionais, localizados nas quatorze praias existentes, bem como à margem da Rodovia CE-261 no entroncamento da BR-304 que liga o Ceará ao Rio Grande do Norte.

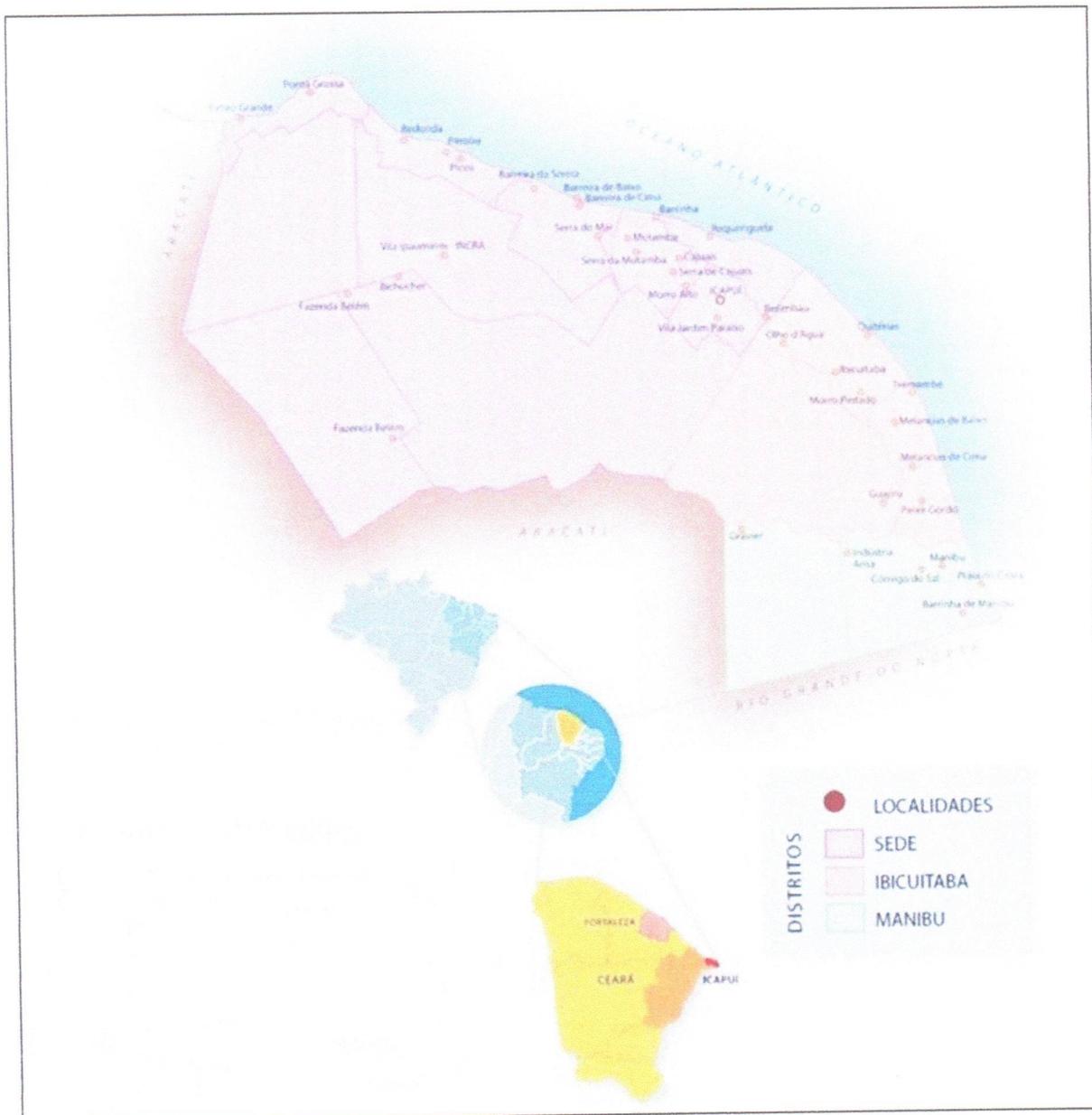


Figura 4 – Divisão do município de Icapuí em 03 (três) distritos.

A área litorânea de Icapuí foi inicialmente dividida em 03 Unidades de Paisagem a partir de suas características físicas e de ocupação. Estas, por sua vez, foram subdivididas em 8 trechos (Figura 5).

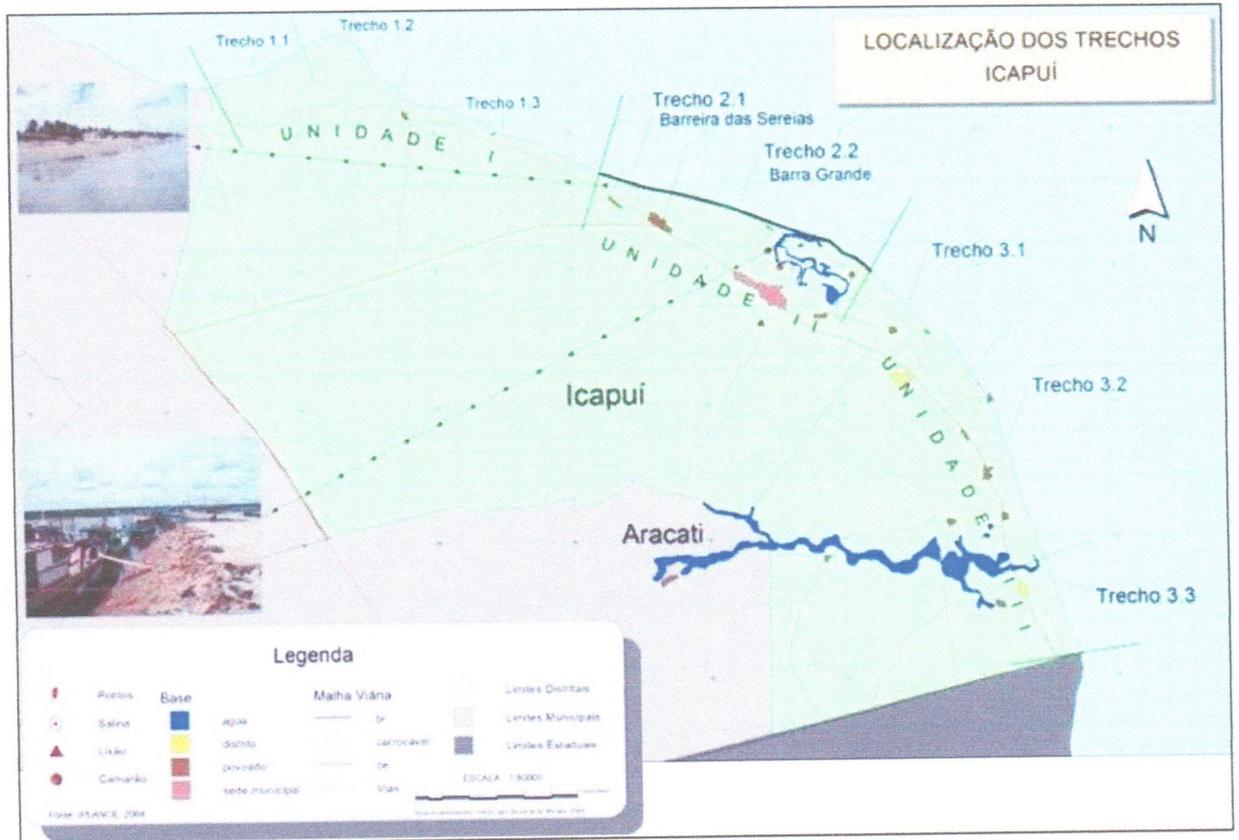


Figura 5 – Divisão da orla municipal em Unidades de Paisagem e trechos.

Icapuí se caracteriza por ser uma cidade de vocação essencialmente turística e balnear, que tem como principal atividade econômica, a pesca – sobretudo da lagosta –, a coleta de algas e mariscos, a carcinicultura, o extrativismo do coco, o beneficiamento da castanha de caju, a exploração do sal e o artesanato.

O município é composto por pequenas comunidades de pescadores e de veraneio. Suas principais relações sociais, econômicas, bem como ambientais, se vinculam às das regiões de Assú-Mossoró, no Rio Grande do Norte, com o município de Aracati, da qual se emancipou em 1985, além de municípios do Baixo Jaguaribe, no Estado do Ceará.

A pesca artesanal, amparada pela grande diversidade de espécies marinhas – imprescindíveis para o sustento dos pescadores ao longo de todo o ano e para as necessidades alimentares da população local –, além de se constituir em uma das principais fontes de recursos para a cidade, envolve a maior parte das famílias do município.

O clima constitui uma das mais importantes variáveis controladoras dos processos costeiros, dentre os seus elementos merece destaque a variação anual dos totais pluviométricos e regime dos ventos.

A região do nordeste brasileiro está situada na zona tropical, entre 35° e 47°W de longitude e de 1° e 18°S de latitude. Atuam nessa região três diferentes climas: clima equatorial úmido, clima litorâneo úmido e clima tropical semiárido.

Do ponto de vista climático, a região nordeste considerada semiárida, em razão de apresentar substanciais variações temporal e espacial de precipitação pluviométrica, além de elevadas temperaturas ao longo do ano.

O clima de Icapuí é definido como tropical quente, semiárido brando, apresentando substanciais variações temporais e espaciais da precipitação pluviométrica, e elevadas temperaturas ao longo do ano, com temperatura média variando entre 26° e 28°.

O período chuvoso do litoral leste cearense concentra-se entre os meses de fevereiro e maio, com média de 1.331,7 mm. Para o litoral de Icapuí, um dos mais áridos litorais cearenses, a precipitação para o mês de abril no período de 2008 a 2011 foi de 411,5 mm.

As precipitações pluviométricas registradas no município de Icapuí, baseadas no registro dos últimos 10 anos, revelam uma alternância entre anos de escassez e anos de bastante chuvosos, em que as chuvas mais significativas ocorreram majoritariamente nos meses de dezembro, podendo se estender até o mês de junho, a depender das condições oceânicas e atmosféricas.

Campos e Studart (2003) observaram que há um decréscimo acentuado na precipitação anual em direção ao litoral leste, caindo de 1.338 mm em Fortaleza para 949,2 mm em Icapuí.

De acordo com Cunha (2004), as alterações anuais do clima estão relacionadas ao movimento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), já que, de acordo com sua posição e seu tempo de

permanência sobre a região, pode provocar anos com pluviosidade excessiva ou anos com estiagem bastante prolongada.

A ZCIT é originada pelos ventos surgidos no Hemisfério Norte encontrando-se com os ventos originados no Hemisfério Sul. Tal convergência provoca a formação de nuvens sobre a região tropical e apresenta um comportamento oscilatório, latitudinalmente, na altura da linha do Equador.

Entre os anos de 2013 e 2017 verificou-se a predominância de chuvas nos meses de janeiro a junho e, conseqüentemente de períodos secos entre os meses de agosto a dezembro.

O regime térmico da região é caracterizado, basicamente, por temperaturas elevadas e amplitudes reduzidas.

O vento exerce um papel fundamental no litoral do Nordeste haja vista a acumulação de dunas e praias arenosas ao longo da costa do Ceará prolongando-se para leste ao litoral norte do Rio Grande do Norte (até Touros).

Na área do município de Icapuí-CE a temperatura local não apresenta grandes variações anuais ou mensais; as máximas das médias variam entre 26°C e 28°C, ocorrendo no fim do período de estiagem. Os meses de janeiro, novembro e dezembro apresentam as maiores temperaturas, já as menores registram-se em junho e julho. A média de janeiro, mês mais quente, é de 28°C, e em abril, mês mais frio, é de 26,5°C (IPECE, 2016).

A umidade relativa do ar é pouco variável se comparada a outras localidades do Nordeste. A média mensal de umidade relativa do ar varia de 75,13%, em outubro, a 82,94%, em maio. Os menores valores ocorrem, portanto, em épocas de temperaturas mais altas e os maiores valores nos períodos de temperaturas mais baixas (Estação Climatológica da UFRN, 2002).

A vegetação nativa tem forte representatividade na preservação dos ecossistemas, desempenhando funções fundamentais na proteção do solo, no controle do regime de chuvas e fluxo da água, além de controle de poluição e de sobrevivência da fauna.

Em Icapuí a vegetação está enquadrada dentro do complexo da zona litorânea, se destacando pela forte presença de áreas de mangue, de tabuleiro litorâneo e as pioneiras em dunas.

Anderson da Silva Peres
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0615101313
CPF 022.760.603-33

No manguezal, onde os solos são pouco desenvolvidos e lamacentos, predomina a vegetação de mangue, com quatro principais tipos, os mangues do tipo vermelho, verdadeiro ou sapateiro (*Rhizophora mangle*), mangue branco, manso ou rajadinho (*Laguncularia racemosa*), o mangue preto, canoé ou síriba (*Avicennia schaueriana* e *Avicennia germinans*) e o mangue ratinho ou botão (*Conocarpus erectus*).

As matas de tabuleiro litorâneo ocorrem em quase todos o Município ocupando as áreas de tabuleiro bem próximas às falésias e ocorrendo também em dunas fixas. Quanto mais ao sul e afastado das vilas, melhor seu estado de conservação. Nas áreas próximas às lagoas, existe a floresta mista dicótilo-palmácea, enquanto, no pós-praia e áreas subseqüentes ocorrem a vegetação pioneira psamófila e a herbácea-arbustiva típica das restingas (salsa e pinheirinho da praia).

Nas áreas mais úmidas, com presença de lagoas e de influência marinha, encontra-se a formação da floresta mista dicótilo-palmácea. Essas feições foram bastante degradadas, cedendo espaço para uso de salinas.

Nas pós-praias e terrenos subseqüentes, estende-se a vegetação herbácea-arbustiva típica das restingas.

Nos terraços marinhos, onde os solos são arenosos, predomina a presença de um coqueiral que, embora não seja nativo, tem se adaptado bem às condições locais.

A integração destes elementos físico-ambientais conduz à compreensão de uma unidade de paisagem com intensa dinâmica, instabilidade e diversidade de morfologias e subsistemas ambientais que compõem a planície costeira de Icapuí.

Sob o aspecto hidrográfico, bem como no que se refere às águas superficiais, o município de Icapuí está totalmente inserido na bacia hidrográfica do Baixo Jaguaribe, não possuindo drenagens significativas, podendo ser citado apenas o córrego Manguinho.

Quanto às águas subterrâneas, de acordo com o CPRM (1998), podem ser identificados no município de Icapuí dois domínios hidrogeológicos distintos: rochas sedimentares e depósitos aluvionares.

O domínio representado pelos sedimentos da Formação Barreiras caracteriza-se por uma expressiva variação faciológica, com intercalações de níveis mais e menos permeáveis, o que lhe confere parâmetros hidrogeológicos variáveis de acordo com o contexto local. Essas variações induzem potencialidades diferenciadas quanto à produtividade de água subterrânea. Essa situação confere localmente ao domínio da Formação Barreiras características de um aquitarde, ou seja, uma formação geológica que possui baixa permeabilidade e transmite água lentamente, não tendo muita expressividade como aquífero. Apesar disso, em determinadas áreas, sua exploração é bastante desenvolvida. Ainda no contexto do domínio hidrogeológico sedimentar, as dunas destacam-se como unidade geológica de alta potencialidade aquífera, produzindo vazões da ordem de 5 a 10 m³/h.

Os depósitos aluvionares são representados por sedimentos areno-argilosos recentes, que ocorrem margeando as calhas dos principais rios e riachos que drenam a região, e apresentam, em geral, uma boa alternativa como manancial, tendo uma importância relativa alta do ponto de vista hidrogeológico, principalmente em regiões semiáridas com predomínio de rochas cristalinas. Normalmente, a alta permeabilidade dos termos arenosos compensa as pequenas espessuras, produzindo vazões significativas.

Do ponto de vista geológico a região litorânea de Icapuí é composta por rochas carbonáticas correlacionadas a Formação Jandaíra de idade entre 80 a 90 milhões de anos representada por calcários e calcarenitos, de cor creme, compactos, fossilíferos, com acamamentos paralelos distintos, ocorrendo de forma restrita na base das falésias da Formação Barreiras, como lajedo e blocos soltos. No calcário Jandaíra estão contidas duas fácies, os bioclásticos com bioturbações e bioclásticos maciços (BARROS, 2014).

A Formação Barreiras tem domínio lateral e vertical ao longo do litoral da área sob a forma das falésias. Aflora ao longo de todo o litoral e é representada por arenitos silto-argilosos com níveis lateríticos de espessura variável e no topo das falésias observa-se concrecionamentos de ferro formando uma nucleação ferrífera.

Arenitos da formação Potengi no topo das falésias, capeando discordantemente a formação Barreiras, são paleodunas com sedimentos de coloração branca na sua parte inferior e avermelhada na superior.

A presença de estratificações cruzadas tabulares de grande porte e uma bimodalidade textural observada entre os planos de estratificação, sugere deposição associada a um sistema eólico (SOUZA, 2002).

O contato destes litotipos com a Formação Barreiras envolve uma discordância erosional evidenciada pelo contato irregular, nos trechos não deformados, e uma discordância estrutural nítida nos setores em que a Formação Barreiras se encontra afetada por forte deformação, denotada pelo basculamento ou dobramento dos estratos subjacentes.

São observados também, ao longo da região, sedimentos de dunas (móveis e fixas) e aqueles ligados à dinâmica costeira (cordões litorâneos holocênicos, planícies de maré e praias atuais), todos nitidamente posteriores à Formação Potengi.

Sousa (2008) afirma que as falésias localizadas na área fazem parte de um conjunto de unidades morfológicas decorrentes das mudanças do nível relativo do mar e flutuações climáticas durante o Quaternário. Esse é formado, além das falésias, por terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos, dunas móveis e fixas, estuários (canais de maré, manguezal e planície hipersalinas), lagoas costeiras, lagunas, delta de maré e praias rochosas e arenosas. Dessa forma, o litoral de Icapuí apresenta um dos melhores conjuntos morfológicos que identificam as flutuações relativas do nível do mar desde o Pleistoceno até os dias atuais.

Resumidamente, do ponto de vista da litoestratigrafia da área, a litologia aflorante é formada pelos seguintes conjuntos: (i) unidade de rochas carbonáticas, correlacionada à Formação Jandaíra, que ocorre de forma restrita na base das falésias; (ii) unidades de rochas siliciclásticas, correlacionadas às formações Barreiras e Tibau, que predominam lateral e verticalmente ao longo das falésias; (iii) rochas da Formação Potengi, no topo das falésias; (iv) dunas (móveis e fixas), cordões de praia litorâneos, planícies de maré e praias atuais (Souza 2003).

Na conformação da costa brasileira, a variação relativa do nível do mar naturalmente condicionou a deposição de sedimentos neogênicos. O modelo de evolução paleogeográfica sugerido por MARTIN *et al.* (1979) tem sido utilizado com relativa precisão em toda a costa leste brasileira, inclusive a cearense, com alguma restrição. Neste modelo, distinguem-se três eventos transgressivos, conhecidos informalmente como transgressão mais antiga, penúltima transgressão e última transgressão.

Suguio (1973) considera quatro fatores responsáveis pela formação das Zonas Costeiras: o suprimento de areias oriundas do continente; as correntes de deriva litorânea; as armadilhas que retêm sedimentos; e a variação do nível do mar. Para Freire *et al.* (1998), a Planície Litorânea do Ceará teria se originado principalmente pelo suprimento de areias provenientes da erosão de falésias da Formação Barreiras.

3. HIDRODINÂMICA

A formação sedimentar e a conformação morfológica das praias estão intrinsecamente associadas aos processos costeiros atuantes, que se materializam na praia por meio da ação individual ou combinada dos agentes hidrodinâmicos (ondas, ventos, marés e correntes), detalhados a seguir.

3.1. ONDAS

Dentre os fenômenos naturais, as ondas representam um dos objetos mais investigados da história. O estudo e a compreensão do fenômeno das ondas sempre estiveram presentes na história da ciência, tendo sido objeto de investigação por diversos cientistas.

As ondas marinhas são geradas a partir da perturbação das águas da superfície do oceano provocadas pela ação dos ventos, decorrência de alterações geradas por eventos como abalos sísmicos, maremotos etc., ou por forças astronômicas. Estes agentes induzem a formação de ondas a partir da energia e do momento transferidos para a massa de água, fazendo com que a onda retransmita a forma gerada, sem transferência da massa.

As ondas geradas por ventos exercem um importante papel como agente modificador de energia, ao transferir esta energia, obtida através da superfície dos oceanos, e descarregando-a nas zonas costeiras, constituindo-se, dessa forma no principal indutor dos processos erosivos costeiros, além de contribuir para a formação de diversos tipos de correntes e diferentes padrões de transporte de sedimentos.

À medida que as ondas atingem profundidades mais rasas, a velocidade de suas cristas se excede em relação à velocidade de fundo fazendo com que estas ondas se projetem e arrebenhem (quebrem).

Galvin (1968) classificou os tipos de arrebenção da seguinte forma:

- a) **Progressiva ou deslizante ("spilling breaker")** – Ocorre em praias de baixa declividade, nas quais a onda empina-se gradualmente para então deslizar pelo perfil, dissipando sua energia através de uma larga faixa.
- b) **Mergulhante ("plunging breaker")** – Ocorrem em praias de declividade moderada a alta. Ao aproximar-se da praia, a onda sofre uma desaceleração proporcionada pelo fundo mais raso e empina-se abruptamente projetando sua crista até a base, formando um tubo.
- c) **Ascendente ("surging breaker")** – Ocorrem em praias de grande declividade e que, por esta razão, não chegam de fato a quebrar. Esta onda espraia-se sobre a face praial e interage com o refluxo das ondas anteriores.

- d) **Frontal (“collapsing”)** – É um tipo intermediário entre o “mergulhante” e o ascendente, considerado o tipo de mais difícil identificação. Sua ocorrência também é percebida em praias com alta declividade.

As ondas podem apresentar quatro tipos de arrebentação (quebra) que variam de acordo com a declividade da praia, a altura e o comprimento de onda (Figura 6).

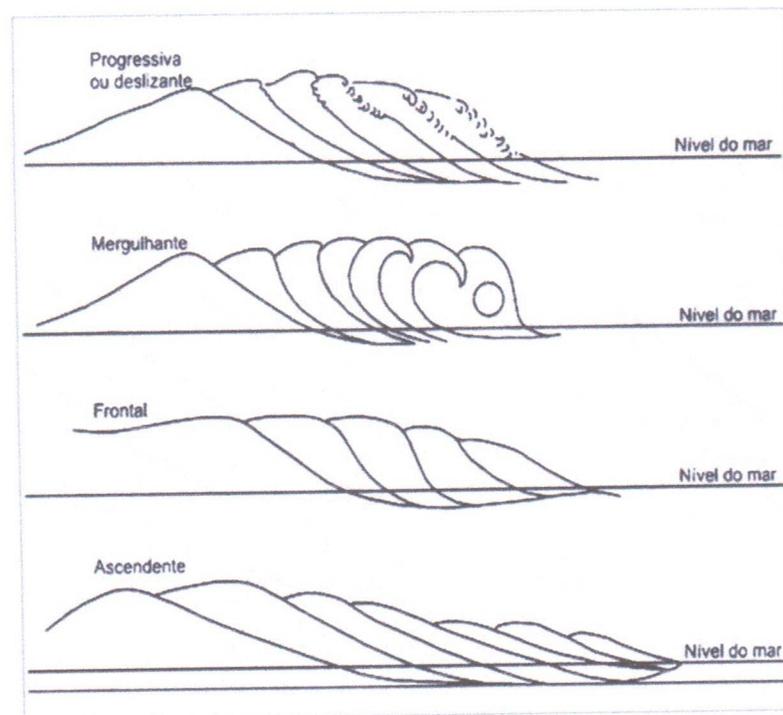


Figura 6 – Principais formas de arrebentação das ondas. Fonte: Silva et al. (2004).

As ondas se apresentam na superfície da água como uma deformação originada, principalmente, pelo vento. Caracterizando-se como um fenômeno de propagação de energia de um ponto a outro, sem que ocorra transporte de matéria.

Segundo Muehe (1996) elas são o fator mais importante para a modelagem das zonas costeiras, como dito anteriormente são umas das responsáveis pelas correntes que realizam o transporte de sedimentos que vai alimentando as faixas de praia das zonas litorâneas.

Monteiro Neto (2003) diz que a costa cearense apresenta um perfil bastante retilíneo, tal formação favorece a ocorrência de ondas em praticamente todo o litoral, sendo o regime destas caracterizado por ondas do tipo “swell” com variação média de 0,8 a 2,2 m, com predominância de SE. Dessa forma, o componente principal do arrasto se faz no sentido Leste-Oeste.

A caracterização das ondas na área foi baseada em observações feitas em campo, e no monitoramento e registro de dados apresentados pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC/INPE (Modelo WWATH GLOBAL), bem como na análise dos dados obtidos no Porto do Mucuripe e de Macau, e dados secundários proveniente de trabalhos didáticos efetuados pelo Laboratório de Geologia Marinha Aplicada – LGMA da Universidade Federal do Ceará.

Os dados primários dos parâmetros hidrodinâmicos do trecho em estudo, foram levantados segundo a metodologia previamente estabelecida pelo LGGM com uma medição na preamar na qual mostra uma altura média de onda $H_m = 0.37$ m, na zona de rebentação, ângulo de incidência de 6° e um período médio de $T_s = 7,4$ s.

As ondas que atingem a costa cearense geram uma corrente de deriva litorânea com direção preferencial par NW. Segundo Maia (1998), as correntes apresentam velocidades variando entre 0,24 e 0,31 m/s nas cercanias do Porto de Mucuripe. Em termos de ondas, os dados são restritos à costa de Fortaleza, onde praticamente todas as ondas registradas são do tipo “sea”, ou seja, geradas por influência dos ventos locais.

Quanto à altura e o período de ondas no litoral de Icapuí, estes foram analisados entre os anos de 2015 e 2016. As maiores alturas foram registradas entre os meses de dezembro a março, podendo chegar até a 2,3 m. Isto se explica pela entrada de ondas do tipo Swell no litoral do Estado, no restante dos meses as alturas variam entre 0,8 m e 1.3 m e os períodos variam entre 8 s e 18 s.

As ondas que banham o litoral leste e Fortaleza apresentam um forte componente deste com direções variando entre os quadrantes E, ENE e ESSE mantendo uma estreita relação com as direções predominantes dos ventos.

3.2. VENTOS

O vento é o principal agente da dinâmica costeira, exercendo um papel fundamental no processo de sedimentação das praias. Além de responderem diretamente pela formação das ondas, ao transferir energia e momento à massa d’água, bem como por manter em movimento as correntes litorâneas, os ventos são determinantes para o equilíbrio sedimentar da praia, como, por exemplo, ao participar da mobilização de sedimentos para a formação e alimentação de dunas, uma das principais fontes de sedimentos para a costa.

Os ventos constituem-se como elemento climático por demais relevante no contexto da dinâmica costeira, pois atuam na formação das ondas que incidem na faixa de praia e no transporte de sedimentos do perfil praiial para os campos de dunas (Souza, 2016).

Segundo Meirelles et al. (op. cit.) “Neste processo de transporte que o vento é determinante, a velocidade do mesmo é fundamental. Segundo Davies (1972) apud Carvalho (1994), ventos com velocidade inferior a 10m/s não são suficientes para promover a remoção de areias em quantidades significativas, ao longo de um perfil necessário à formação de dunas”.

Meireles e Santos (2012) destacam o fato de que a direção preferencial dos ventos no litoral cearense é de SE, ESE, E e NE, com médias de 4,5 m/s nos meses mais secos (alcançando mais de 11 m/s); na estação chuvosa predominam os ventos de nordeste e na estação seca os ventos de sudeste.

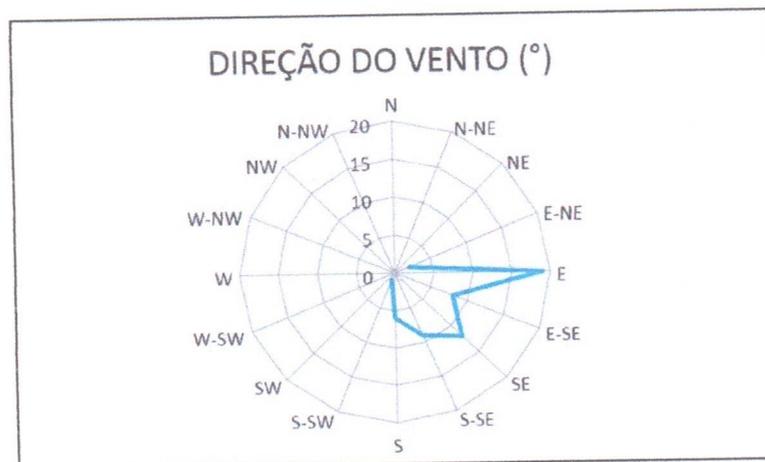


Figura 7 – Direção do vento no município de Icapuí. Fonte: Neto (2017).

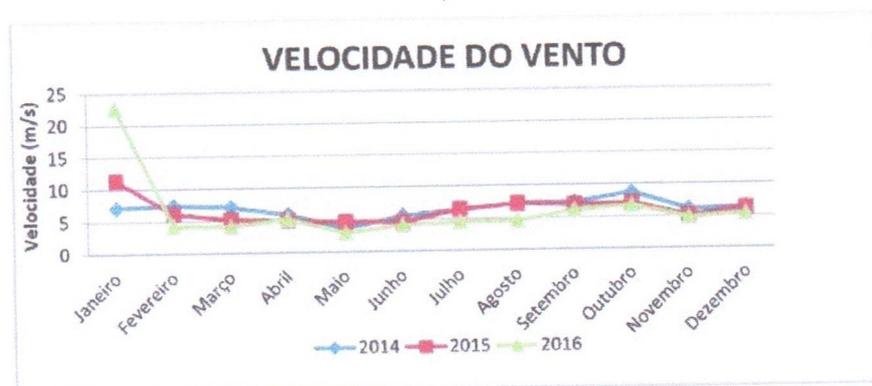


Figura 8 – Velocidade média do vento no município de Icapuí. Fonte: Neto (2017).

Dados primários da velocidade dos ventos em km/h, obtidos na praia de Barreiras, a uma altura de 2,0 metros, sendo utilizado um anemômetro mecânico da marca GMF Master 8901 (Figura 9), teve como resultado os dados apresentados no quadro 01.



Figura 9 – Anemômetro posicionado na Praia de Barreiras – Icapuí-CE.

Quadro 1: Distribuição e classificação das velocidades do vento.

Classificação	Velocidade (Km/h)	Quant. Leituras	Percentual
Brisa leve	6,0 à 11,9	173,00	60,00%
Brisa fraca	12,0 à 19,9	58,00	20,00%
Brisa moderada	20,0 à 28,9	55,00	19,00%
Brisa forte	29,0 à 38,9	3,00	1,00%

3.3. MARÉS

As marés correspondem ao ciclo regular de elevação e de diminuição do nível das águas do mar, resultante da combinação de forças de atração gravitacional exercida entre a Terra, a Lua e o Sol. Quando as forças gravitacionais do Sol e da Lua se encontram na mesma direção, período de lua cheia ou lua nova, ocorrem as marés de maior amplitude, denominadas de marés de sizígia. Enquanto, no período de lua minguante e crescente, quando as forças gravitacionais do Sol estão em direções diferentes aos da Lua, ocorrem as marés de menor amplitude, denominadas de marés de quadratura. A elevação máxima do nível da maré é denominada de maré alta ou preamar, enquanto o nível mínimo obtido pela redução das águas do mar é denominado de maré baixa, ou baixa-mar. A amplitude da maré, isto é, a diferença de altura entre a preamar e a baixa-

mar, representa um importante elemento na definição da intensidade dos processos costeiros em função da velocidade das correntes associadas (Muehe, 2006).

Davies (1964) classificou as marés de acordo com a variação de alturas, denominando-as de micro (marés com alturas inferiores a 2,0 metros), meso (marés de altura variando entre 2,0 e 4,0 metros), e macro (marés cujas alturas forem maiores que 4,0 metros).

As marés do litoral oeste de Icapuí - CE, obtidas pelo Porto de Areia Branca também são semidiurnas, sendo duas preamares e duas baixa-mares em 24 horas e 50 minutos. As amplitudes maiores foram registradas nos meses de fevereiro, março e abril no primeiro semestre com 2,7 m. No segundo semestre nos meses de setembro, outubro e novembro obtiveram essa mesma amplitude (Figura 10).

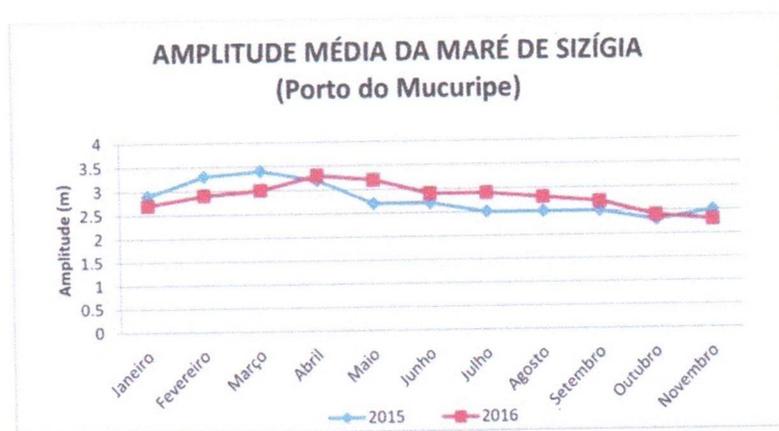


Figura 10 – Amplitude média da maré de sizígia no Porto do Mucuripe. Fonte: DHN.

3.4. CORRENTES

A energia das ondas que alcançam a praia responde pela formação de uma série de correntes capazes de mobilizar uma grande quantidade de sedimentos. Essas correntes têm área de atuação limitada à zona de surf.

A atuação das correntes marinhas está diretamente relacionada à sua localização geográfica e a fatores dinâmicos, tais como a ação dos ventos, ondas e marés.

3.4.1. Correntes de retorno

A movimentação transversal de sedimentos, denominada de corrente de retorno (“rip current”), é responsável pelas flutuações da configuração dos perfis praias, proporcionando a alternância

entre os estágios extremos “refletivos” e “dissipativos”, que ocorrerão em função da altura e do período das ondas, bem como do nível das marés.

Estas correntes, que se caracterizam por apresentar fluxos estreitos direcionados perpendicularmente, ou obliquamente, à linha de costa, podem ter caráter erosivo ou de acreção, dependendo das condições de energia das ondas.

Correntes de retorno erosivas prevalecem em condições de aumento de energia de onda e, geralmente, antecedem a ocorrência das correntes de retorno acrescivas, cuja ocorrência está associada às condições amenas de energia das ondas.

3.4.2. Correntes de deriva

As ondas que incidem na costa obliquamente dão origem a uma corrente paralela (“*longshore*”), denominada de deriva litorânea, com enorme capacidade de transporte longitudinal de sedimentos.

Esta mobilização de sedimentos por meio das correntes longitudinais ocorre na praia em uma estreita faixa formada entre a zona de arrebentação e a linha de praia, e a sua direção vai depender da orientação da praia, da direção de proveniência das ondas e da batimetria da zona costeira, podendo, inclusive, atuar em sentidos opostos ao longo de uma mesma praia.

Estas correntes respondem pelo principal processo de distribuição de sedimentos na linha de costa, muito embora a ocorrência de qualquer obstáculo, capaz de interferir na distribuição desses sedimentos, poderá decretar, também, a instalação de um processo erosivo a sotamar (“*downdrift*”) e comprometer o equilíbrio sedimentar da área.

Em Icapuí, a deriva litorânea dos sedimentos ocorre predominantemente de leste a oeste e, localmente, através de duas direções preferenciais de acordo com a fisiografia da linha de costa (sudeste e noroeste) e a direção dos ventos (alísios de leste e nordeste). As correntes litorâneas medidas apresentaram velocidades de 0,39 m/s no sentido L-W.

4. SEDIMENTOLOGIA

O diâmetro médio é sem dúvida, o mais importante parâmetro estatístico utilizado na sedimentologia. Do ponto de vista geológico ele reflete a média geral de tamanho dos grãos dos

sedimentos, os quais são afetados pela fonte de suprimento de material, pelo processo de deposição e pela velocidade de corrente.

Para se conhecer a distribuição textural dos sedimentos e suas relações com a declividade da praia e seu nível energético, foram coletadas amostras superficiais em cada uma das referidas praias pertencentes à área de estudo.

Os estudos sedimentológicos realizados tiveram como objetivo a caracterização textural dos sedimentos constituintes do ambiente praial, especificamente do setor de estirâncio.

Para a análise granulométrica de amostras coletadas na praia da Peroba, foram utilizadas as técnicas adotadas em estudos similares desenvolvidas no LGGM e fundamentadas no método descrito por Suguio (1973).

A análise das amostras de sedimentos coletados revelou um diâmetro médio variando entre os intervalos: 0,12mm a 0,064mm, correspondente a areia fina a muito fina, distribuídas percentualmente.

As praias constituem depósitos de sedimentos inconsolidados não vegetados, de granulação areia normalmente, que se estendem desde a linha de baixa-mar até alguma feição geomorfológica, como: duna, falésia, situação mais comum na área, costão rochoso ou qualquer estrutura desenvolvida pelo homem.

A caracterização granulométrica dos sedimentos auxilia em projetos de recuperação de praias através da alimentação artificial de sedimentos e outras estruturas rígidas. Dessa forma, esse estudo fornece subsídios ao planejamento ambiental da área investigada.

Os dados obtidos revelaram a predominância de sedimentos formados por areia muito fina (84%) e areia fina (53%). Esta situação concorda com a afirmação de Martins, em que a granulometria dos sedimentos de praia, em geral, varia de areia muito fina a média, enquanto a granulometria dos sedimentos fluviais varia de areia média a grossa.

A praia estudada com este tipo de variação granulométrica, indica que as referidas praias possuem um nível de energia médio, quando apresenta praias que possuem grãos mais grossos, pois quanto maior a energia, maior será o tamanho das partículas sedimentares, consequência direta de altas energias de ondas incidentes.

Anderson da Silva Pereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0815101313
CPF 024.800.603-33

5. PROCESSO EROSIVO COSTEIRO DO MUNICÍPIO DE ICAPUÍ

A região costeira tem sido estudada em escala mundial com o enfoque na erosão costeira. Atualmente, grande parte das linhas de costa mundiais estão sendo afetadas pela erosão, o que gera grande prejuízo para a economia.

A Região Nordeste é muito sensível à erosão costeira devido ao baixo volume de sedimentos trazidos pelos rios que deságuam na costa, a um regime de ventos e ondas praticamente unidirecional e uma componente de vento direcionada, predominantemente, do mar para a costa, responsável pela construção de dunas construídas com areia da praia.

Percebe-se que grande parte das praias do litoral brasileiro e nordestino são repletos de empreendimentos luxuosos, como hotéis, condomínios, pousadas, restaurantes etc. Devido à importância econômica das praias para a economia de muitas cidades, estas têm sido ocupadas de forma desordenada e, conseqüentemente, são afetadas pelos processos de erosão costeira.

Segundo Braga (2005), duas linhas de raciocínio se dividem em relação ao problema de recuo da Linha de Costa. Uma corrente norte-americana defende a linha de raciocínio de que o fator preponderante para a erosão costeira seria o aumento do nível do mar. No entanto, uma segunda linha, adotada pelo Grupo de Estudos de Erosão Costeira da UFBA, defende que, para a região do litoral brasileiro, o principal fator condicionante para o recuo da linha de costa está ligado ao transporte de sedimentos ou às intervenções humanas nas áreas litorâneas.

O município de Icapuí, segundo Fernandes et al. (2015), *“está sujeito a processos de contínua erosão ao longo das praias de Redonda, Peroba, Barreirinha e Barreiras e progradação na linha de praia nas áreas mais protegidas, o que foi observado na praia de Ponta Grossa”*.

Ao mapear a evolução do posicionamento da linha de costa no município de Icapuí entre os anos de 2005 e 2011, Meireles e Santos (2012) identificaram com clareza um comportamento de retrogradação da linha de costa com forte tendência erosiva das praias (Figura 11).

Em 2013, Maia et al. utilizaram-se da ferramenta DSAS (*“Digital Shoreline Analysis System”*), para ambiente GIS do *software ArcView*, para elaborar o *“Estudo da erosão no litoral de Icapuí”*. Neste estudo, onde o método EPR faz os cálculos de variação dividindo a distância do movimento pelo tempo decorrido entre a linha mais antiga e a mais atual, e o método LRR, calcula as taxas de recuo da linha de costa através de uma regressão linear simples, tendo sempre em consideração as variações presentes ao longo de cada linha de costa, Maia et al. evidenciaram que *“algumas*

praias do município de Icapuí, no estado do Ceará, vêm sofrendo intenso processo de erosão, aonde os patrimônios público e privado, como escolas e residências, foram danificados e/ou destruídos”.

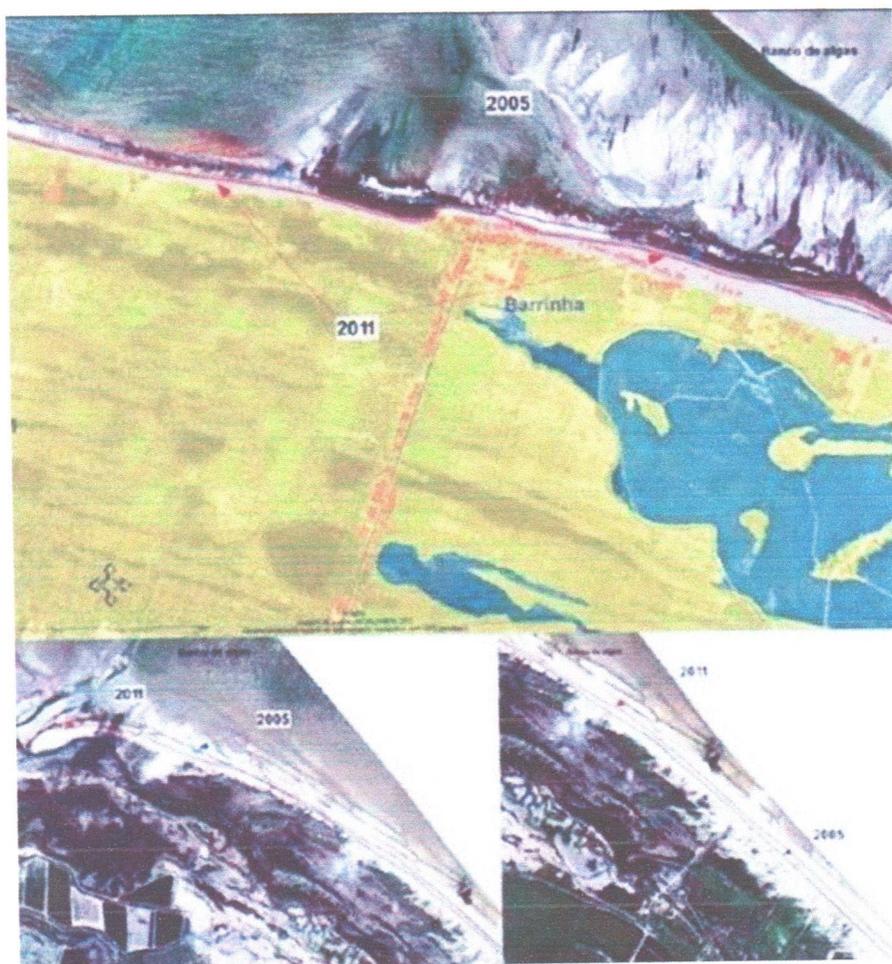


Figura 11 – Evolução do posicionamento da linha de costa no município de Icapuí-CE, entre os anos de 2005 e 2011.
Fonte: Meireles e Santos (2012).

5.1. PROCESSO EROSIVO DA PRAIA DE PEROBA

Estudos têm revelado que na praia de Peroba existe uma tendência de recuo (ou erosão) da linha de costa com média de 1,08m/ano para um trecho de 550 metros, entre os anos de 2002 e 2013, onde o maior índice de erosão observado foi de 1,71m/ano, enquanto o menor índice foi de 0,81m/ano (Figura 12). Os valores aproximados para os dois métodos estatísticos (EPR e LRR) indicam que quase não houve mudança na taxa de variação entre os anos de 2002 e 2009, 2009 e 2011 e 2011 e 2013, ou seja, a variação evoluiu de maneira constante de 2002 até 2013 (Figura 13).

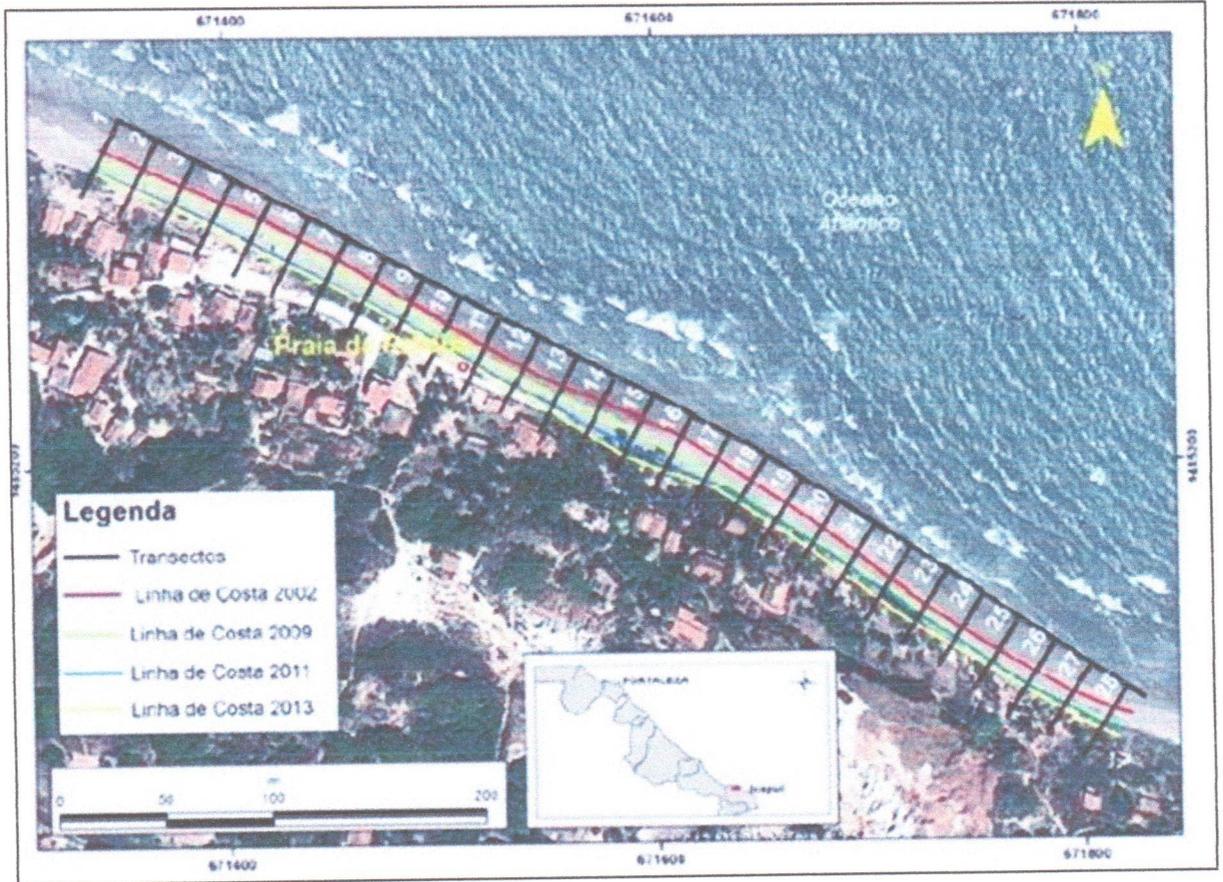


Figura 12 – Transectos da praia de Peroba, Icapuí-CE.

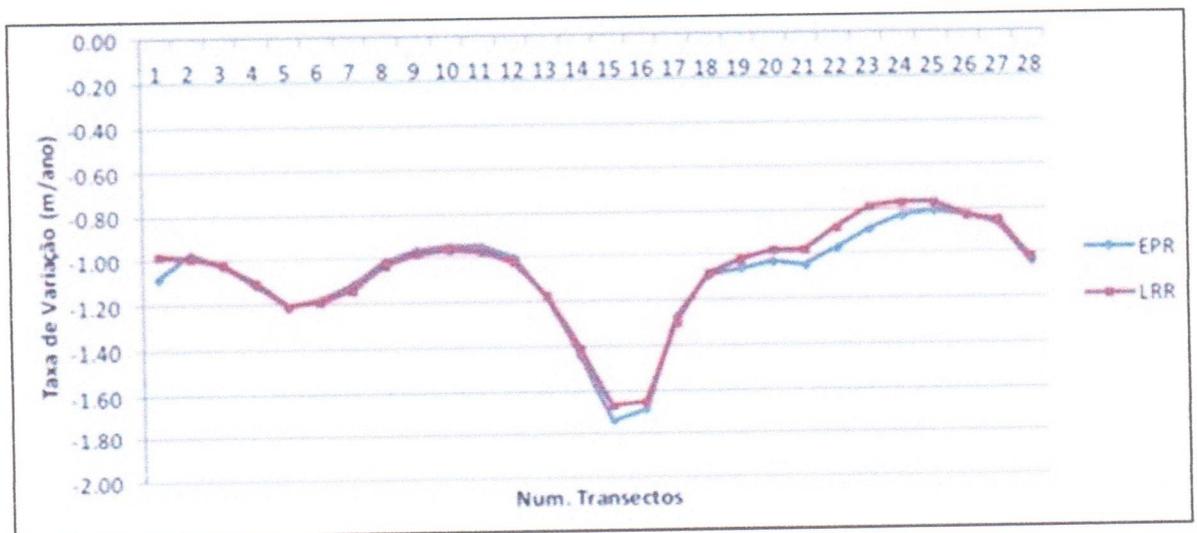


Figura 13 – Taxas de variação da linha de costa entre os anos de 2002 e 2013 na praia de Peroba, Icapuí-CE.

Anderson da Silva Pereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0815101313
CPF 024.869.603-33

A partir do ano de 2013, visando um cenário futuro (Figura 14), foi previsto um cenário no qual a tendência de recuo da linha de costa atingiria casas que ainda se encontravam no trecho da praia.



Figura 14 – Estimativa da linha de costa para anos futuros na praia de Peroba, Icapuí-CE.

Em 2013, a condição prevista para aquele ano ficou muito próxima de acontecer, quando, de acordo com as imagens “históricas” de satélite, obtidas pelo *Google Earth* (Figura 15), a praia de Peroba apresentou um afastamento médio – da linha de costa até as estruturas de urbanização – da ordem de 11,0 metros.

Essa estimativa de recuo se vê materializada pelo comparativo das imagens “históricas” de satélite, obtidas pelo *Google Earth*, para os anos de 2013 – quando existia uma faixa estável que separava a linha de costa das áreas urbanizadas, inclusive com a presença de vegetação (Figura 16) – e de 2018, quando a faixa de areia, antes existente, foi totalmente suprimida (Figura 17), fazendo com que não houvesse separação entre a praia e as estruturas de urbanização.



Prefeitura de
Icapuí
Quem ama cuida

Secretaria de
Infraestrutura e Saneamento

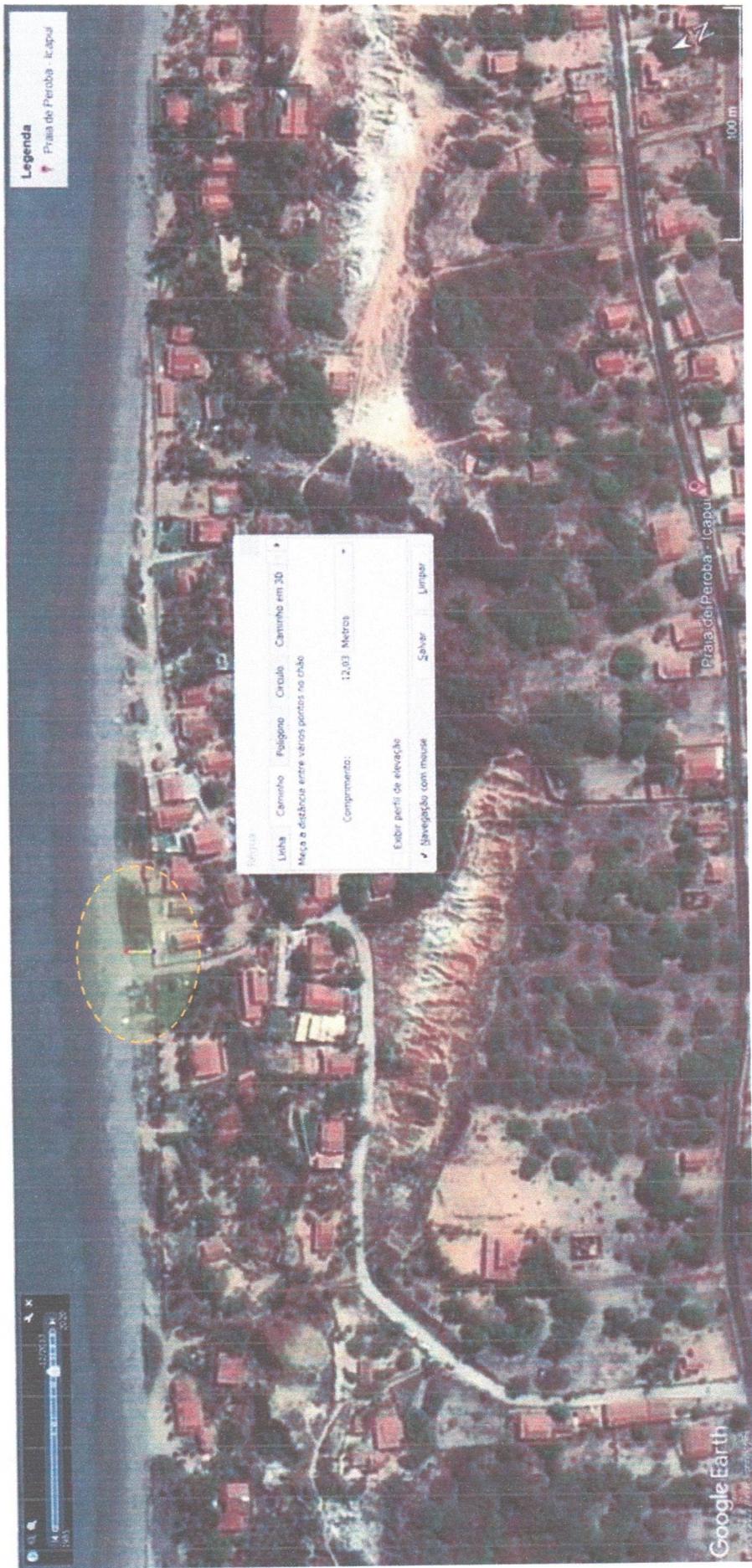


Figura 15 – Registro do afastamento de 12,0 metros da faixa de urbanização à linha de costa na praia de Peroba, Icapuí-CE.

Fonte: Imagens Históricas do Google Earth (2013).

Anderson da Silva Pereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0675101313
CPF 024.800.603-33



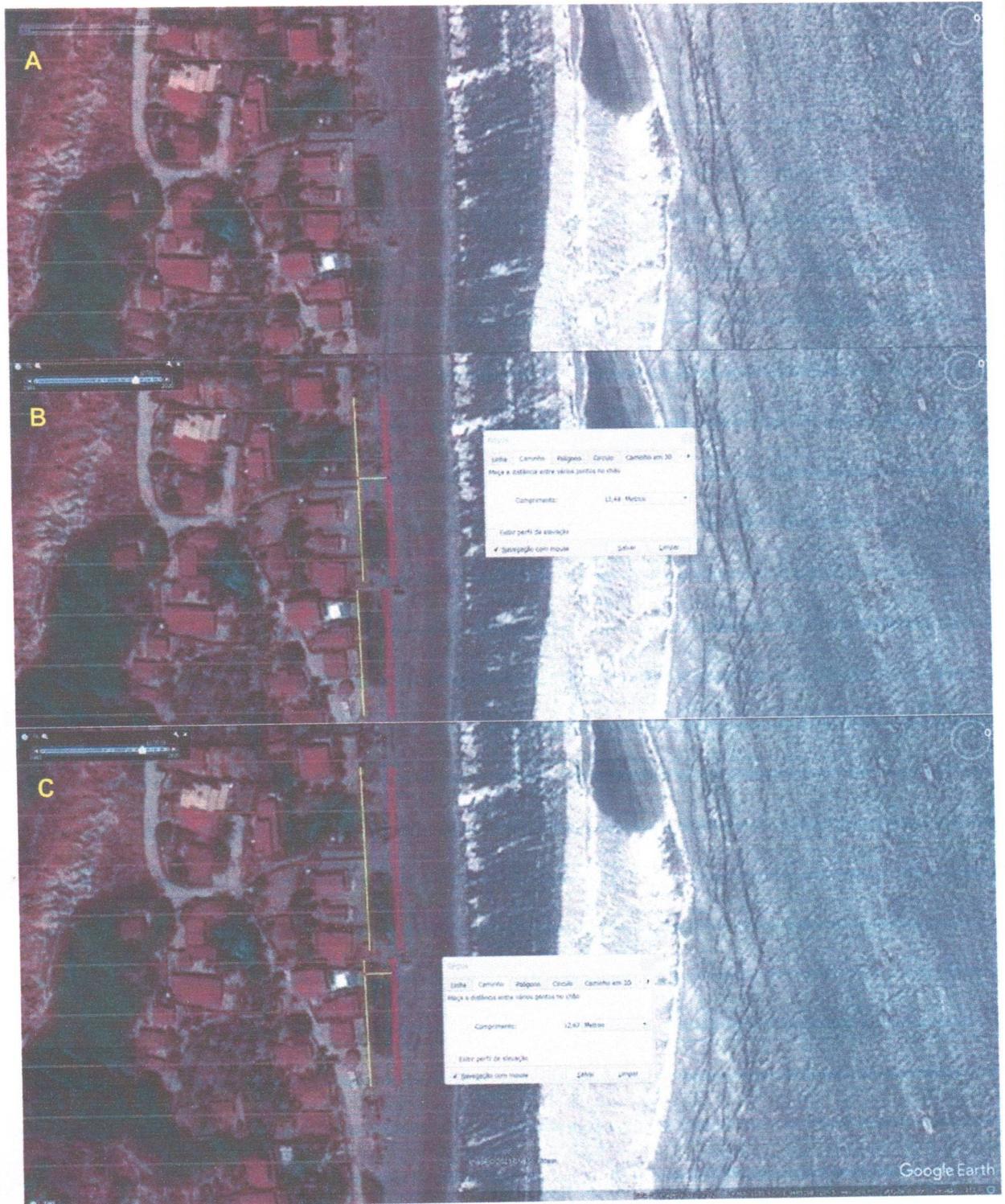


Figura 16 – Registro de faixa estável, inclusive com presença de vegetação, separando em 12,0 metros a urbanização da linha de costa da praia de Peroba, Icapuí-CE. **Fonte:** Imagens Históricas do Google Earth (2018).

Anderson da Silva Pereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 061.5101313
CPF 024.880.603-33



Figura 17 – Registro em 2018 da supressão da faixa estável existente no ano de 2013 entre a urbanização e a linha de costa da praia de Peroba, Icapuí-CE. **Fonte:** Imagens Históricas do Google Earth (2018).

Ainda em 2018, esses pontos atingidos pelo avanço do mar passaram a ser objetos de intervenções costeiras artesanais – desenvolvidas sem o menor conhecimento técnico – que, por não possuírem capacidade de dissipação da energia das ondas incidentes, passaram a alterar o balanço sedimentar e a transferir o problema da erosão para pontos subsequentes (Figuras 18 e 19).



Figura 18: Rua que antes se encontrava afastada da linha de costa, na praia de Peroba, em 2018 passando a ser atingida pelo processo de erosão costeira. **Fonte:** Acervo (2018).



Figura 19: Ponto atingido pela erosão sendo protegido por uma estrutura não dissipativa provocando o efeito de transferência do processo erosivo para áreas adjacentes.

Fonte: Acervo (2018).

Essas intervenções, implantadas sob o argumento de se tratar de uma medida protetiva, além de não surtirem o efeito desejado – por ser uma estrutura impermeável e, conseqüentemente, não eliminar o processo erosivo – têm se constituído em um dos principais agentes de desequilíbrio do ambiente praial, uma vez que os proprietários desses imóveis, sob a alegação de estarem protegendo seus imóveis, passaram a ampliar os limites de suas propriedades, ocupando de forma irregular e inapropriada os setores da praia que respondem pelo acúmulo de sedimentos e pelo amortecimento das ondas durante os eventos de maiores energias (Figuras 20 e 21).

Esta condição tornou-se ainda mais grave quando os mesmos proprietários, não satisfeitos com o primeiro avanço de suas propriedades em direção ao mar, ocupando vários setores da praia, fizeram novos avanços (Figura 22), agravando e transferindo o processo erosivo para áreas vizinhas (Figura 23).

As novas áreas atingidas, conseqüentemente, diante da gravidade e da falsa situação de estabilidade criada por seu vizinho, se viram obrigados a adotarem o mesmo tipo de procedimento, aumentando o processo de transferência da erosão e, consecutivamente, ampliando a extensão de litoral atingido.

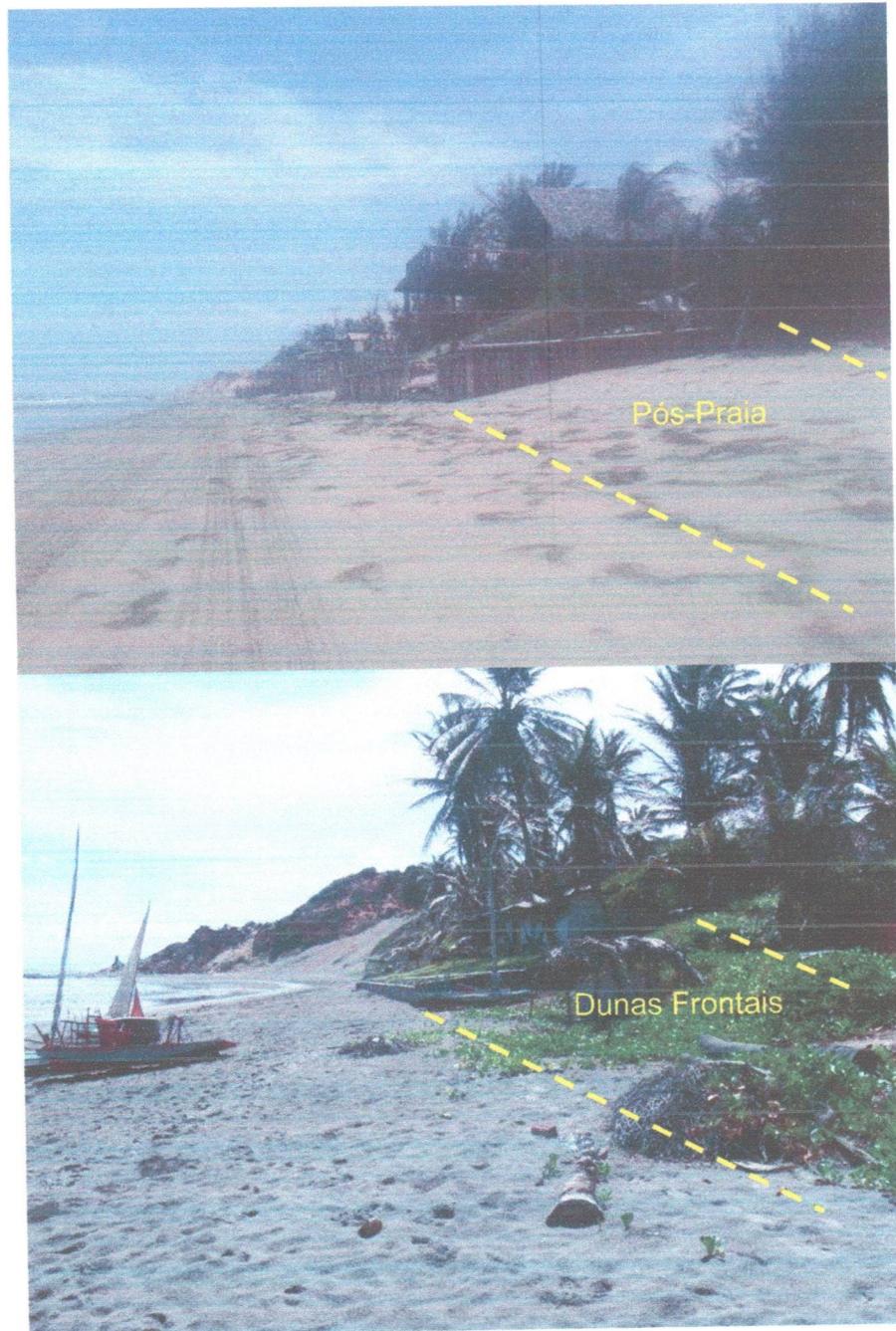


Figura 20 – Avanço das construções na praia da Peroba ocupando setores da praia responsáveis pelo acúmulo de sedimentos e absorção da energia das ondas nos eventos de maior energia.

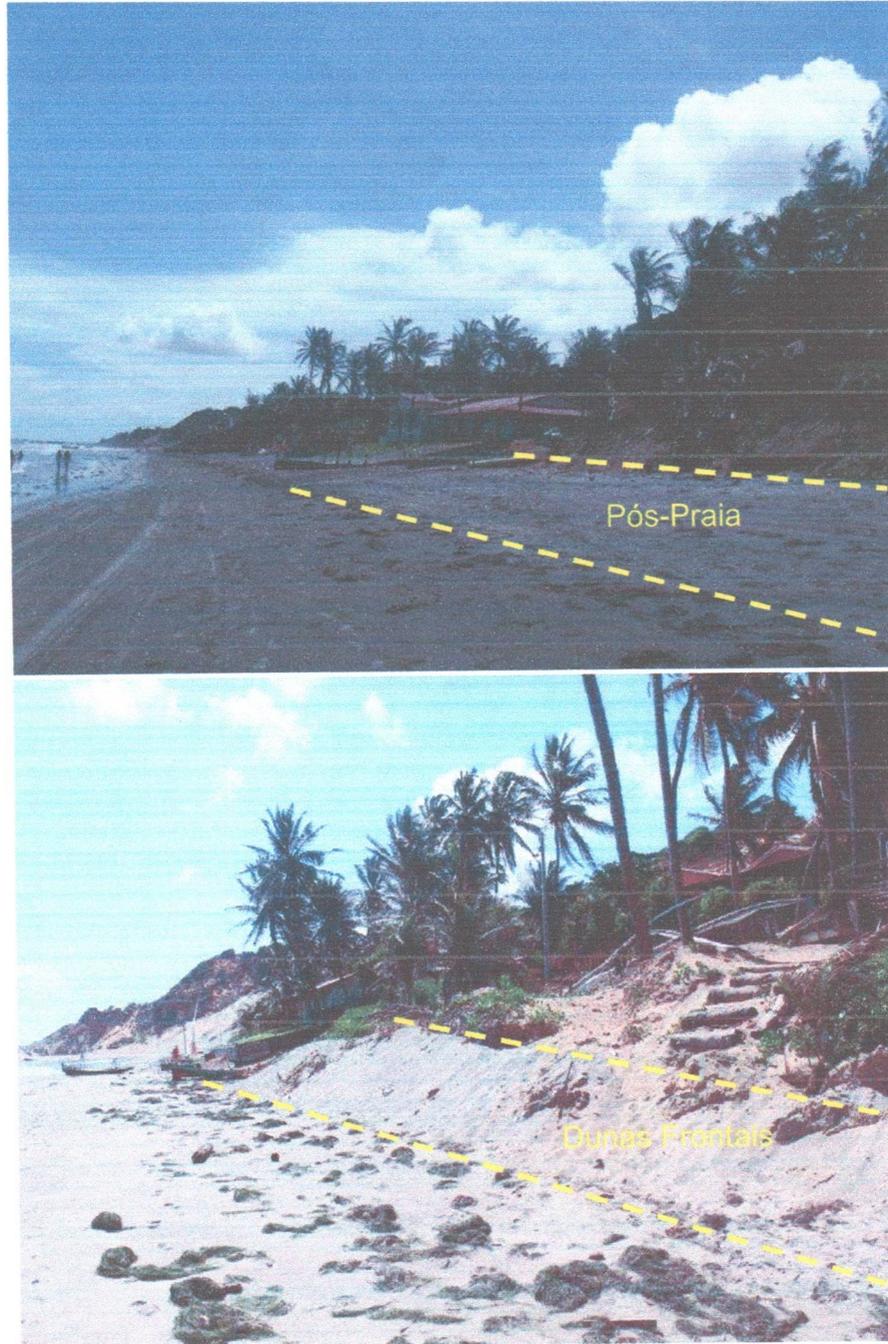


Figura 21 – Avanço das construções na praia da Peroba ocupando setores da praia responsáveis pelo acúmulo de sedimentos e absorção da energia das ondas nos eventos de maior energia.

Anderson da Silva Pereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0615101313
CPF 024.800.603-33

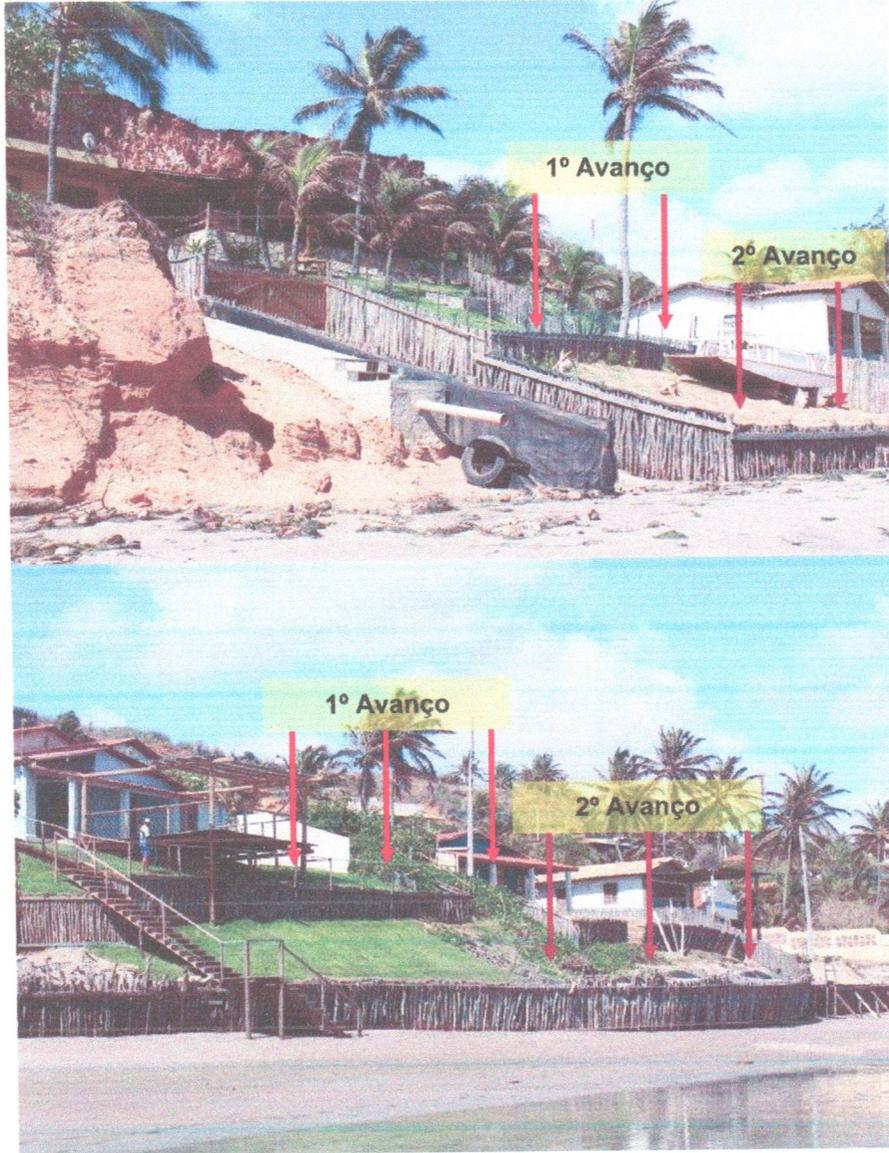


Figura 22 – Avanço das construções para a faixa de pós praia em Peroba, setor responsável pelo acúmulo de sedimentos e absorção da energia das ondas nos eventos de maior energia.

Anderson da Silva Pereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0615101313
CPF 024.860.603-33



Figura 23 – Avanço das intervenções direcionando a energia para áreas vizinhas, transferindo o processo erosivo nessas áreas, praia de Peroba, Icapuí-CE.

Anderson da Silva Pereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0615101313
CPF 024.800.603-33

5.1.1. Cenário atual do processo erosivo da praia da Peroba

Em consequência dessas medidas interventivas equivocadas, e da ocupação de setores da praia, o atual cenário da praia da Peroba é de grande degradação, com proprietários, comerciantes, usuários da praia e, sobretudo, a população local se vendo irremediavelmente atingida e prejudicada com a falta de acesso às suas propriedades e à prestação de serviços essenciais, tais como limpeza urbana, fornecimento de gás e outros que não conseguem chegar à localidade em razão da destruição da via local, provocada pelo processo erosivo (Figura 24).



Figura 24 – Proprietários veem seus imóveis sendo progressivamente atingidos pelo avanço do mar na Praia da Peroba, Icapuí-CE.

Várias têm sido as propriedades atingidas pelo incessante avanço do mar (residências, comércio, hospedagens...). Inclusive aqueles que investiram altos valores com as estruturas artesanais de madeira têm se visto severamente atingidos pelas últimas marés (Figuras 25 a 27).



Figura 25 – O avanço do mar vem eliminando todas as formas de acessos às casas e à praia.
Praia da Peroba, Icapuí-CE.



Figura 26 – Proprietários que investiram altos valores em medidas de proteção equivocadas, tentam salvar suas estruturas diante da força do avanço do mar na Praia da Peroba, Icapuí-CE.

Anderson da Silva Pereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0615101313
CPF 024.860.603-33



Figura 27 – Estruturas artesanais de madeiras, totalmente inadequadas à defesa costeira, são arrebetadas pela energia das ondas e marés altas na Praia da Peroba, Icapuí-CE.

Diante desse cenário, o município de forma geral se vê atingido. Desde os cofres públicos, em razão da queda de arrecadação provocada pela baixa procura turística, decorrente do processo erosivo e conseqüente avanço do mar, resultando em elevada perda do valor paisagístico e na consecutiva falta de atrativo para a procura por aquela praia, ao comércio e à comunidade local que, em estado de desespero, vê seus moradores severamente atingidos, sobremaneira os pescadores, e as suas respectivas famílias, que, pelo não exercício da pesca – única fonte de renda – dada a inacessibilidade de suas embarcações à praia.

A prefeitura, dada às suas limitações financeiras, se vê impossibilitada de intervir de forma eficiente, e em tempo hábil, para proteger as estruturas urbanas e socorrer seus munícipes desse iminente estado de calamidade.

Anderson da Silva Pereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0815101313
CPF 024.860.603-33

6. DEFINIÇÃO DA ESTRUTURA DE PROTEÇÃO COSTEIRA

O estudo do ambiente costeiro, bem como das medidas protetivas e de recuperação, assim como os efeitos produzidos por suas inserções nesses ambientes, representa para os tomadores de decisão a possibilidade de compreensão de que o litoral é um ambiente de ampla diversidade e que requer a consideração de uma variedade de soluções ao abordar os problemas em uma área específica, e de entendimento de que não há uma solução absoluta para a erosão das praias, nem tampouco uma medida que se aproprie a todas as configurações litorâneas.

A inserção de obras de defesa costeira tem se constituído em uma forma direta de interferência do homem na dinâmica dessas áreas. Essas intervenções, embora tenham o objetivo não só de proteger as construções por ele impostas, mas também de regenerar a praia, muitas vezes, além de não trazerem resultados positivos, provocam consequências que vão desde impactos visuais à intensificação da erosão da praia (Figura 28) e, até mesmo, à transferência do problema para áreas contíguas.

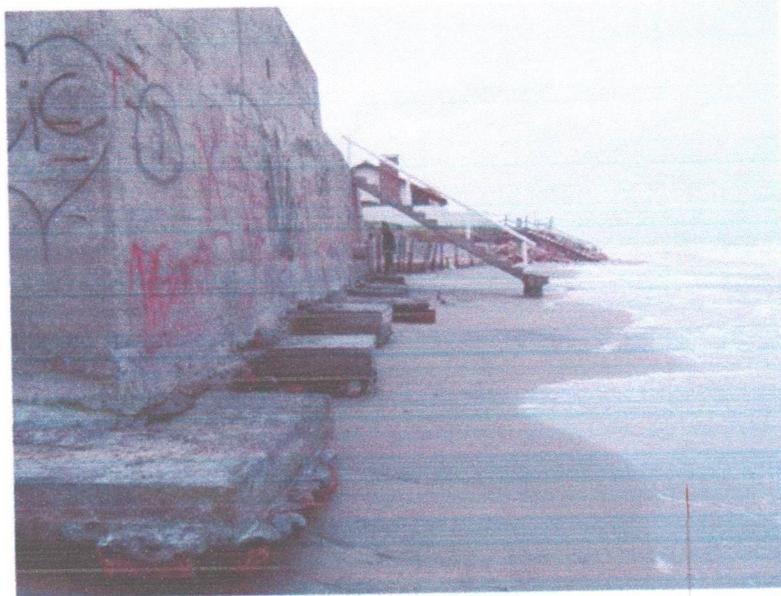


Figura 28 – Exemplo de erosão da praia intensificada após a inserção de uma intervenção costeira.

Existem vários tipos de proteção de praia contra os riscos costeiros, que podem ser usados individualmente ou de forma associada para aumentar sua eficiência.

Nessa direção Pinto (2003) alerta que “vários tipos de soluções podem ser utilizados na redução, ou pelo menos, no controle da erosão costeira [...] constituindo atualmente um dos principais objetivos de investigação o desenvolvimento de estruturas alternativas e inovadoras, com reduzido impacto ambiental”.

Anderson da Silva Pereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0615101313
CPF 024.869.603-33

Quando a incidência das ondas é frontal à costa, caso específico do litoral de Icapuí, é mais indicada a utilização de obras longitudinais, projetadas para absorver a energia das ondas e diminuir o ataque às praias.

No entanto, a opção por uma estrutura inapropriada poderá se constituir em um fator determinante para o insucesso do processo de proteção e recuperação da praia, podendo, em alguns casos, vir a contribuir para o agravamento e/ou transferência dos fenômenos da erosão. E nessa linha, antes de apontar qual a solução mais adequada à defesa costeira da praia de Peroba, é salutar uma compreensão dos tipos de intervenção que são comumente utilizadas em condições similares à Peroba.

6.1. ESTRUTURAS IMPERMEÁVEIS

Estudos recentes têm comprovado que a utilização de estruturas impermeáveis em ambientes costeiros expostos a grande incidência de energia poderá contribuir significativamente para o desequilíbrio da praia (Figura 29).

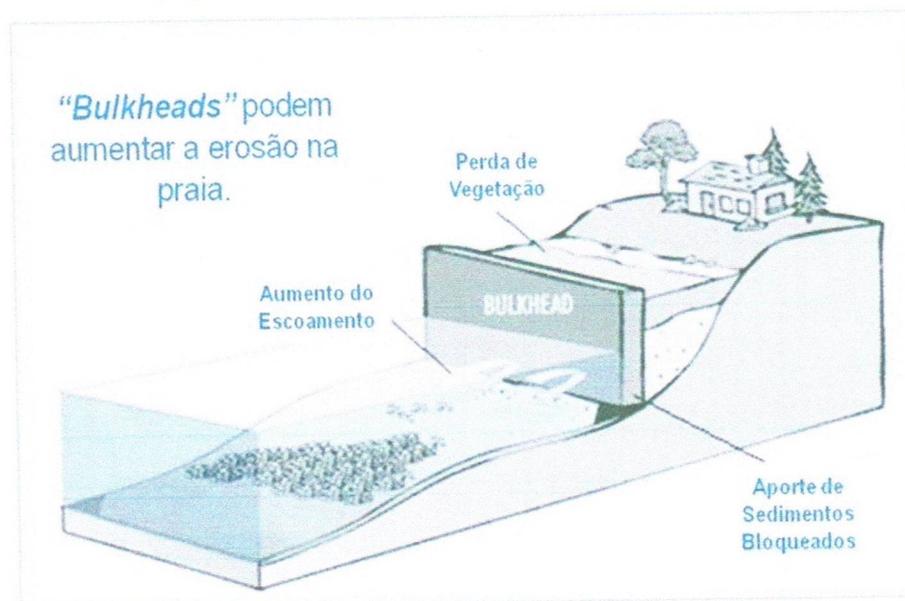


Figura 29 – Representação esquemática da presença de uma estrutura impermeável no ambiente costeiro.

Essas estruturas, além de não apresentarem nenhum poder de dissipação de energia das ondas incidentes, provocam a expulsão dos sedimentos ali existentes, através do processo de reflexão da onda, e o conseqüente rebaixamento do terreno natural.

Anderson da Silva Pereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0815101313
CPF 024.800.003-33

Esse processo de rebaixamento do terreno natural pode ser claramente presenciado em costas de todo o mundo, quando as estruturas têm suas fundações expostas, ficando sem suporte e, conseqüentemente, provocando a desestabilização da estrutura.

Esse fenômeno ocorre porque, no momento da incidência da onda sobre a estrutura impermeável, a sua energia não se dissipa, uma vez que a superfície é verticalizada e não porosa, provocando o rebatimento da onda.

Ao ser rebatida, a energia não dissipada retorna e encontra-se com a nova onda incidente, promovendo um turbilhonamento na praia à frente da estrutura, colocando uma grande quantidade de sedimentos em suspensão. Estes sedimentos, por sua vez, são removidos pela ação das correntes, provocando o rebaixamento do terreno natural (Figura 30).

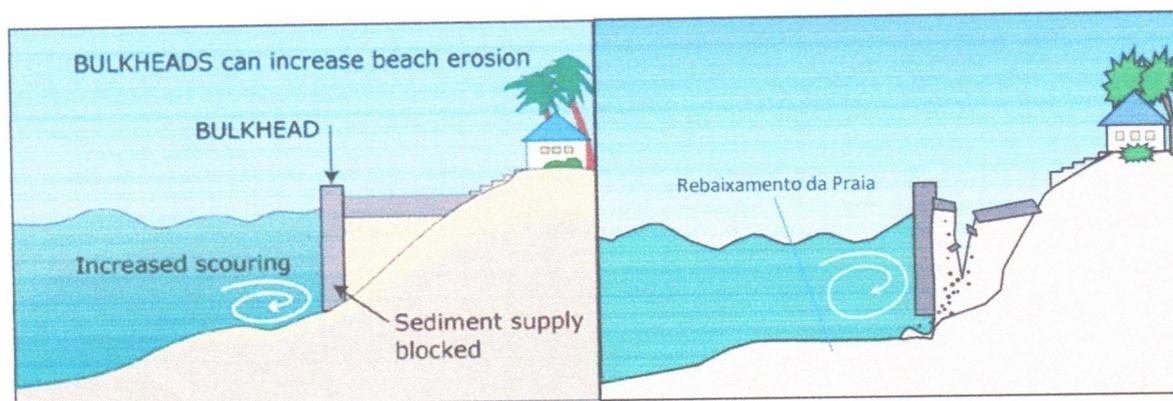


Figura 30 – Representação esquemática do processo de turbilhonamento provocado pela presença de uma estrutura impermeável.

No entanto, esse comportamento não se restringe, apenas, às estruturas verticais. Processo semelhante, porém, não menos agressivo, pode ser visto em estruturas impermeáveis inclinadas.

Nas estruturas inclinadas, a onda incidente é refletida em duas direções. Uma parte da energia se volta e se encontra com a nova onda incidente provocando o rebaixamento do terreno natural e, conseqüentemente, o afloramento da fundação da estrutura (Figura 31a). Enquanto a outra parte da energia provoca o efeito de sobrepassagem da onda pela estrutura causando a erosão do terreno situado à retaguarda da estrutura (Figura 31b).

Anderson da Silva Fereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0615101313
CPF 024.800.603-33

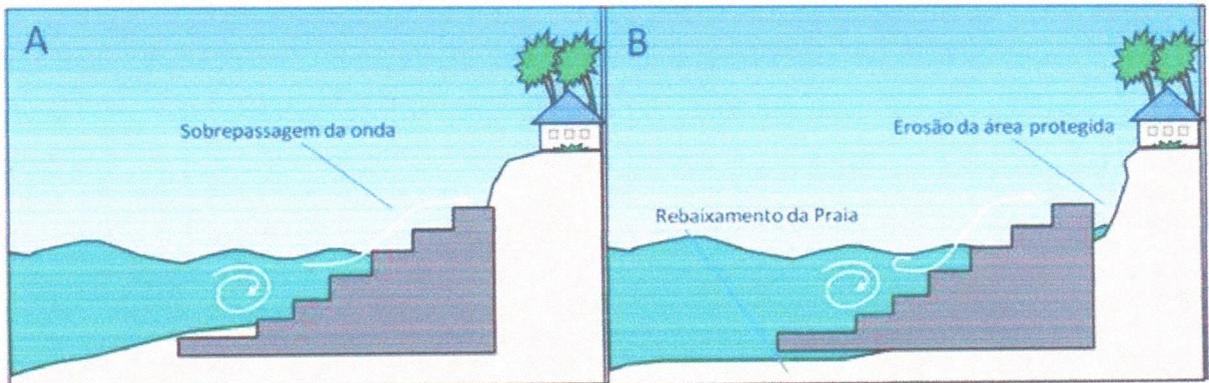


Figura 31 – Representação gráfica das consequências geradas por uma estrutura impermeável inclinada no ambiente costeiro.

O uso equivocado desse tipo de estrutura para proteção costeira, sobretudo em costas expostas a uma grande incidência de energia, podendo vir a favorecer a intensificação do processo erosivo, uma vez que a não dissipação da energia poderá responder pela propagação da erosão para áreas adjacentes. As consequências do processo de reflexão da onda, provocando o afloramento da fundação da estrutura e o efeito erosivo acima da proteção devido ao efeito de galgamento e sobrepasse da onda sobre a estrutura é facilmente percebido na estrutura implantada em Japaratinga/AL (Figuras 32 e 33 a, b).



Figura 32 – Rebaixamento do terreno natural e afloramento da fundação (Praia de Japaratinga/AL).



Figura 33 – Solapamento da estrutura impermeável (Bagwall) e degradação do ambiente praial na Praia de Icarai/CE.

Diante das informações aqui apresentadas, associadas aos dados e estudos desenvolvidos para a área; por levar em consideração que em outras praias do município tem sido implantado um tipo de intervenção costeira com reconhecido êxito, no que se refere à estabilização da linha de costa, inclusive em áreas adjacentes; por considerar que se trata de uma intervenção com alta capacidade de absorção da energia das ondas incidentes e, principalmente, que combate o ataque frontal das ondas – situação em que as cristas das ondas são paralelas à linha de costa; a solução mais apropriada à estabilização da costa e à preservação das estruturas naturais, urbanísticas e residenciais que se encontram ameaçadas pelo avanço do mar, sem que promova a transferência dos processos erosivos para praias circunvizinhas, é a implantação de uma estrutura do tipo “enrocamento aderente”.



7. DETALHAMENTO DA ESTRUTURA

7.1. ENROCAMENTO ADERENTE - ASPECTOS FUNCIONAIS

A estrutura (revestimento) do tipo enrocamento aderente é uma proteção de superfície que é posicionada em uma praia inclinada ou no leito de um banco para proteger a zona adjacente contra a erosão causada pelas correntes e ondas.

Esse tipo de revestimento não é autossuportável e depende do solo para seu suporte. Absorve as ondas sobre sua face inclinada e dissipa a energia incidente ao transformar em vetores, distribuídos pelos vazios existentes nas suas camadas (externa e interna), permitindo ser transposto pelo volume de água incidente, fazendo com que esta ao retornar para o mar não possua energia capaz de somar à energia das próximas ondas. Sua integridade funcional depende da estabilidade estrutural da camada de proteção que abrange a sua superfície.

O enrocamento pode ser construído em uma praia ou na encosta de uma falésia, desde que o solo que a suporte seja estável. Faces inclinadas, principalmente de material granulado (porosa), não refletem as ondas, a exemplo do que ocorre com as estruturas de superfícies lisas (impermeáveis), como pode ser constatado na simulação apresentada na Figura 34.



Figura 34 – Estrutura impermeável x Estrutura Permeável: Simulação comprova o processo de reflexão de ondas diante de estruturas impermeáveis.

7.2. ENROCAMENTO ADERENTE - ASPECTOS ESTRUTURAIS

O revestimento do tipo enrocamento é composto por três componentes. O primeiro que determina as características dos outros dois é a camada de proteção (armadura), e que deve ser estável sob a ação das ondas. O segundo componente é a camada filtrante – filtro inferior (underlying filter) – que suporta a camada de proteção, promovendo a drenagem da água subterrânea na estrutura e evita que o solo seja lavado pelo impacto das ondas na camada de proteção ou pela infiltração de água. O terceiro componente, a proteção de pé, protege a estrutura contra recalques ou remoção das extremidades da estrutura voltadas para o mar (Figura 35).

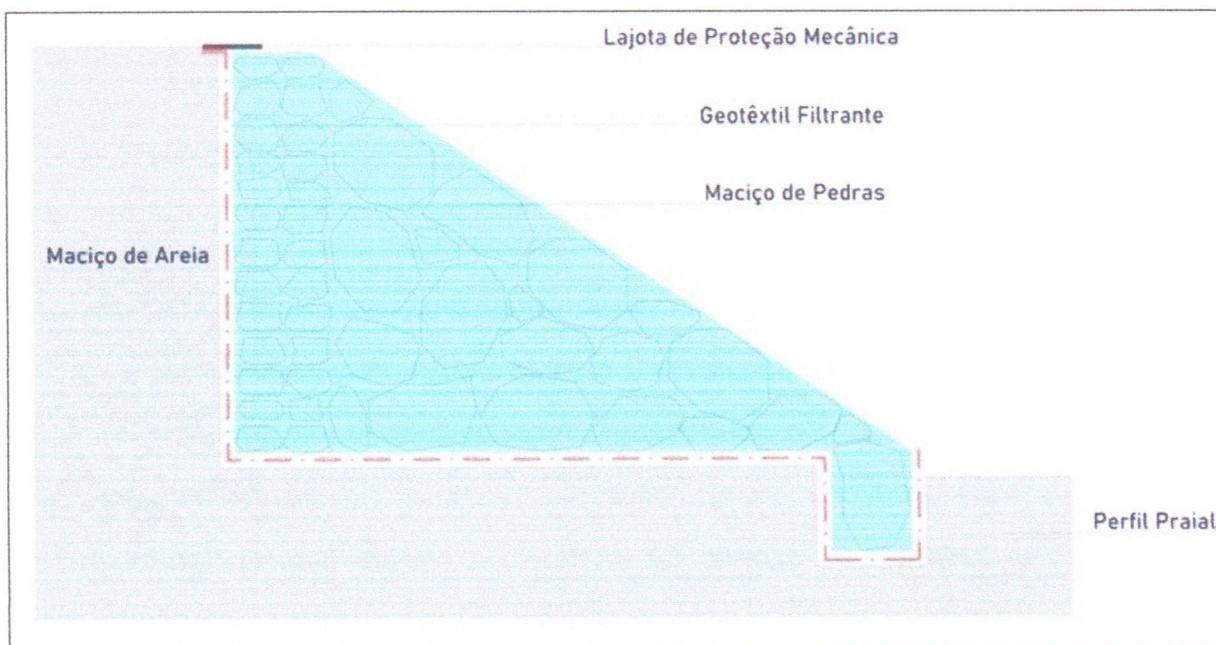


Figura 35 – Seção-Tipo de uma estrutura de enrocamento aderente.

7.2.1. Armadura (camada de proteção)

Mantém sua posição durante a ação das ondas devido ao seu peso e, em razão dessa camada ser formada por peças individuais, a estabilidade é conseguida devido ao encaixe das unidades. Essa camada protetora pode ser classificada como flexível, rígida ou semirrígida. A camada flexível mantém suas qualidades protetoras quando a estrutura sofre deformações severas, como no caso do recalque do solo ou quando o atrito causa a remoção dos sedimentos localizados na frente da estrutura.

Os enrocamentos de blocos graníticos são os principais exemplos de proteções flexíveis. O enrocamento é formado por diferentes números de camadas, formadas por blocos de tamanhos semelhantes. Os critérios para selecionar a distribuição do peso e do tamanho das pedras são dados no *CETN-III-1 e Shore Protection Manual*.

As proteções semirrígidas suportam melhor as deformações, enquanto estruturas rígidas podem ser danificadas e falhar completamente se submetidas a recalque diferencial ou à perda de suporte por parte do solo subjacente.

7.2.2. Camada filtrante

A camada filtrante promove a drenagem apropriada e se faz necessária para manter a inclinação da fundação. Se o revestimento retém água do solo, esta pode fluir pela interface entre o revestimento e o solo subjacente carreando o mesmo e formando cavidades em algumas áreas e pequenas acumulações em outras.

A camada filtrante mais simples consiste no uso de filtro geotêxtil. O geotêxtil atua de duas formas, impedindo, por um lado, que componentes individuais do revestimento sofram recalques (ajustes), e ao mesmo tempo atuando como um filtro, devendo desta forma, ser cuidadosamente selecionado para promover a drenagem necessária, enquanto promove a retenção do tipo de solo existente no local do revestimento.

7.2.3. Proteção de pé

Se o pé ou base do revestimento não puder ser encaixado na camada inferior de rocha, as ondas podem escavar a zona inferior da estrutura e até penetrar na mesma. Caso as medidas adequadas de drenagem não forem providenciadas em uma camada de proteção de baixa permeabilidade a água retida na parte de traz do revestimento irá fluir na parte frontal sob o pé, possibilitando a perda de solo.

As proteções típicas consistem em recravar uma camada de rocha, dimensionada para resistir aos movimentos das ondas, apoiada em material granular e/ou malha geotêxtil que impede que o solo seja carreado nas porosidades das pedras.

Se o revestimento for construído em solo inconsolidado ou arenoso, uma parede de pilares finos vazados (sheet-pile cutoff wall) pode ser colocada a uma profundidade suficiente para proteger o revestimento contra escavações pelo atrito das ondas e para evitar que água subterrânea flua através da base.

7.3. ENROCAMENTO ADERENTE - ASPECTOS CONSTRUTIVOS

Para a construção do enrocamento deverão ser utilizados blocos de rochas graníticas de boa qualidade, são e compacta, inalterável a ação dos agentes atmosféricos, ao ataque químico pela água do mar e às alternâncias de emersão/submersão, devendo estar isento de substâncias vegetais, argilas, bem como de capas da jazida, de materiais intemperizados e outros estranhos a rocha são.

Em razão da granulometria e da complexidade da estrutura do maciço, faz-se necessário a separação e seleção das rochas a serem utilizadas.

Para o transporte dos blocos rochosos, deverão ser utilizados caminhões especiais, reforçados e devidamente sinalizados, uma vez que este transporte se dará em zonas urbanas. Os caminhões deverão descarregar os blocos transportados em pontos previamente determinados.

Tanto o transporte, quanto a descarga, e, principalmente, a movimentação dos blocos rochosos, deverá ser precedida de rigoroso controle de proteção, que inclui a sinalização, o isolamento e a vigilância da área. Isto em razão dos trabalhos se desenvolverem em áreas (praias) de utilização pública e de ocupação desordenada.

No caso específico da proteção a ser implantada na praia da Peroba, no Município de Icapuí/CE, com o objetivo de eliminar qualquer dificuldade de acesso à praia, deverão ser construídas e instaladas escadas de acessibilidade, constituídas de madeira de lei e ferragens inoxidáveis.

8. DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA

8.1. EXTENSÃO DA ESTRUTURA

Para a condição atual, nos trechos onde há a iminente possibilidade de perda significativa de patrimônio público e privado, esse projeto visa contemplar apenas às áreas que necessitam de intervenção imediata, cuja extensão, baseada nos levantamentos de campo, corresponde a 400,0 metros, compreendida entre as estacas E18 – correspondente à E15+10,0m no estaqueamento primitivo – e E38 – correspondente à E35+10,0m no estaqueamento primitivo –, conforme “Mapa de Localização da Linha Base” e “Planta de Planimetria” – Anexos.

Nesse contexto, a área que se pretende proteger encontra-se completamente inserida na faixa previamente estabelecida.

Anderson da Silva Pereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0615101313
CPF 024.800.603-33

8.2. DIMENSIONAMENTO DOS BLOCOS DA ESTRUTURA

A complexidade da agitação marítima sobre os blocos de um manto resistente torna impossível o cálculo rigoroso das forças atuantes nos mesmos. Essa condição, associada à complexidade da forma dos blocos, e à sua colocação/disposição aleatória, torna o cálculo das forças reativas dos blocos adjacentes mais complexo, ou mesmo impossível, fato pelo qual se utilizam fórmulas de estabilidade baseadas em resultados de ensaios com modelos reduzidos.

Essas fórmulas, na grande maioria das vezes, são baseadas em simplificações teóricas e nos resultados de ensaios em modelos, e permitem avaliar o peso dos blocos necessário para resistir à ação da onda de projeto. Trata-se, portanto, de métodos semiempíricos que, apesar do elevado interesse nas aplicações práticas, possuem algumas limitações. A relativa incerteza das fórmulas é explicada pela não inclusão de alguns dos parâmetros considerados influentes na estabilidade dos quebra mares, aliada ao caráter estocástico da ação da agitação marítima sobre os blocos e respectiva resposta.

É importante salientar que estas fórmulas se basearam em resultados de ensaios com modelo reduzido e que, apesar de comprovadas/validadas em muitos casos por trabalhos de campo, a sua utilização e transposição de resultados para o protótipo, deverá revestir-se de algum cuidado, sendo aconselhável, portanto, que ao utilizá-las no pré-dimensionamento da estrutura, deve o projetista, no dimensionamento final, complementar seus resultados com estudos e trabalhos de campo que revalidem o resultado final.

Para que não se obtenha resultado excessivamente favorável, recomenda-se a consideração, quando da utilização das fórmulas de dimensionamento, da situação de colocação aleatória. Entre as várias fórmulas existentes de cálculo do peso unitário dos blocos do manto resistente, salienta-se a "Fórmula de Hudson", baseada em trabalhos anteriores de Iribarren (1938, 1950). Esta fórmula é apresentada no *Shore Protection Manual* (SPM) e que se traduz pela seguinte expressão:

$$W = \frac{\gamma_s \times H^3}{K_D \times (\gamma_s / \gamma_a - 1)^3 \times \cotg \alpha}$$

Em que **W** representa o peso unitário dos blocos constituintes do manto resistente, **H** a altura de onda incidente de projeto, γ_s o peso específico do material dos blocos rochosos γ_a o peso específico da água do mar, α o ângulo que o talude faz com a horizontal, **K_D** o coeficiente de estabilidade.

O valor do coeficiente de estabilidade, K_D , pode ser determinado com base em resultados de ensaios experimentais efetuados com modelos de enrocamento, utilizando ondas regulares, para uma larga gama de alturas de onda e períodos e calculado para o regime de agitação que mais afetasse a condição de estabilidade. Este valor é função de vários parâmetros, como o material constituinte dos blocos, tipo de blocos, tipo de superfície, interligação entre blocos, número de camadas do manto resistente, localização do perfil em questão, zona onde se encontra ângulo do talude com a horizontal, percentagem de blocos deslocados permitida e a probabilidade de não excelência desejada.

Allen (1998) indica a possibilidade de efeitos de escala dos testes que serviram de base à geração dos dados, embora segundo o CEM (2001), e baseando-se em estudos em grande escala, estes efeitos não sejam de todo importantes, desde que se proceda a uma adequada escolha da escala (considerando, por exemplo, um número de Reynolds superior a 6×10^4). De salientar que a fórmula de Hudson tem como base ensaios com ondas regulares apenas, não reproduzindo, portanto, a irregularidade da agitação “real” e que é válida apenas para estruturas permeáveis, não galgáveis.

Certos parâmetros hidrodinâmicos, considerados relevantes na estabilidade do manto resistente, como a declividade da onda, a profundidade relativa, o período, a obliquidade da onda, a inclinação dos fundos, o tipo de rebentação ou a duração do temporal, não são considerados neste método.

Para o dimensionamento da estrutura aqui proposta foram considerados os seguintes parâmetros:

$W = W_{50}$ Peso médio da armadura

$H = H_s$ Altura da onda significativa do projeto, considerada como $2,3m^1$, maior valor encontrado para a inclinação da zona de praia de Peroba observado nos perfis topográficos estendidos;

γ_s = Peso específico do material rochoso utilizado, para blocos tipo granítico ($2,65 T/m^3$);

γ_a = Peso específico da água do mar ($1,03 T/m^3$);

K_D = Coeficiente de danos, para blocos de rochas angulosos e colocados de forma aleatória em duas seções, o valor é igual a 3,0.

¹ Altura da onda determinada pelas simulações de estados de mar no oceano Atlântico Sul, utilizando o modelo WAVEWATCH III para o período 1990–2009.



Dados:

$$\begin{aligned} H_s &= 2,30 \text{ m} \\ \gamma_s &= 2,65 \text{ t/m}^3 \\ \gamma_a &= 1,03 \text{ t/m}^3 \\ \cotg \alpha &= 1,5 \\ K_D &= 3,00 \end{aligned}$$

Logo:

$$W = \frac{\gamma_s \times H^3}{K_D \times ((\gamma_s / \gamma_a) - 1)^3 \times \cotg \alpha} = \frac{2,65 \times 2,3^3}{3,00 \times ((2,65 \div 1,03) - 1,0)^3 \times 1,5} =$$

$$W = \frac{24,5416}{3,0 \times (1,5728)^3 \times 1,5} = \frac{24,5416}{3,0 \times 3,8906 \times 1,5} =$$

$$W = \frac{32,214}{17,5077} = 1,84 \text{ Tonelada} = 1.840 \text{ Kg.}$$

Por recomendação do SPM o peso dos blocos da carapaça deve variar entre 0,75 W e 1,25 W, desta forma os blocos devem ser utilizados entre a faixa de peso de 1,38 e 2,3 toneladas. O valor encontrado para a faixa de pesos que irá compor a carapaça de proteção será de W = 1,84 Toneladas, sendo 30% no máximo com blocos entre 1,3 e 2,3 toneladas para o topo, e os 70 % restantes, formados por blocos de rochas graníticas com peso entre 1,84 e 2,3 toneladas para a base e recrava. A carapaça deverá cobrir toda a seção transversal das estruturas voltadas para o mar. A camada do núcleo das estruturas será formada por blocos graníticos, com peso variando entre 40 Kg (Pedras arrumadas) e 1,84 toneladas.

Por se tratar de uma estrutura montada por intermédio de máquinas, e por haver uma necessidade fundamental de montagem e sustentação dos blocos, para efeito de fiscalização e aferição, poderá ser tolerada o uso eventual de algum bloco rochoso de peso inferior, desde que seja com a única finalidade de fixação dos blocos maiores na seção, ou no caso de haver alguma seção em que a altura não comporte blocos nas dimensões aqui definidas. Casos estes que deverão contar com a avaliação e a anuência do projetista.

8.3. COROAMENTO DA ESTRUTURA

A definição das cotas de coroamento de um enrocamento aderente deve levar em consideração, inicialmente, a implantação dos perfis transversais de praia (Planta de Altimetria – Anexos), considerando fatores tais como: Estabelecer o RN (Referencial de Nível) adotado – seja o “0” (zero) hidrográfico, 0 (zero) IBGE, ou RN arbitrado a partir do máximo desnível dos perfis naturais da praia – e das cotas de nível das estruturas urbanas que se pretende proteger, levando em conta que a cota dependerá diretamente do somatório da maré com a quebra e espraiamento (“swash”) das ondas.

Nesse sentido, a partir da implantação dos perfis transversais (Planta de Altimetria – Anexos), resguardados todos os critérios acima expostos, as cotas de coroamento do enrocamento aderente foram estabelecidas, conforme estão representadas no quadro 2.

Quadro 2 – Cotas de coroamento das seções de enrocamento da Praia de Peroba, Icapuí-CE.

Estaca	SEÇÃO			H _{seção}	H _{recrava}	H _{TOTAL}	RE CRAVA	
	Cota _{topo}	Cota _{arras.}	OffSet				Cota _{topo}	Cota _{arras.}
0	5500	2500	5300	3000	1000	4000	2500	1500
5	5500	2500	5300	3000	1000	4000	2500	1500
10	5500	2500	5300	3000	1000	4000	2500	1500
15	5500	2500	5300	3000	1000	4000	2500	1500
17-10,0m	5500	2500	5300	3000	1000	4000	2500	1500
20	6000	2500	6050	3500	1000	4500	2500	1500
25	7000	2500	7550	4500	1000	5500	2500	1500
30	6500	2500	6800	4000	1000	5000	2500	1500
35	6000	2500	6050	3500	1000	4500	2500	1500
40	5500	2500	5300	3000	1000	4000	2500	1500
45	5500	2500	5300	3000	1000	4000	2500	1500
47-10,0m	5000	2500	4550	2500	1000	3500	3000	2000

8.4. QUANTITATIVO DE MATERIAIS

Com a definição das cotas de coroamento e, conseqüentemente, das dimensões de cada seção, estabelecidas em função da proporcionalidade do talude (1,0 : 1,5), foi possível, então, determinar os quantitativos dos principais insumos (rochas, areia, geotêxtil e lajotas de proteção mecânica) que compõem o enrocamento.

Anderson da Silva Pereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0615101313
CPF 024.850.603-33

8.4.1. Volume de rochas do enrocamento

Compatibilizando as cotas das seções – estabelecidas a partir dos perfis longitudinais levantados –, foram definidas as seções intermediárias e, conseqüentemente, o mapa de cubação do volume de rochas (Quadro 3), para o qual se tem o volume total de 6.201,70m³ de rocha granítica.

Quadro 3 – Mapa de Cubação do Volume de Rochas do Enrocamento da Praia da Peroba , Icapuí-CE.

Cálculo do Consumo de Pedras					
Praia de Peroba					
Estacas	Altura	Área		Extensão	Volume
		Individual	Média		
18	3,25	11,32	11,32	10,00	113,20
18+10,0m	3,25	11,32	11,32	10,00	113,20
18+10,0m	3,25	11,32	12,06	10,00	120,60
19	3,50	12,79	12,79	20,00	255,80
19	3,50	12,79	12,79	20,00	255,80
20	3,50	12,79	12,79	20,00	255,80
20	3,50	12,79	13,57	10,00	135,70
20+10,0	3,75	14,35	13,57	10,00	135,70
20+10,0m	3,75	14,35	15,18	10,00	151,80
21	4,00	16,00	15,18	10,00	151,80
21	4,00	16,00	16,00	10,00	160,00
21+10,0m	4,00	16,00	16,00	10,00	160,00
21+10,0m	4,00	16,00	16,88	10,00	168,80
22	4,25	17,75	16,88	10,00	168,80
22	4,25	17,75	18,67	10,00	186,70
22+10,0m	4,50	19,59	18,67	10,00	186,70
22+10,0m	4,50	19,59	19,59	100,00	1.959,00
27+10,0m	4,50	19,59	19,59	100,00	1.959,00
27+10,0m	4,50	19,59	18,67	10,00	186,70
28	4,25	17,75	18,67	10,00	186,70
28	4,25	17,75	17,75	20,00	355,00
29	4,25	17,75	17,75	20,00	355,00
29	4,25	17,75	16,88	20,00	337,60
30	4,00	16,00	16,88	20,00	337,60
30	4,00	16,00	15,18	10,00	151,80
30+10,0m	3,75	14,35	15,18	10,00	151,80
30+10,0m	3,75	14,35	13,57	10,00	135,70
31	3,50	12,79	13,57	10,00	135,70
31	3,50	12,79	12,79	130,00	1.662,70
37+10,0m	3,50	12,79	12,79	130,00	1.662,70
37+10,0m	3,50	12,79	12,79	10,00	127,90
37+10,0m	3,50	12,79	12,06	10,00	120,60
38	3,25	11,32	12,06	10,00	120,60
TOTAL:				400,00	6.201,70

8.4.2. Área de geotêxtil filtrante

A partir das seções de enrocamento já definidas, considerando uma extensão média de 10,0 metros de comprimento por trecho implantado, e respeitando os respectivos traspasses (vertical = 0,60; e horizontal = 0,80m, foi possível estabelecer o “Mapa de Cálculo” da área de geotêxtil a ser utilizada no enrocamento aderente, cujo total é de 6.239,48m² (Quadro 4):

Quadro 4 – Mapa de Cálculo da Área de Geotêxtil do Enrocamento da Praia da Peroba , Icapuí-CE.

Cálculo do Consumo de Geotêxtil					
Praia de Peroba					
Estacas	Altura	Comprimento		Extensão	Área
		Individual	Média		
18	3,25	12,53	12,53	10,80	135,32
18+10,0m	3,25	12,53	12,53	10,80	135,32
18+10,0m	3,25	12,53	12,84	10,80	138,67
19	3,50	13,15	13,15	21,60	284,04
19	3,50	13,15	13,15	21,60	284,04
20	3,50	13,15	13,46	10,80	145,37
20	3,50	13,15	13,46	10,80	145,37
20+10,0	3,75	13,78	13,46	10,80	145,37
20+10,0m	3,75	13,78	14,39	10,80	155,41
21	4,00	15,00	14,39	10,80	155,41
21	4,00	15,00	15,00	10,80	162,00
21+10,0m	4,00	15,00	15,00	10,80	162,00
21+10,0m	4,00	15,00	15,31	10,80	165,35
22	4,25	15,63	15,31	10,80	165,35
22	4,25	15,63	15,94	10,80	172,15
22+10,0m	4,50	16,25	15,94	10,80	172,15
22+10,0m	4,50	16,25	16,25	108,00	1.755,00
27+10,0m	4,50	16,25	16,25	108,00	1.755,00
27+10,0m	4,50	16,25	15,94	10,80	172,15
28	4,25	15,63	15,94	10,80	172,15
28	4,25	15,63	15,63	21,60	337,61
29	4,25	15,63	15,63	21,60	337,61
29	4,25	15,63	15,31	21,60	330,70
30	4,00	15,00	15,31	21,60	330,70
30	4,00	15,00	14,39	10,80	155,41
30+10,0m	3,75	13,78	14,39	10,80	155,41
30+10,0m	3,75	13,78	13,46	10,80	145,37
31	3,50	13,15	13,46	10,80	145,37
31	3,50	13,15	13,15	140,40	1.846,26
37+10,0m	3,50	13,15	13,15	140,40	1.846,26
37+10,0m	3,50	13,15	12,84	10,80	138,67
38	3,25	12,53	12,84	10,80	138,67
TOTAL:				432,00	6.239,48

8.4.3. Maciço de areia

De acordo com as alturas de cada uma das seções de enrocamento aderentes a serem implantadas, considerando uma faixa constante de 2,00 metros para o maciço de areia que dará suporte à elevação do enrocamento aderente, para a extensão total da estrutura será necessário um volume total de 4.685,40 m³ de areia, conforme “Mapa de Cubação” obtido (Quadro 5).

Quadro 5 – Mapa de Cubação do volume de areia para o Enrocamento da Praia da Peroba , Icapuí-CE.

Cálculo do Consumo de Areia					
Praia de Peroba					
Estacas	Largura	Altura		Extensão	Volume
		Individual	Média		
18	3,00	3,25	3,25	10,00	97,50
18+10,0m	3,00	3,25			
18+10,0m	3,00	3,25	3,38	10,00	101,40
19	3,00	3,50			
19	3,00	3,50	3,50	20,00	210,00
20	3,00	3,50			
20	3,00	3,50	3,63	10,00	108,90
20+10,0	3,00	3,75			
20+10,0m	3,00	3,75	3,88	10,00	116,40
21	3,00	4,00			
21	3,00	4,00	4,00	10,00	120,00
21+10,0m	3,00	4,00			
21+10,0m	3,00	4,00	4,13	10,00	123,90
22	3,00	4,25			
22	3,00	4,25	4,38	10,00	131,40
22+10,0m	3,00	4,50			
22+10,0m	3,00	4,50	4,50	100,00	1.350,00
27+10,0m	3,00	4,50			
27+10,0m	3,00	4,50	4,38	10,00	131,40
28	3,00	4,25			
28	3,00	4,25	4,25	20,00	255,00
29	3,00	4,25			
29	3,00	4,25	4,13	20,00	247,80
30	3,00	4,00			
30	3,00	4,00	3,88	10,00	116,40
30+10,0m	3,00	3,75			
30+10,0m	3,00	3,75	3,63	10,00	108,90
31	3,00	3,50			
31	3,00	3,50	3,50	130,00	1.365,00
37+10,0m	3,00	3,50			
37+10,0m	3,00	3,50	3,38	10,00	101,40
38	3,00	3,25			
TOTAL:				400,00	4.685,40

8.4.4. Lajes de proteção mecânica do geotêxtil

A considerar as dimensões da lajota (1,00m x 0,60m x 0,12m) cujo volume de concreto é de 0,072m³/m, para a extensão de 400,0 metros temos um volume total de 28,80m³ de concreto armado 20Mpa.

8.4.5. Acessibilidade

Com o objetivo de eliminar qualquer dificuldade de acesso à praia em razão da implantação do enrocamento aderente, os trechos dotados de enrocamento aderente deverão contar ao longo de sua extensão com escadas de acesso em madeira de lei, travadas com ferragem em aço inoxidável, posicionadas em média a cada 200,0 metros de extensão, totalizando um quantitativo de 02 escadas.

9. MONITORAMENTO AMBIENTAL

Dada à complexidade da inserção de obras estruturais no ambiente costeiro, assim como pelo caráter emergencial em que estas são implantadas, impondo a necessidade de avaliar possíveis medidas complementares e/ou corretivas, assim como nortear possíveis intervenções de recuperação do ambiente, naturalmente ou artificialmente - como nos casos de engordamento artificial da praia -, o monitoramento do ambiente em que são inseridas, bem como as próprias obras de defesa costeira, têm se constituído em uma ferramenta de extrema importância, uma vez que a maior parte dos conhecimentos utilizados no dimensionamento deste tipo de estruturas se baseia na experiência adquirida em construções anteriores, através da observação do seu comportamento em serviço. Por outro lado, a observação das estruturas existentes, também pode prever e planejar eventuais ações de manutenção, evitando assim, que a estrutura atinja um nível de degradação tal, que a reparação se torne difícil e de elevado custo.

Portanto, visando estabelecer o monitoramento e o controle ambiental das áreas envolvidas diante da intervenção proposta, bem como, de oferecer subsídios para o prolongamento da vida útil da obra e, conseqüentemente, da preservação dos patrimônios resguardados, é recomendável a realização dos estudos e levantamentos - abaixo relacionados e especificados - que deverão ser implantados com o objetivo de estabelecer um efeito comparativo com os dados já existentes.

Os dados a serem obtidos terão papel importantíssimo quando estabelecido o confrontamento com os dados pretéritos e atuais, uma vez que, ao serem medidos durante, e posteriormente, às intervenções, nos diversos setores estabelecidos, servirão de parâmetros para a identificação e o acompanhamento, no caso de ocorrência de qualquer variação no comportamento do

ambiente, bem como, para subsidiar com o banco de dados criado a elaboração de uma possível solução definitiva.

9.1. CONTROLE DA MORFOLOGIA PRAIAL (MORFODINÂMICA PRAIAL)

O estudo da morfodinâmica praial e sua relação com as estruturas propostas se dá por meio da elaboração de perfis morfodinâmicos da praia, instrumento que permite identificar o comportamento da morfologia praial em resposta à dinâmica de atuação dos ventos, ondas e correntes. Esse levantamento topográfico planialtimétrico é um parâmetro essencial no processo de análise do perfil de praia, em resposta aos processos hidrodinâmicos, que norteia o estado da praia em relação à existência de fenômenos de erosão e/ou acreção.

A implantação e monitoramento sistemático de perfis ao longo de um determinado segmento litorâneo apontará se essa área está sofrendo com a instalação de um processo erosivo, ou mesmo se apenas se encontra em um estado erosivo transitório. Essa informação norteará a necessidade e o tipo de medidas interventivas, assim como o caráter da intervenção (definitivo ou temporário).

No caso de medidas interventivas na costa, tais como as obras de defesa e/ou recuperação da praia, o monitoramento morfodinâmico praial, após a execução da obra, se constitui em elemento essencial no controle de impactos e na aferição do êxito da intervenção.

9.2. ANÁLISE DOS SEDIMENTOS DA PRAIA

Dada a necessidade de identificar a variação de sedimentos da praia na área de intervenção, assim como nas áreas imediatamente adjacentes, faz-se necessário que, durante o processo de implantação da estrutura, ao longo dos perfis morfodinâmicos estabelecidos, seja feita a análise de 03 (três) amostras superficiais de sedimentos, coletadas – a cada 50,0 metros – ao longo dos setores de pós-praia, estirâncio médio e antepraia. As amostras coletadas, distribuídas ao longo da área do projeto, deverão ter aproximadamente 100 gramas cada uma, e suas análises deverão ser tratadas por softwares para a determinação de: diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtoses. Considerando as áreas adjacentes, antes e após a estrutura, para a realização de 02 levantamentos em 22,0 pontos de coletas de 03 amostras, temos um total de 132,0 amostras.

9.3. ESTUDO DA HIDRODINÂMICA (LEVANTAMENTO DE ONDAS, VENTOS E CORRENTES)

Esse estudo tem a finalidade de caracterizar o comportamento hidrodinâmico local, diagnosticando no ambiente, a partir dos dados produzidos e estabelecendo parâmetros entre si e com dados pretéritos, a relação “estrutura/ambiente costeiro” no decorrer da execução da

obra e, a partir dos resultados obtidos, diante de alguma alteração, apontar ações preventivas e/ou corretivas, além de nortear a realização de ações futuras que contemplem a recuperação do ambiente. Considerando o prazo de execução de 06 meses e 01 levantamento mensal, faz-se necessária a execução total de 06 levantamentos.

9.4. LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO DA PLATAFORMA ADJACENTE À PRAIA

O levantamento batimétrico é um dos métodos de investigação das áreas de plataforma continental rasa, que tem a capacidade de definir com precisão a conformação morfológica de fundo que, por sua vez, reflete a configuração do tipo de substrato existente, traduzindo suas características sedimentares e hidrodinâmicas.

Esse serviço, que responde pelo levantamento morfológico do fundo marinho, tem a finalidade de revelar a relação de comportamento com o processo erosivo que acomete a praia. Para tal, esse levantamento deverá fornecer como resultado: tabelas dos dados medidos em campo, mapa de pontos, mapas batimétricos com isóbatas, mapa 3D, cortes (perfis) implantados e suas interpretações e outros resultados pertinentes.

Considerando a necessidade de estabelecer parâmetros da implantação da estrutura e o comportamento da plataforma após a inserção da estrutura, é recomendável a realização de 02 levantamentos, sendo 01 no primeiro mês de implantação da estrutura e o 2º levantamento após a conclusão do enrocamento.

9.5. AEROFOTOGRAMETRIA – MAPEAMENTO AÉREO COM VANT

O objetivo deste Mapeamento Aéreo é realizar, por meio de um Veículo Aéreo Não Tripulável – VANT, um diagnóstico pontual, em alta resolução espacial, visando à geração de um mapa base para delimitação dos processos erosivos e deposicionais ao longo de toda a área de intervenção, de forma que se possa estabelecer parâmetros antes e após a implantação das obras. Portanto, assim como ocorre com a batimetria, é recomendável a realização de 02 levantamentos, sendo 01 no primeiro mês de implantação da estrutura e o 2º levantamento após a conclusão do enrocamento.

Anderson da Silva Pereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0615101313
CPF 024.004.003-33

ANDERSON PEREIRA DA SILVA

ENGENHEIRO CIVIL – CREA CE 320830 | RNP 061510131-3



ANEXOS

- ↳ Mapa de Locação da Linha Base
- ↳ Planta de Planimetria
- ↳ Plantas Topoaltimétricas (Perfis Transversais)
- ↳ Memória de Cálculos
- ↳ Composição de Preços
- ↳ Planilha Orçamentária



Anderson da Silva Pereira
ENGENHEIRO CIVIL
RNP 0815101313
CPF 024.801.003-33