

A INFRAESTRUTURA PORTUÁRIA E SUAS INFLUÊNCIAS NA SEDIMENTAÇÃO COSTEIRA NA VILA DO PECÉM, CEARÁ, BRASIL

Christiano MAGINI¹, Antonio Harildes Oliveira MARTINS², Erasmo da Silva PITOMBEIRA²

(1) Universidade Federal do Ceará, Departamento de Geologia, Fortaleza, CE, CEP 60455-760, Endereço eletrônico: magini2005@hotmail.com.

(2) CEARAPORTOS.

Introdução
Localização
Geologia
 O Embasamento Cristalino, Pré Cambriano
 Formação Barreiras
 Sedimentos Quaternários
A morfodinâmica da costa da vila do Pecém no período da construção do TPP
 Principais Subistemas e Ações Realizadas que Integram o Terminal na parte *ON SHORE*
A morfodinâmica do ambiente costeiro da vila do Pecém após a construção do TPP
 Transporte Litorâneo de Sedimentos
Monitoramento da linha de costa na vila do Pecém
 Levantamento da Linha de Costa Através da Análise de Imagens de Satélites
 Monitoramento da Linha de Costa pelo Método dos Perfis de Praia
Conclusões
Referências bibliográficas

RESUMO - O objetivo deste trabalho utilizando imagens temporais e perfis de linha de praia, é mostrar os efeitos das edificações portuárias no transporte de sedimentos no entorno do Porto do Pecém e da porção costeira da Vila do Pecém. O modelo de construção do terminal, com uma porção *offshore*, ligado ao continente por estrutura vazada, permite o transporte de sedimentos. Pela análise de imagens de satélite e pelo monitoramento constante realizado através de perfis de praia, percebeu-se que a situação praia da Vila do Pecém está sob influência atual de aporte de sedimentos. Podemos concluir ao final do trabalho que o Terminal Portuário foi uma obra que auxiliou no avanço da linha de praia, promovendo um recuo do mar, amenizando ondas em tamanho e intensidade. Este efeito criou uma proteção para a vila, confirmado pelo grupo da *Japan International Cooperation Agency* que constatou nos últimos 30 anos um recuo do litoral cerca de 60 m, no trecho entre a Ponta do Pecém e a Vila do Pecém. Isto significa um recuo de, aproximadamente, 2 m por ano. O monitoramento continua e a vila atualmente encontra-se protegida de antigos processos erosivos que sofria. Portanto o impacto ambiental do porto, suas estruturas sob a vila é positivo.

Palavras-chave: Porto do Pecém, Dinâmica costeira, Sedimentação, Impacto Ambiental

ABSTRACT - The aim of this work using temporal images and profiles of beach line, is to show the effects of port buildings in sediment transport around the port of Pecém and coastal portion of the village of Pecém. The construction of the port, with an offshore portion, connected to the mainland by leaked structure, allows the transport of sediments. Through the analysis of satellite images and by constant monitoring carried out through beach profiles, it was realized that the beach village of Pecem situati on is under the current influence of sediment supply. We can conclude by the end of the work that the port Terminal was a work that aided in the advancement of the beach line, promoting an indentation of the sea, threatening waves in size and intensity. This effect created a protection for the town, confirmed by the Group of the Japan International Cooperation Agency that found over the past 30 years a retreat of about 60 m, in the stretch between the tip of Pecém and Vila do Pecém. This means a decline of approximately 2 m per year. The monitoring continues and the village currently is protected ancient erosion processes that suffered. So the environmental impact of the port, its structures in the village is positive.

Keywords: Pecém Harbor, Coastal Dynamic, Sedimentation, Environmental Impact

INTRODUÇÃO

O promontório do Pecém juntamente com as estruturas portuárias dividem geologicamente duas áreas distintas, uma a SE onde predominam, processos de transporte e/ou

erosão de sedimentos e a porção da pequena enseada do Pecém a NW, onde predominam processos de sedimentação. Estas duas partes convivem em equilíbrio ou desequilíbrio

conforme o aporte de sedimentos e sua retenção devido a diversos fatores físicos (Brown & McLachlan, 1990). Na área estudos realizados por Vieira et. al. (1997), quantificaram anteriormente à qualquer processo antrópico portuário que este promontório estava em equilíbrio. Após a implantação das primeiras estruturas físicas que afetassem a costa, este equilíbrio foi quebrado, passando a atuar a erodibilidade na porção NW. Com isto a Vila do Pecém ficou exposta as forças de ondas e correntes marinhas, causando alguns danos na vila. Com a finalização das estruturas e o monitoramento das condições sedimentares costeiras do local, constatou-se uma nova

mudança entre o aporte e erosão dos sedimentos, as estruturas provocaram um ganho de linha de praia no *front line* da Vila do Pecém. Esta evolução na transformação na linha de costa esta ordenada temporalmente neste artigo, o qual, procura como objetivo principal mostrar que do planejamento até a implantação final de estruturas portuárias, podem ocorrer momentos com impactos positivos e negativos. No caso atual da Vila do Pecém, ou o pós porto mostra-se benéfico a linha de costa, promovendo aumento da sedimentação e uma maior proteção a zona costeira da vila que atualmente experimenta processos de sedimentação.

LOCALIZAÇÃO

O Terminal Portuário do Pecém está localizado na Esplanada do Pecém, s/n.º - Distrito do Pecém, Município de São Gonçalo do Amarante, Estado do Ceará. Geograficamente, situado na “Ponta do Pecém”, geologicamente descrita como um promontório, formado por rochas cristalinas (quartzitos) pré-cambrianas do Grupo Ceará, circundado e soterrado por

sedimentos de tabuleiros pré litorâneos do Grupo Barreiras de idade cenozóica e dunas móveis recentes. Esta área dista de Fortaleza, cerca de 60 km por acesso rodoviário. O TPP se situa no ponto de latitude: 3°30'00”S e longitude: 39°50'00”W (Figura 1) e possui acesso rodoviário, ferroviário e marítimo.



Figura 1. A) Mapa de localização do estado; B) Figura esquemática mostrando as vias de acesso ao Terminal Portuário do Pecém (Fonte: DER-CE, 2010);

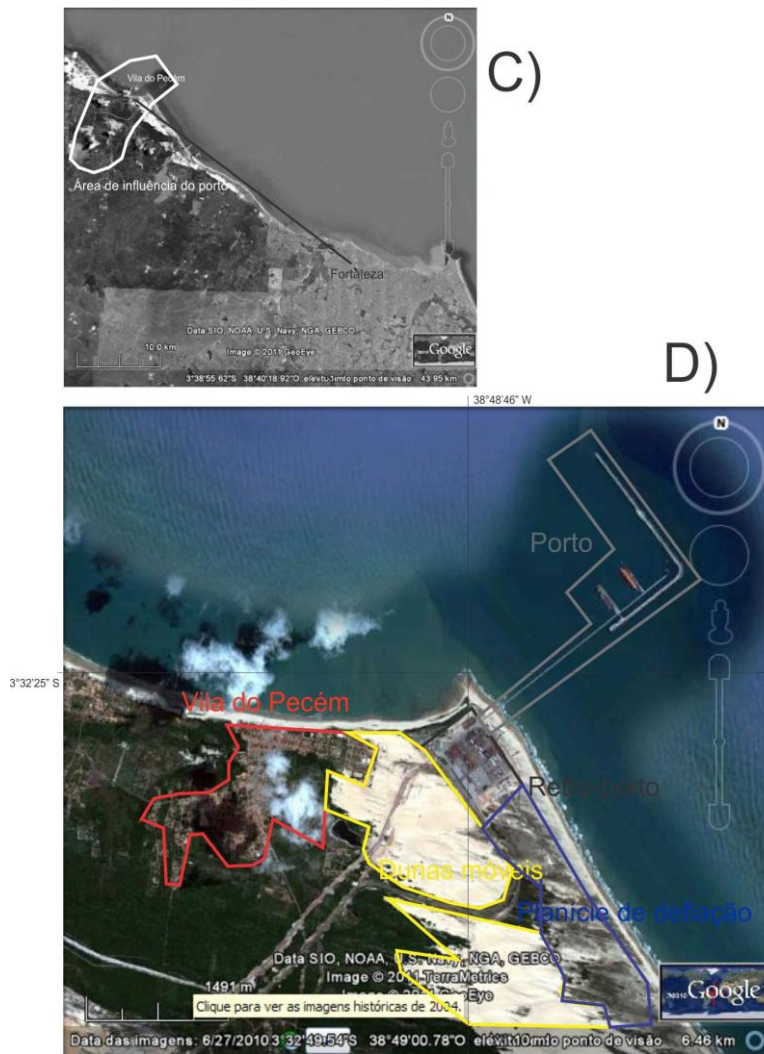


Figura 1 continuação. C) Imagem googleearth localizando o porto, a vila do Pecém e a cidade de Fortaleza; D) Imagem googleearth mostrando em detalhe a localização da vila do Pecém, o porto, o retro-porto, o promontório, cinturão de dunas móveis, a planície de deflação e tabuleiros litorâneos.

GEOLOGIA

A geologia da área sobre a qual se assenta o Complexo Industrial e Portuário do Pecém contempla três unidades geológicas: Embasamento Cristalino Pré-Cambriano, Formação Barreiras do Cenozóico e os Sedimentos Quaternários.

O Embasamento Cristalino, Pré Cambriano

A ponta do Pecém é essencialmente formada de quartzitos e gnaisses distribuídas principalmente em duas ocorrências contínuas que se iniciam no pós-praia e se estendem em porções isoladas até a profundidade de 20 metros. A presença destas rochas do embasamento cristalino e sua distribuição fisiográfica emersa e submersa determinaram o posicionamento do viaduto vazado (ponte de acesso aos *Piers*) e do quebra-mar. A disposição dos equipamentos na direção perpendicular a linha de costa seguiriam o

alinhamento da foliação do afloramento. O quebra-mar na forma de L favorece a condição de manobra de navios e de bacia de evolução, fora da área de ocorrência de afloramentos de quartzito submersos. Se este fato não fosse levado em consideração com certeza aconteceriam impactos de ordem ambiental, e, sobretudo, riscos de choques com o afloramento e naufrágios.

No contexto regional o Pré-Cambriano é formado pelo Grupo Ceará composto por migmatitos, xistos, e quartzitos, estes últimos representados pelas ocorrências na praia do Pecém. Granitóides intrusivos nos metassedimentos ocorrem mais recuados da área portuária (Figura 2) como a Serrote do Juá. Conforme Campos et al (1979), a unidade denominada de Grupo Ceará consiste essencialmente de xistos e gnaisses pelíticos a semi-pelíticos do fácies anfíbolito de alto grau, afetado em variáveis graus de migmatização

durante a orogênese Brasileira. Os serrotes de Juá e Conceição são as duas principais ocorrências de granitóides nas proximidades. As rochas cristalinas formam geomorfologicamente a depressão sertaneja e serras isoladas e ocorrem numa faixa geográfica posterior aos tabuleiros, em direção ao sertão.

Formação Barreiras

A Formação Barreiras repousa diretamente sobre o embasamento cristalino, ocorre como tabuleiros pré-litorâneos ou formando frentes de falésias nas zonas mais costeiras, como na praia de Taíba 5 km a NW da Vila do Pecém (Figuras 1 e 2). Na área de influência indireta esta formação juntamente com as dunas, contém os principais lençóis freáticos da área, abrigando por vezes sistemas lagunares. Branner (1902) usou pela primeira vez o termo “Barreiras” para sedimentos variegados e inconsolidados que ocorrem, de forma contínua, por toda faixa costeira, desde o Rio de Janeiro até o Amazonas.

A Formação Barreiras é composta litologicamente por sedimentos areno-argilosos, de coloração cinza clara, avermelhada e de granulação que varia de média a grosseira e um acamamento indistinto. Normalmente, ocorrem formando tabuleiros ao longo do litoral, apresentando suaves inclinações para o mar. Considerados sedimentos afossilíferos, já houve, no entanto registros de ocorrência de pólen (Arai et. al, 1988, apud Maia, 1993). O contato dos tabuleiros com as rochas mais antigas é discordante e pode formar nítidas escarpas. Por vezes, há ocorrências de faixas esbranquiçadas devido a maior concentração de caulim. São depósitos continentais que tiveram sua formação a partir de retrabalhamento de extensas capas lateríticas tropicais, desenvolvidas em ciclos sucessivos de relativa estabilidade tectônica e climática em épocas Cenozóicas, assim como de rochas metamórficas de alto grau, sob altas temperaturas e pressões extremamente elevadas, possivelmente, rochas de metamorfismo dinamotermal e rochas ígneas alcalinas. Em resumo, o relevo do embasamento seria a principal fonte de materiais. Os sedimentos desta Formação são representados localmente por falésias mortas,

falésias vivas em Taíba e recifes ferruginosos ao lado de rochas de praia.

Os trabalhos sobre a Formação Barreiras basearam-se principalmente num empilhamento de diversas unidades, como consequência da evolução do relevo, dos movimentos tectônicos e dos paleoclinas. Os trabalhos mais recentes levam em consideração estudos palinológicos indicando que o Barreiras começou a ser depositado no Mioceno. Entretanto, a maioria dos autores aceitam a idade como Pliocênica a Pleistocênica. O sistema deposicional destes sedimentos tem se mostrado variado ao longo da costa brasileira, com fácies variando desde leques aluviais à planície de maré.

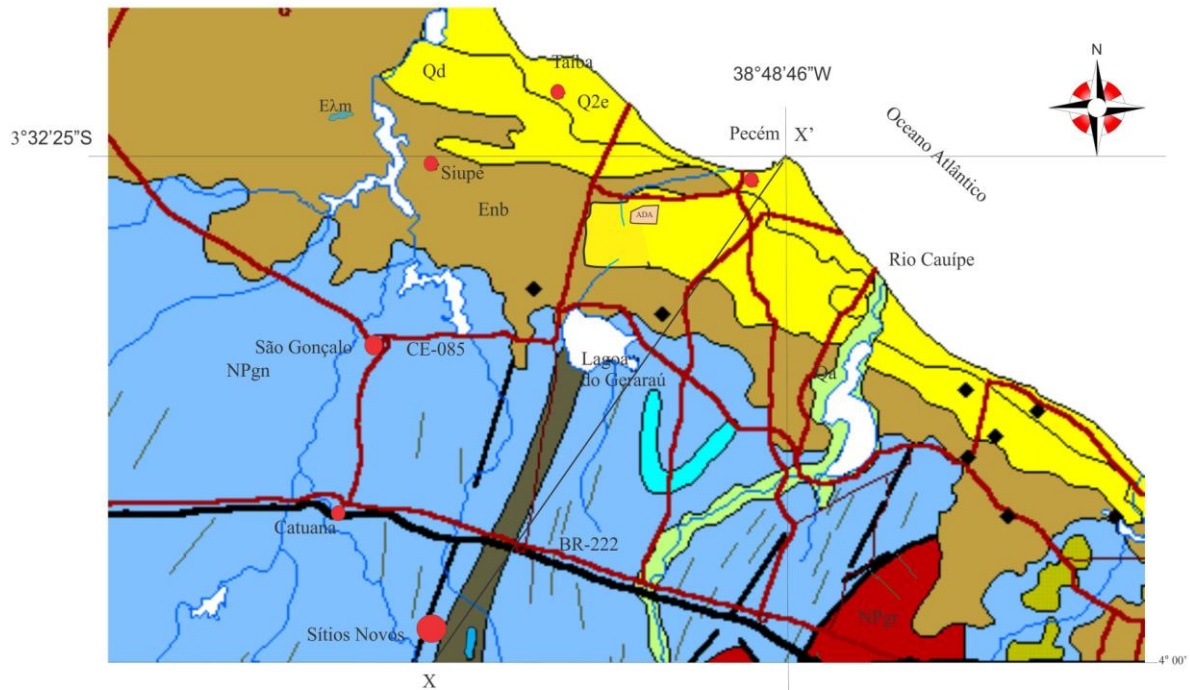
Sedimentos Quaternários

Os sedimentos quaternários que ocorrem no entorno da Ponta do Pecém, estão associados aos seguintes ambientes sedimentares: planícies lacustres, dunas, mangues, lagoas, lagunas, praias, arenitos de praias, borda de terraços holocênicos, cordões litorâneos e aluviões (continentais e fluviais).

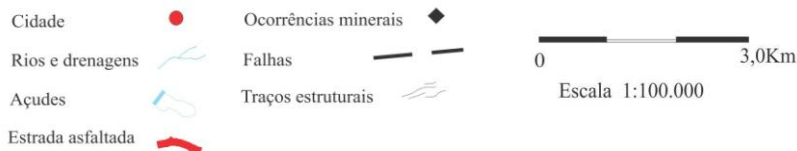
O primeiro trabalho tratando da sedimentação e transporte de sedimentos eólicos na costa do Ceará foi realizado por Morais & Souza (1971), seguido por outros como Morais & Pitombeira (1974) e Meireles & Gurgel (1994), tratando sobre dunas, aspectos geomorfológicos e geológicos dos sedimentos.

Enquadrados cronologicamente no período Quaternário na área direta de influência do porto são representados pelos sedimentos litorâneos, constituídos de arenitos de praias, cordões litorâneos, e dunas. As paleodunas são sedimentos formados pela ação dos ventos alísios fixados pela vegetação e repousam discordantemente sobre os sedimentos da Formação Barreiras, estando distribuídos aleatoriamente por toda a faixa litorânea. Formam frentes móveis e rampas de barlavento ativas e fixas, os sedimentos das dunas são disponibilizados principalmente devido a erosão eólica costeira formando as planícies de deflação. Estas, por sua vez, por formarem depressões, permitem o acúmulo de água no período chuvosos formando lagunas e lagoas costeiras.

Mapa Geológico da região do Pecém



Legenda



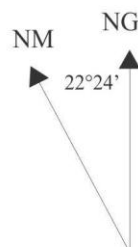
Articulação da Folha Topográfica

SA-24-Y-D-III	SA-24-Z-C-I	
SA-24-Y-D-VI	Folha Fortaleza	SA-24-Z-C-V
SB-24-V-B-III	SB-24-X-A-I	SB-24-X-A-II

Litoestratigrafia

Era		Litologia
Cenozóico	Qa	Aluvião fluvial
	Q2e	Dunas móveis
	Qd	Paleodunas
	Enb	Formação Barreiras
	Eλm	Vulcanismo Messejana
Neoproterozóico	NPgr	Granitos Neoproterozóicos
	NPgn	Grupo Ceará

Declinação Magnética



Situação da Folha no Estado

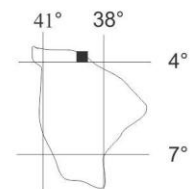


Figura 2. Mapa geológico esquemático da região de São Gonçalo do Amarante, Vila e porto do Pecém .

MORFODINÂMICA DA COSTA DA VILA DO PECÉM NO PERÍODO DA CONSTRUÇÃO DO TPP

Principais Subistemas e Ações Realizadas que Integram o Terminal na parte *ON SHORE*

As obras *on shore* tiveram importância muito grande na fase de construção do Terminal. O Terminal de Embarque Provisório – TEP trouxe graves problemas de erosão à praia da Vila de Pecém. A terraplanagem da área para implantação do Canteiro de Obras alterou de forma significativa o modelado geomorfológico local. As dunas que forneciam

o suprimento de sedimentos para manter equilibrada a dinâmica costeira das proximidades foram compactadas e ocupadas, perdendo a capacidade de cumprir sua função. A este fato associou-se outro tão ou mais significativo na geração de intensa erosão na praia frontal à Vila. O segundo fator de desequilíbrio veio com a construção do Terminal de Embarque Provisório – TEP (Imagem 1).

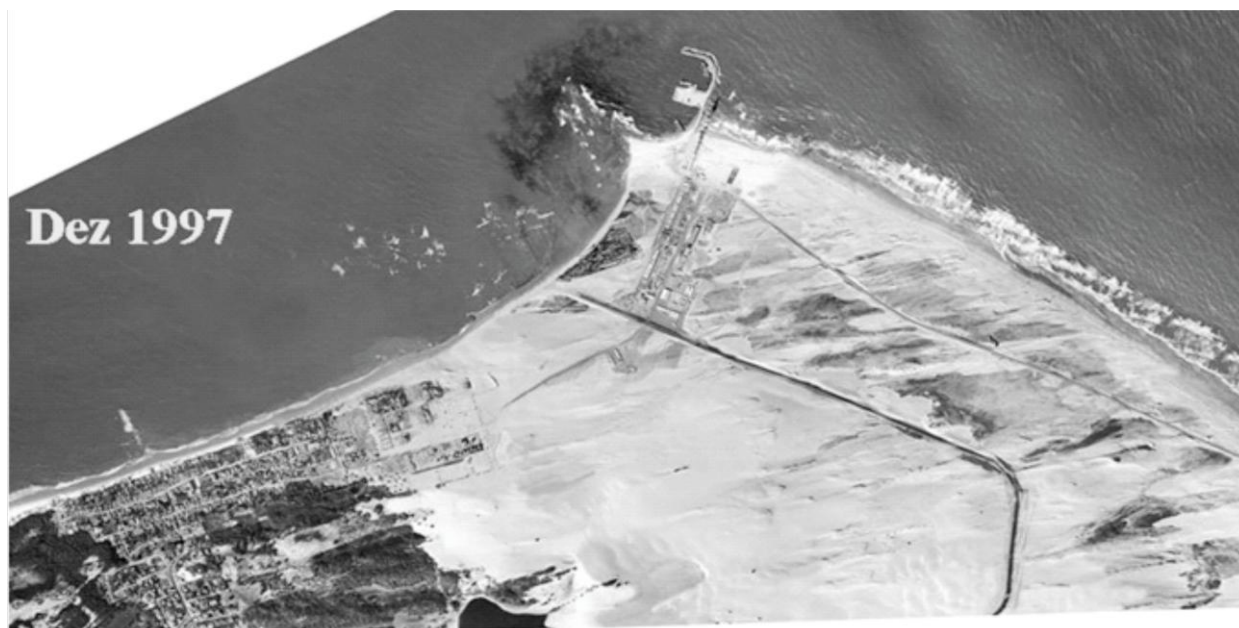


Imagem 1. Imagem de satélite da fase de implantação das estruturas litorâneas de suporte de construção do píer (1997). Fonte: Autor.

O TEP foi construído para atracação do Batelão e outras embarcações responsáveis pelo transporte de materiais, como pedra, para a construção do quebra-mar e de outras obras *offshore*. Além das pedras para enrocamento, os píers e a ponte foram construídos com peças pré-moldadas, concretadas no canteiro e depois transferidas para o local definitivo.

Houve a instalação do canteiro de obras, no Pecém, e simultaneamente, na pedreira. Foram

iniciadas as obras *on shore*. Iniciada a construção do TEP, seguida iniciaram-se as obras *offshore*. Com a pedreira em condições de fornecer o material com as especificações determinadas, iniciou-se o transporte das pedras que iam sendo embarcadas no TEP e transportadas para o local do quebra-mar (Foto 1).



Foto 1. Dique seco, aterramento lateral e início da implantação do píer com a fixação das estacas de ferro e consolidação seqüencial do acesso ao quebra mar. Terminal de Embarque Provisório.

A Foto 1 mostra o Terminal de Embarque Provisório funcionando, permitindo que a barcaça transporte os pré-moldados para instalação da ponte. As estacas de sustentação

das estruturas são preparadas em terra firme, transportadas e encravadas nos locais onde vão ser sustentáculo e que vão dar acesso ao quebra mar (Foto 2).

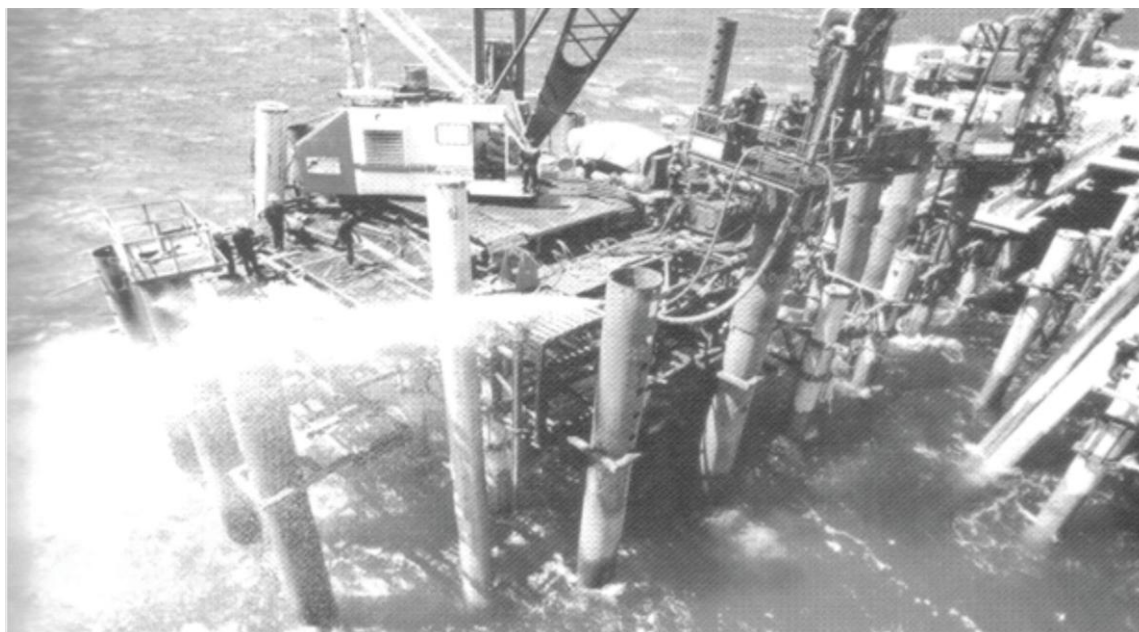


Foto 2. Fixação das estacas de sustentação da ponte sendo cravadas nos respectivos pontos de sustentação. Estacas de concreto premoldadas, vazadas, protendidas, Dext 80 cm, e=15 cm, em concreto tipo CAD, com $f_{ck} \geq 50$ MPa, com um pino embutido pelo menos 5,00 m na rocha sã e $D=45$ cm, perfurado com martelo de fundo de 17". Executadas do eixo 7 ao 17 (região com lamina d'água a partir da zona de arrebentação) da Ponte de Acesso, parte do Pier 1 e uma no Píer 2, totalizando 88 estacas.

Outra ação significativa e que certamente contribuiu na transformação da dinâmica costeira foram os transportes realizados por barcaças. As mesmas circulavam carregadas de matacões que recebiam de

carretas basculantes, no tamanho e peso especificados pelo projeto executivo, navegava ao ponto destino onde descarregava como mostrado na sequência na Foto 3.



Foto 3. Forma de descarga da barcaça, os matacões são liberadas pelo fundo do Batelão, que, ao abrir-se, provoca a queda do material.

Todas estas operações geram impactos significativos, alguns à biota, pois vão alterar o substrato e outras ao equilíbrio morfodinâmico da costa, mudando a batimetria, velocidade e direção das correntes e ondas. Entretanto, todas as atividades estavam previstas no EIA/RIMA e nas respectivas licenças ambientais da obra.

Esta fase trouxe transtornos aos moradores da Vila como exposição as ondas com necessidade de um enrocamento para proteção da mesma. Entretanto como impacto positivo gerou emprego para os moradores e para aqueles que ali vieram em busca de oportunidade de trabalho.

A MORFODINÂMICA DO AMBIENTE COSTEIRO DA VILA DO PECÉM APÓS A CONSTRUÇÃO DO TPP

Transporte Litorâneo de Sedimentos

O transporte de sedimentos é o agente principal nas mudanças batimétricas da área, portanto, é importante que se tenha noção de como se dá o transporte de sedimentos na região do estudo.

A solução de problemas dessa natureza está na maneira correta de considerá-los: faz-se o levantamento completo dos parâmetros físicos envolvidos, através de modelagens matemáticas ou físicas, estuda-se o comportamento da região costeira e, após a intervenção antrópica, passa-se a monitorar, continuamente, a zona do empreendimento ou de qualquer outra interferência.

O transporte litorâneo de sedimentos na área do Pecém ocorre, predominantemente, para oeste, seguindo os alísios e a corrente equatorial norte. A imagem de satélite a seguir mostra a conformação geográfica da costa cearense no trecho entre Fortaleza-Paracuru. Neste trecho do litoral o cristalino (embasamento) chega ao mar, formando alguns promontórios rochosos, o que promove a formação de pequenas enseadas. Isto ocorre devido a sedimentação ser influenciada pelas ondas e correntes que vão de leste para oeste, gerando uma área de refração com menor energia a sotavento do promontório (ou seja lado NW) sedimentando areia e formando praias com concavidades assimétricas (Imagem 2).

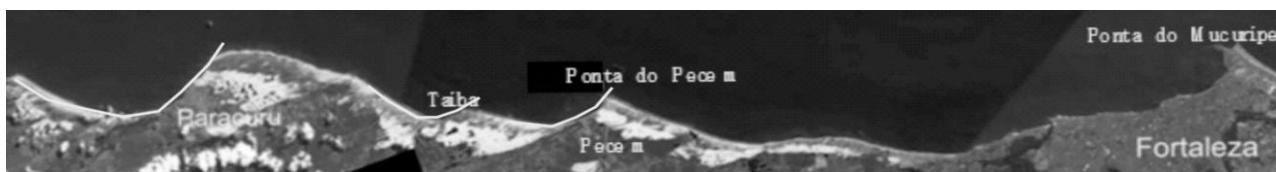
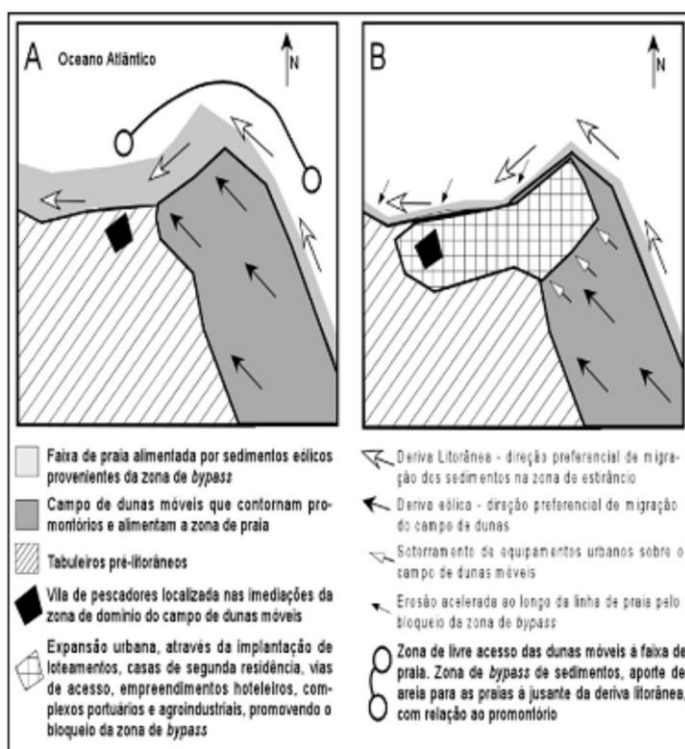


Imagem 2. Imagem de satélite mostrando a ocorrência de praias com concavidade voltada para oeste, devido a sedimentação de áreas com promontórios formados por rochas cristalinas. Fonte, autor, com imagem quick bird 0,60m de resolução

Os promontórios rochosos deste trecho da costa são: a Ponta do Mucuripe, Ponta do Pecém, Taíba e Paracuru. A costa do lado oeste do promontório tem forma curvada, enquanto que a do lado leste mantém o formato aproximadamente retilíneo. Esta configuração faz com que o transporte de sedimentos para a face oeste do promontório seja em menor velocidade devido a refração das forças, causando assim um maior volume de material sedimentado, levando há uma engorda da praia. Segundo Solares e Zuquete, (1997) e JICA (2004), o transporte litorâneo anual líquido, de sedimentos na área do Pecém, foi estimado em algo por volta dos 350.000m³/ano. Segundo ainda o mesmo estudo o transporte litorâneo de sedimentos para o oeste é causado por ambos os

tipos de ondas *sea* e *swell*. As ondas *sea* chegam à costa com grande ângulo, propiciam um forte transporte, de leste para oeste, da Ponta do Pecém. O mesmo não ocorre do lado oeste do promontório, o lado da “concavidade”. Aí o transporte é minimizado devido ao efeito de abrigo gerado pela própria Ponta do Pecém. A redução do transporte litorâneo e a modificação do formato da linha de costa, de, praticamente, reta no lado leste, para um formato côncavo no lado oeste do promontório, gera a acumulação de sedimentos neste lado do referido acidente geográfico. No domínio da onda *sea*, um banco de areia é criado a sotavento da Ponta do Pecém conforme exposto na Figura 3.



Modelos de zonas de *bypass* de sedimentos em promontórios: A) As dunas móveis contornam o promontório e alimentam a praia, através um aporte regular de sedimentos. B) Bloqueio do *bypass*, ocasionado pela expansão das vilas de pescadores e implantação de loteamentos, casas de segunda residência, hotéis, vias de acesso e empreendimentos portuários e agroindustriais. A fixação das dunas móveis acarreta um déficit de areia na linha de praia, provocando a instalação de processo erosivo acelerado. Os impactos ambientais estão relacionados diretamente com danos aos equipamentos públicos e privados (destruição de casas de veranistas, vias de acesso, etc.) sobre a bermã, perda da qualidade de balneabilidade da praia e supressão dos portos de jangadas.

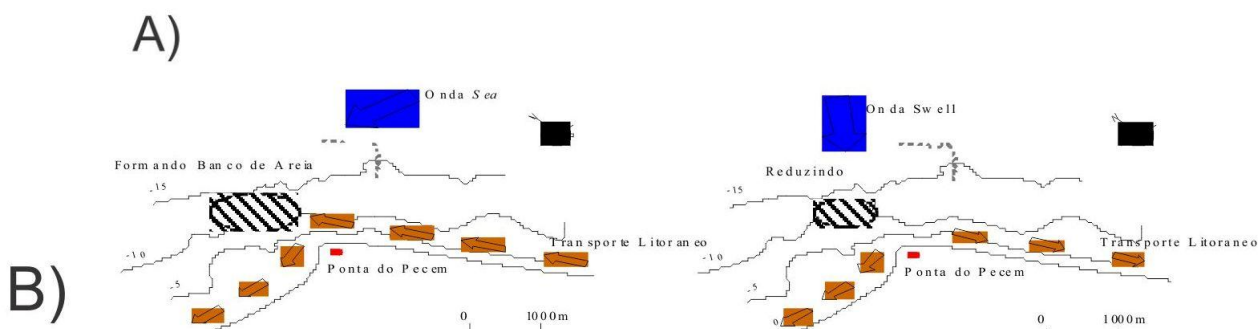


Figura 3. A) Esquema mostrando o transporte de sedimentos no promontório. As ondas *swell* que atuam no lado oriental da Ponta do Pecém causam transporte de sedimentos, dirigido para leste, enquanto que no lado ocidental o movimento é para oeste. Desta forma, este padrão de transporte

neutraliza a acumulação de sedimentos ao redor do promontório. A atuação das ondas swell faz com o transporte líquido de sedimentos do lado oriental diminua. Do lado ocidental, as ondas swell geram o transporte para o oeste. B) padrão do transporte litorâneo para ondas sea e swell. Fonte: Meireles & Gurgel, 1994 e JICA, 2004.

MONITORAMENTO DA LINHA DE COSTA NA VILA DO PECÉM

Levantamento da Linha de Costa Através da Análise de Imagens de Satélites

A forma do Porto, seu *design*, com *piers offshore*, ligados por uma ponte, com cerca de 2.800m foi assim concebida para minimizar a influência sobre o transporte litorâneo de sedimentos para o oeste. O tema foi abordado com ênfase em estudos realizados pela *Japan International Cooperation Agency* (JICA) quando elaborava um plano para

desenvolvimento do Terminal Portuário do Pecém, em 2004.

O processo de análise das alterações da linha de costa pelas imagens de satélite consistiu-se em :
 - preparar uma série histórica de imagens, devidamente georreferenciadas, traçar a linha de costa em cada e, depois, comparar os resultados. Traçando-se a linha de costa em cada uma das imagens, de 12 a 15, datadas de 2001 a 2005 (Figura 4).

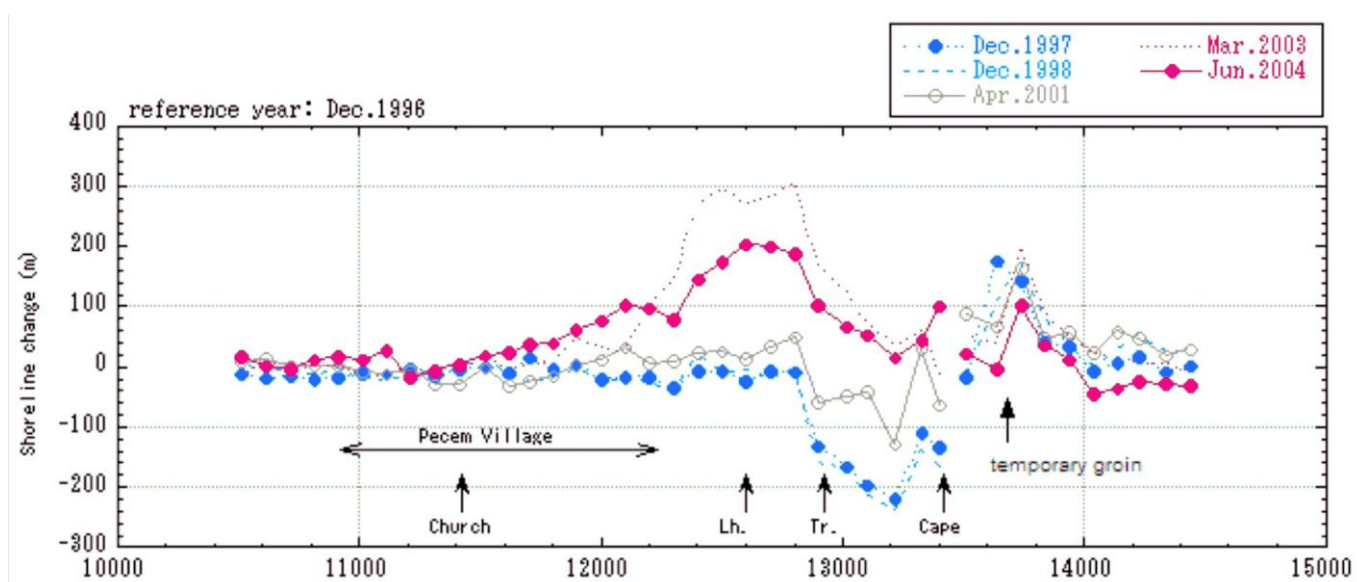


Figura 4. Mudança da Linha da Costa Obtida Através do Monitoramento desde 2001 até 2005 (Fonte, do autor)

Observando-se o traçado das linhas da costa, pode-se perceber que as maiores alterações ocorreram no entorno da Ponta do Pécem e porção leste da vila. Nos demais

pontos do traçado as linhas mostram, praticamente o mesmo comportamento (Figura 5 e 6).



Imagens 3 e 4. (3)Imagens de satélite do período de março de 2001(4) até dezembro de 2001. Notar sedimentação a sotavento do promontório do Pecém.Fonte-autor.



Imagens 5 e 6. (5) Imagens de (5) 2004 e (6) 2005 mostrando significativa engorda de praia a sotavento do porto e a leste da Vila do Pecém, formação de pequenas lagunas costeiras e cordões arenosos paralelos a linha de costa.Fonte – autor.

As imagens mostram que ocorreu no pós porto um aumento da sedimentação arenosa, provocando um recuo do mar na parte da vila que sofria ação de erosão. Antigas medidas de contenção do mar como a

colocação de enrocamento no *front line* da vila do Pecém são agora soterrados pela sedimentação atual (marinha e eólica), excluindo assim a possibilidade de invasão da maré na vila (Foto 4).



Foto 4. Calçadão da Vila do Pecém com enrocamento feito de blocos de rochas, atualmente soterrado, anteriormente servia de proteção contra a ação das ondas. Fonte-autor.

Monitoramento da Linha de Costa pelo Método dos Perfis de Praia

A utilização de modelos matemáticos na construção do TPP permitiu analisar, previamente, os impactos que a implantação do TPP traria à Zona Costeira da Região. Dessa forma, os pontos onde as variáveis oceânicas atuavam foram identificados e com eles, conhecidas as vulnerabilidades ambientais do projeto. Então, foi possível mitigar ou eliminar os danos potenciais por meio da inclusão de novos elementos físicos ao empreendimento. Com essa tecnologia de planejamento os técnicos do projeto puderam prever o volume de sedimentos movimentado ao longo da costa, verificando a influência desta movimentação sobre as feições praias locais.

O estudo do INPH deixou como recomendações:

Dar continuidade às medições de onda com medidor direcional, com o intuito de melhor caracterizar a coexistência de ondas dos tipos sea e suwell, e suas influências no layout portuário; Definir com mais detalhe o perfil dos fundos, através de levantamentos batimétricos entre Pecém e Taiba, com o intuito de verificar o comportamento da linha de costa, fase à obra do TPP; Dar prosseguimento aos estudos com modelos físicos ou matemáticos para as ondas provenientes de 20 a 45° N, visando verificar a distribuição das alturas residuais no interior do recinto portuário à medida que tenha sido definida a frequência anual dessas ondas.

Segundo Dominguez e Bittencourt (1996):

“a linha de costa é uma das feições mais dinâmicas do planeta. Sua posição no espaço muda constantemente. A posição da linha de costa é afetada por um número muito grande de fatores, alguns de origem natural, outros relacionados a intervenções humanas na zona costeira. Como resultado da interação entre estes vários fatores, a linha de costa pode avançar mar adentro, recuar em direção ao continente, ou permanecer em equilíbrio. Quando a linha de costa recua em direção ao continente, diz-se que a mesma está experimentando erosão. O fenômeno da erosão pode resultar em prejuízos econômicos bastante elevados para as comunidades costeiras”.

O ponto inicial S0 se localiza na Ponta do Pecém (Tabela 1), acidente geográfico de fácil identificação. Os demais pontos, a este (E) e oeste (W) são representados pela letra S (seção) o numeral correspondente à sequência e

as letras E ou W, correspondendo à posição do referido ponto. Por Exemplo, S2E, o segundo ponto a este da ponta do Pecém (S0) ou ainda S5W, o quinto ponto a oeste de SO. O levantamento altimétrico das seções

monitoradas adotou como RN, o nível de referência estabelecido pelo INPH/DHN,

segundo o esquema mostrado na Figura 5.

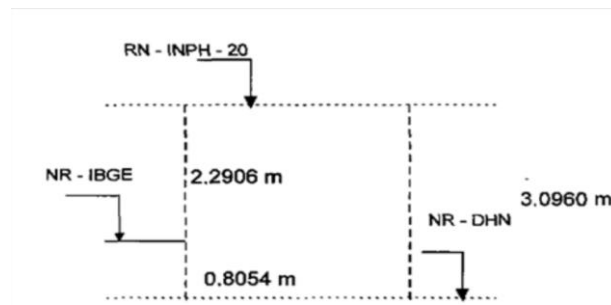


Figura 5. Cotas utilizadas para o monitoramento dos perfis de praia. Fonte/ INPH 91/97

Tabela 1. Linhas de perfis de praia, Vila do Pecém. Fonte-autor.

COORDENADAS DOS VÉRTICES DA POLIGONAL IMPLANTADA NO DÉCIMO TERCEIRO LEVANTAMENTO

PONTOS	N	E	COTASmm
S0	9608263,6903	520909,5782	3821
S1E	9608175,5948	520972,0077	3802
S2E	9608131,8722	521092,7690	3628
S3E	9608033,6634	521111,0224	4415
S4E	9607957,3867	521175,8601	6302
S5E	9607923,7000	521270,1715	6881
S6E	9607842,1097	521328,0231	5703
S7E	9607760,5290	521385,8817	5987
S8E	9607687,0947	521437,8245	4510
S9E	9607597,2861	521501,6573	4230
S10E	9607515,4977	521559,6826	3996
S1W	9608159,2062	520832,4185	3821
S2W	9608111,4751	520777,3355	4606
S3W	9608039,0681	520690,5556	3503
S4W	9607970,9389	520599,4071	5203
S5W	9607948,7089	520516,0235	4780
S6W	9607923,8452	520404,6645	4776
S7W	9607909,2000	520305,4000	4460
S8W	9607902,7793	520204,6908	3920
S9W	9607894,0000	520106,2000	3715
S10W	9607885,9000	520007,3000	3617
S11W	9607877,6000	519906,7000	3500
S12W	9607881,6000	519807,1000	3510
S13W	9607880,3000	519707,1000	3314
S14W	9607880,5000	519605,9000	4454
S15W	9607878,1000	519507,4000	3896
S16W	9607875,4773	519403,5031	3810
S17W	9607898,5467	519310,5390	4227
S18W	9607903,1265	519208,5607	4295
S19W	9607914,3082	519129,4772	4374
S19AW	9607894,5723	519102,0121	5090
S20W	9607909,1100	519002,9967	4305

O monitoramento da linha da costa nas circunvizinhas do Terminal de Pecém, num trecho com a extensão de 4 km, vem sendo continuamente realizado. Ora através da execução de perfis topográficos, transversais à linha de praia, ora pela análise de fotos aéreas e imagens de satélite. Esse trabalho teve seu início no período de elaboração do projeto e atualmente a cada dois meses a CEARAPORTOS faz o levantamento planialtimétrico da Linha de Praia do Pecém, executando perfis nos pontos pré-estabelecidos.

O litoral no trecho Pecém-Taiba apresenta a conformação mostrada nas imagem 2 e 3. Foram monitorados 31 pontos propostos pelo INPH, distantes 100m um do outro. Atualmente são monitorados 8 pontos, distando 400m entre um e outro, no lado oeste do Terminal. Os dados levantados na série

histórica como atualmente mostram um avanço da linha de praia, como constatado nas imagens de satélite.

A Figura 6 mostra os perfis que foram elaborados com os dados obtidos nos monitoramentos realizados nos anos: 2005, 2006, 2007, 2008 e 2009, no PONTO S16. Comparando as curvas dos perfis de novembro de 2005 e outubro do ano de 2006, é visível que a linha de costa da área, em estudo, não apresentou variações notórias. As curvas de cores preta e lilás se encontram no mesmo ponto sobre o eixo dos X, o que significa dizer que assumem o mesmo valor, ou seja a linha de praia estava no mesmo lugar, em novembro de 2005 e em outubro de 2006. Neste trecho foi verificado que a feição praial está mais espessa na curva de novembro de 2005 que na de outubro de 2008.

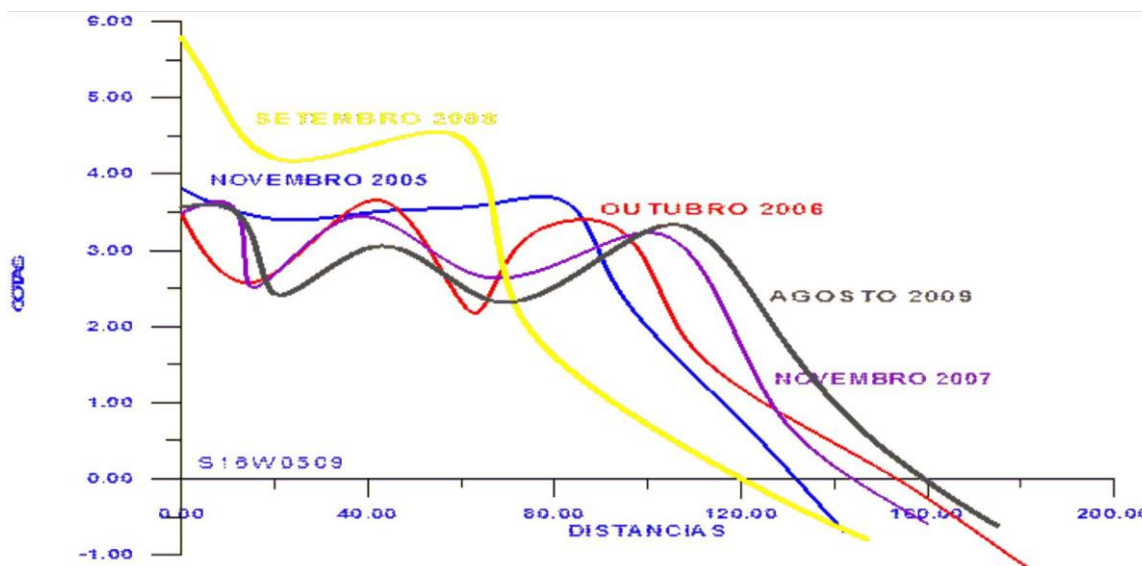


Figura 6. Perfís de praia entre 2005 até 2009 ponto S16, mostrando um engordamento da extensão de praia na frente da Vila do Pecém. Fonte: Autor.

Teria ocorrido uma redução de volume de sedimentos. Analisando-se a situação apresentada pelos perfis de 2007, 2008 e 2009, é notório que houve variação da linha de costa entre os meses de novembro de 2007 e setembro de 2008 e 2009. Observando-se os perfis dos quatro primeiros anos do estudo, vê-se que o engordamento já se inicia em 2006,

pois entre outubro desse ano e novembro de 2007 a feição praial aumentou por volta dos 75m. Outros pontos também confirmam este engordamento com variações sazonais de perda e ganho de sedimentos, porém o somatório geral é positivo em relação a linha de costa a qual esta sofrendo um constante recuo.

CONCLUSÕES

O planejamento da construção do porto foi realizado de forma correta uma vez que o equilíbrio do sistema costeiro da Vila do Pecém

encontrava-se em equilíbrio e atualmente encontra-se com propensão ao aumento da praia

nas proximidades da Vila do Pecém, como mostrado nos dois métodos utilizados.

Ocorreram dois momentos diferentes em relação à sedimentação/erosão costeira da área. No período de construção do terminal temporário as alterações ambientais promoveram erosão costeira na vila. No período pós construção passou a ocorrer uma maior sedimentação com aumento da linha de costa na área da vila devido ao aporte de sedimentos.

A variação da sedimentação deve-se a mudanças do fluxo costeiro, controlado por ondas e correntes (energia do ambiente), uma vez que as fontes dos sedimentos não foram alteradas, tais como: planície de deflação, dunas móveis.

Na análise ambiental, a Vila do Pecém está sofrendo um impacto positivo, com

proteção de sua linha de costa devido ao engordamento da praia. Contudo sua zona marinha sofre assoreamento com diminuição da batimetria e provavelmente uma alteração dessas curvas no decorrer dos anos já esteja ocorrendo.

A engorda da praia protegeu a vila, porém formou uma praia mais larga e com isto maior área para retirada de sedimentos por meio eólico, que na região é intensa. Isto pode acarretar em transporte de sedimentos eólicos para oeste, formando áreas de dunas onde anteriormente não existia, soterrando áreas costeiras urbanas ou naturais. Sugerimos neste caso que além do monitoramento dos perfis de praia, é que a CEARAPORTOS averigue no seu monitoramento este possível processo/impacto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARAI, M.; UESUGUI, N.; ROSETTI, D. F.; GOES, A. M. - Considerações sobre a idade do Grupo Barreiras no nordeste do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35.1988. Belém. **Resumo**, Belém: SBG. v. 2, p. 738-752. 1988.
2. BRANNER J.C. On the occurrence of fossil remains of mammals in the interior of the States of Pernambuco and Alagoas, Brazil. **The American Journal of Science**, 13: 133-137. 1902.
3. BROWN, A. C & MCLACHLAN, A. **Ecology of Sandy Shores**. Ed. Elsevier, London, 328pp. 1990.
4. CAMPOS, M., BRAGA, A. P. G., MELLO, A. A., SOUZA, E. M., SILVA, F. A. F & FRANÇA, J. B. **Projeto Rio Jaguaribe**. Brasília. MME-DNPM-Série Geologia nº 4. 149p. 1979.
5. DER. Departamento Estadual de Rodovias. **Mapa Rodoviário e Político do Estado do Ceará**. Governo Federal. 2010.
6. DOMINGUEZ, J. M. L. & BITTENCOURT, A. C. S. P. - Regional assessment of long-term of coastal erosion in northeastern Brazil. *Anais Academia Brasileira de Ciências*, 68(3): 355-371. 1996.
7. JICA. Japan International Cooperation Agency - The study on Pecem Industrial and Port Complex, Development Plane. 2004.
8. MAIA, L. P. **Controle tectônico e evolução geológica/sedimentar da região da desembocadura do Rio Jaguaribe**. 144p. Dissertação Centro de Tecnologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1993.
9. MEIRELES, A. J.A & GURGEL Jr., J.B. Dinâmica costeira em áreas com dunas móveis associados à Promotórios ao longo do litoral Cearense. **Resumos**. 38 congressos Bras. de Geol. Balneário de Camburiú/SE v. 1 p.403.1994.
10. MORAIS, J.O. & SOUZA, J. V. Transporte e sedimentação das dunas no Município de Fortaleza (Ceará) **Est. Sedimentologia**. Natal 1 (1): 73-81, 1971.
11. MORAIS, J.O. & PITOMBEIRA, E. S. Processo Migratório na desembocadura do Rio Maceozinho/Fortaleza. **Bol. Ciênc. Mar. Fortaleza** 27: 1-9. 1974.
12. SMITH, A.J. & MORAIS, J.O. Estudos preliminares sobre a geologia ambiental costeira do Estado do Ceará, nordeste do Brasil. **Arquivos Ciências do Mar**, Fortaleza, 23: 85-96. 1984.
13. SOLARES, J.Q.S. & ZUQUETTE, L.V. Some geological / geotechnical environmental problems in the coastal zone of Fortaleza, Ceará State, Brazil. **Abstract In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENGINEERING GEOLOGY AND THE ENVIRONMENT**, Athens, Greece, June 23-27, 1997. *Proceedings*. Rotterdam, Balkema, v.2, p.1451-1454. 1997.
14. VIEIRA, L. A. de A., PITOMBEIRA, E. da S., SOUZA, R. O. de. Comprovação das alterações da linha de costa e de transporte de sedimentos na área costeira do Porto do Pecém. **XVII Simp. Bras. Rec. Hídricos**. P1-17. 1997.

*Manuscrito recebido em: 28 de Setembro de 2011
Revisado e Aceito em: 04 de Outubro de 2013*