

VARIAÇÃO MORFOLÓGICA DO CORDÃO LITORÂNEO ASSOCIADO À FOZ DO RIO JUCU (ES)

Morphological Changes of a Sand barrier associated to Jucu river mouth (ES)

Miquelina Aparecida Deina

mdeina@gmail.com

Bacharel em Geografia pela UFES

Mestranda em Geografia na UFES

Alex Cardoso Bastos

alex@derm.ufes.br

Doutor em Oceanografia Geológica pela Southampton University - Inglaterra

Professor do Departamento de Oceanografia e Ecologia da UFES

Valéria da Silva Quaresma

vdsq@terra.com.br

Doutora em Dinâmica Sedimentar pela University of Southampton – Inglaterra

Professora do Departamento de Oceanografia e Ecologia da UFES,

Resumo

O objeto de estudo desta pesquisa, o cordão litorâneo associado à foz do Rio Jucu, situa-se no município de Vila Velha - ES. O objetivo principal foi verificar a variação morfológica do cordão, no tempo e no espaço, e a contribuição do aporte de sedimentos fluviais para a sua formação. Sua realização contou com a análise de fotos aéreas históricas do local; análise das séries temporais históricas da vazão; coleta de sedimentos e sua análise. Os resultados indicaram forte tendência de redução na largura do cordão nas últimas décadas e que ambiente recebe grande influência das ondas e correntes costeiras, exercendo a ação fluvial papel secundário na constituição e variação morfológica do cordão litorâneo.

Palavras chaves:: Cordão litorâneo, Barra do Jucu, Geomorfologia costeira

Abstract

The object of this study is the sand barrier associated to the mouth of Rio Jucu, located in Vila Velha - ES. The main objective was to assess the morphological variation of the barrier, in time and space, and the contribution of fluvial sediment supply to its dynamics. The study was carried out using the analysis of historical aerial photos, river discharge time series and sediment sampling. The results showed a strong tendency towards a reduction in the width of the barrier during the last decades and that the barrier dynamics is strongly influenced by waves and coastal currents. River discharge plays a secondary role in the formation and morphological variation of the barrier.

Keywords: Coastal Barrier, Rio Jucu, Coastal Geomorphology.

INTRODUÇÃO

As zonas costeiras, devido a sua localização geográfica na interface continente oceano constituem-se em regiões sujeitas a contínuas alterações morfodinâmicas. Estas alterações possuem grande variabilidade temporal e espacial em função de processos continentais e marinhos que englobam entre outros, a dinâmica erosiva e deposicional, associada à ação de ondas, marés, correntes costeiras e também a ação fluvial (SILVA et al., 2004).

Ambientes costeiros associados à foz de rios estão igualmente sujeitos a constantes alterações morfodinâmicas, originados tanto por processos fluviais como marinhos. É o caso dos deltas ou pseudodeltas brasileiros classificados por Muehe (2005) como construtivos ou destrutivos de acordo com os processos fluviais ou marinhos (ondas e marés) respectivamente predominantes. Segundo Dominguez (2009), as desembocaduras dos principais rios da costa leste do Brasil podem, por exemplo, ser caracterizadas por deltas dominados por ondas, como é o caso dos rios Doce e Paraíba do Sul, pois devido às condições físicas da região estes rios são os maiores supridores de sedimentos desta zona costeira.

Neste sentido, de acordo com Muehe (2005, p. 291) avaliar a “[...] contribuição efetiva de sedimentos arenosos trazidos pelos rios passa a ser um elemento importante para a compreensão do papel da sedimentação fluvial na estabilidade de áreas costeiras”.

Portanto, conhecer os agentes que atuam na variação morfodinâmica e espaço-temporal das diferentes regiões costeiras é de extrema importância, em especial para esse estudo, aquelas associadas às desembocaduras de rios. Pois assim é possível estabelecer cenários e modelos acerca do comportamento desses ambientes, fator fundamental para o planejamento do seu uso e ocupação e para o desenvolvimento de projetos de engenharia que venham a interferir na dinâmica sedimentar costeira (SILVA et al., 2004).

A foz do rio Jucu localizada na praia da Barra do Jucu, município de Vila - ES, constitui-se num bom exemplo desses ambientes. Esta é caracterizada como uma região de sedimentação localizada diretamente na linha da costa, sendo constituída por um ambiente com descarga fluvial e características estuarinas que apresenta um cordão litorâneo em uma de suas margens

e um afloramento rochoso na outra. É, portanto, um local que merece atenção especial, visto que situa-se numa região altamente mutável em função da sua localização geográfica.

Assim, o artigo a ser apresentado tem como objeto de estudo principal a constituição e variação morfológica do cordão litorâneo associado à foz do rio Jucu. Este estudo compreende a análise histórica das variações morfológicas ocorridas neste local e sua relação com a descarga líquida do rio, feita por meio da análise de fotografias aéreas históricas e séries temporais também históricas da vazão do rio, além de contar com a análise da atual contribuição do aporte de sedimentos fluviais na constituição e variação morfológica do cordão litorâneo, através de análise sedimentológica.

1. AMBIENTES COSTEIROS E A ANÁLISE SEDIMENTAR

1.1 Praias, cordões ou barreiras arenosas associados a ambientes estuarinos

As praias e os cordões ou barreiras arenosas constituem o ambiente frontal de muitos sistemas costeiros como, por exemplo, os estuários e as lagunas (SILVA et al, 2004). De acordo com Muehe (2005, p. 282) a praia “[...] é a parte frontal, oceânica, de uma feição geomorfológica em forma de terraço, quando apoiada em uma escarpa mais elevada, ou em forma de cordão ou barreira, de extensão lateral geralmente muito maior do que em largura [...]”. Estes últimos são feições alongadas paralelas à linha de costa, podendo atingir vários quilômetros de extensão (SILVA et al., 2004).

O uso dos termos cordão ou barreira arenosa é motivo de algumas confusões quanto à definição e classificação, visto que são utilizados em muitos casos para descrever feições originadas por diferentes processos e com diferentes morfologias.

Conforme citado por Silva e outros (2004, p.196), por exemplo, os cordões ou barreiras arenosas podem ter sido originados: pelo “[...] crescimento vertical de barras submarinas (BEAUMONT; JOHNSON); crescimento lateral de pontais arenosos (GILBERT; FISHER); e afogamento de praias e dunas costeiras durante eventos de subida do nível do mar (HOYT)”.

Mais tarde Schwartz, citado por Hesp e Short (1999), considerou que as barreiras podem ser formadas por múltiplos processos sob determinadas condições. Silva e outros (2004) afirma ainda que não existe uma única definição e classificação para os ambientes costeiros, visto que estas podem variar em função da escala de aproximação e conseqüentemente em função das finalidades do estudo a ser realizado.

Quanto aos estuários, estes estão presentes em muitos ambientes costeiros e frequentemente encontram-se associados à presença de um cordão arenoso como no caso deste estudo. Sua origem está ligada ao afogamento da linha da costa em decorrência da elevação relativa do nível do mar e são ambientes que atuam como depósitos efetivos de sedimentos de origens variadas, desde sedimentos da bacia de drenagem, plataforma continental, atmosfera, erosão dentro do corpo estuarino, além de sedimentos provenientes da atividade biológica (SILVA et al, 2004).

Segundo a definição de Pritchard (1967, apud SILVA et al, 2004), os estuários “[...] são corpos d’ água, semiconfinados, onde ocorre a mistura da água doce vinda do continente, com a água salgada do oceano”. Dalrymple (1991), por sua vez, define estuário como a porção do limite oceânico de um sistema de vale inundado que recebe sedimento de origem tanto fluvial como marinha e que contém fácies influenciadas pelas marés, ondas e processos fluviais.

Nota-se, portanto, que os diferentes ambientes costeiros, em especial àqueles associados a desembocaduras de rios, como no caso do presente estudo, possuem dinâmicas de constituição, variação espaço-temporal bastante complexas, visto que são ambientes influenciados por múltiplos processos (fluviais e marinhos), o que requer estudos criteriosos para compreender sua evolução no espaço e no tempo.

1.2 Análise sedimentológica na identificação de padrões de sedimentação costeira

A sedimentologia, conforme a definição de Wadell e citado por Dias (2004) como a melhor e mais simples definição originalmente proposta, dedica-se ao estudo científico dos sedimentos. Suguio (2003, p.2), por sua vez, define a sedimentologia como “[...] o estudo dos depósitos sedimentares e suas origens”.

Alguns autores acham necessário separar o termo sedimentologia para se referir às propriedades físicas dos sedimentos, como textura, dimensão e forma das partículas e utilizar o termo dinâmica sedimentar para se referir aos processos, como remobilização, transporte e deposição das partículas. Dias (2004), por exemplo, considera importante uma definição precisa para o termo “sedimento”, visto que este é abrangente e muitas vezes mal definido. Pois, ao mesmo tempo é utilizado para designar material depositado e/ou partículas que ainda não foram depositadas, como por exemplo, os sedimentos em suspensão. Assim, para o referido autor a definição mais adequada de sedimento é a que se refere a este apenas como conjunto de partículas que de alguma forma estão relacionadas entre si.

O estudo dos sedimentos permite identificar as principais características do ambiente, como por exemplo, o local onde as partículas foram produzidas, por onde foram transportadas e/ou remobilizados, até o local onde foram depositadas (DIAS, 2004).

Para estudar os depósitos sedimentares e a dinâmica sedimentar que os originou é fundamental a análise das propriedades físicas dos sedimentos. Entre os parâmetros mais utilizados nesta análise estão a densidade, o tamanho, a forma e a rugosidade da superfície das partículas, além da granulometria dos sedimentos (DIAS, 2004). Porém, Dias (2004) afirma que a propriedade mais relevante é a dimensão das partículas, pois esta permite deduzir indicações preciosas a respeito da proveniência, do transporte e dos ambientes deposicionais.

Neste sentido, a análise granulométrica é utilizada para determinar as dimensões das partículas das amostras e pode ser feita através de vários métodos, e no tratamento estatístico dessa informação. Entre os parâmetros estatísticos mais utilizados na análise granulométrica estão a média, o desvio padrão e a assimetria.

A média granulométrica é entre as medidas de tendência central a mais importante, pois permite identificar, por exemplo, qual a classe granulométrica mais frequente na distribuição, além de permitir a comparação entre as amostras (DIAS, 2004). A média pode ser afetada pela fonte de abastecimento do material, pelo processo de deposição e pela velocidade da corrente (SUGUIO, 1973).

O desvio padrão, por sua vez, é uma medida de dispersão que expressa a maior ou menor concentração de partículas em torno da média, ou seja, indica o grau de selecionamento dos sedimentos e em geral, traduz a constância ou irregularidade dos níveis energéticos (DIAS, 2004). Entre os fatores que influenciam na seleção dos sedimentos estão, a natureza da rocha fonte, o grau de turbulência do agente de transporte, a distância e o tempo de duração do transporte, além da quantidade de abrasão (MENDES, 1984).

Já a assimetria expressa o enriquecimento da distribuição granulométrica em partículas grosseiras ou em partículas finas, indicando o quanto a curva se afasta da distribuição normal (DIAS, 2004). Para Mendes (1984) a assimetria é útil na caracterização do sedimento e na análise ambiental, pois permite indicar as variações da energia cinética do ambiente.

Outra importante propriedade física a ser analisada nos sedimentos se refere a densidade dos minerais, além do tipo de mineral encontrado nas amostras de sedimentos, como por exemplo, os minerais pesados e os carbonatos, que são importantes indicadores da origem das partículas sedimentares, assim como importantes traçadores da dinâmica sedimentar (DIAS, 2004).

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

A foz do rio Jucu localiza-se na praia da Barra do Jucu no município de Vila Velha/ES, e pertence à Bacia Hidrográfica do rio Jucu. Esta compreende uma superfície de 2.032 km² e fazem parte desta os municípios de Domingos Martins, Marechal Floriano, Viana, Vila Velha, Cariacica, Guarapari e Vitória. Seus principais afluentes são os rios: Jucu Braço Norte, Jucu Braço Sul, Barcelos, Ponte, Melgaço, D'antas, Jacarandá, Ribeirão Tijucu Preto e Córrego Biriricas (INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, acesso em 5 nov. 2007). O rio Jucu Braço Norte nasce na região serrana do município de Domingos Martins e seu curso se desenvolve numa extensão aproximada de 166 km até desaguar no município de Vila Velha, na praia da Barra do Jucu (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, acesso em 25 ago. 2007). O local da desembocadura é caracterizado como um ambiente de sedimentação estuarino localizado diretamente na linha da costa, associado à

presença de um cordão litorâneo na margem esquerda da foz, sendo este interrompido por um afloramento rochoso na margem direita da mesma.

As condições físicas predominantes na área da Bacia são bastante distintas. O clima, com base na classificação de Köppen (VALE, 2004), é constituído por dois tipos principais, o tropical quente e úmido, localizado na região litorânea da bacia, onde são registrados um dos menores índices de precipitações, e o tropical de altitude (mesotérmico), que se encontra na região serrana e está dividido em: mesotérmico sem estação seca (Cf), situado na parte central da bacia, onde se localizam as maiores cotas altimétricas e os maiores índices pluviométricos; e, o mesotérmico com estação seca (Cw), localizado mais a oeste da área em estudo, onde são registrados os menores índices pluviométricos, além da presença de verões mais quentes (HABTEC ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1997).

Dezembro a março são os meses onde se registra o período de águas altas do rio, com as maiores vazões concentradas, principalmente, em dezembro. Enquanto nos meses de julho a setembro estão os períodos de estiagem, com vazões mínimas ocorrendo frequentemente em agosto e setembro. Em geral, essas descargas acompanham os índices de precipitação (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, acesso em 25 ago. 2007).

Em relação aos aspectos geológicos e geomorfológicos da área da bacia hidrográfica do rio Jucu, de acordo com o Projeto RADAMBRASIL (1983), o primeiro é representado por rochas com idades que variam desde o Pré-Cambriano até o Terciário-Quaternário/recente, havendo grandes lacunas estratigráficas do Paleozóico ao Mesozóico e, o segundo é representado basicamente por dois domínios morfoestruturais: os Depósitos Sedimentares e os Dobramentos Remobilizados. As rochas com idades do Pré-Cambriano são representadas em sua maioria pelo Complexo Paraíba do Sul que abrange quase a totalidade da área desta bacia, sendo a sua geomorfologia dominada pelos Dobramentos Remobilizados. Estes se constituem de uma pequena faixa de colinas e maciços costeiros distribuídos nas várzeas do rio e pelos Patamares Escalonados do Sul Capixaba que representam a maior área da bacia, se estendendo desde as proximidades do litoral, no sentido E-W, até o extremo oeste do município de Domingos Martins. Já a área litorânea é representada por unidades geológicas que datam do Terciário ao Quaternário recente. O Terciário dominado pelas formações do

Grupo Barreiras, localizadas ao sul da foz do rio Jucu ao longo do litoral, constituídas por arenitos e sedimentos areno-argilosos com laterização e que correspondem, em relação à geomorfologia do local, ao Domínio dos Depósitos Sedimentares representados pelos tabuleiros costeiros. Nas proximidades da foz do rio estão presentes os sedimentos marinhos que datam do Quaternário e constituem as restingas e os cordões litorâneos presentes na região e, os depósitos aluvionares, representados basicamente por sedimentos argilo-arenosos localizados nas várzeas do baixo curso do rio. Ambos estão presentes no domínio geomorfológico dos Depósitos Sedimentares constituídos pelas planícies costeiras.

De modo geral, podemos constatar que a região da bacia hidrográfica do rio Jucu possui um relevo bastante acidentado, o que constitui dois conjuntos orográficos bastante distintos: o domínio serrano e o domínio da baixada. O domínio serrano constituído pelos maciços costeiros e montanhas, principalmente na parte central da bacia, enquanto o domínio das baixadas, é representado pelos tabuleiros e planícies costeiras.

O tipo predominante de solo presente na área de abrangência da bacia do rio Jucu (HABTEC ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1997), é o Latossolo Vermelho-Amarelo que se estende deste a parte baixa da bacia até suas nascentes. São solos profundos, com transição entre horizontes gradual ou difusa e textura (ou granulometria) uniforme. Há pequena diferenciação entre os horizontes, tanto em relação à cor quanto à textura (LEPSCH, 2002). Na porção litorânea estão o Pdzol Hidromórfico e o Pdzólico amarelo. O primeiro localizado mais próximo a foz do Rio, desenvolvido sobre sedimentos arenosos de origem marinha, do Quaternário (Holoceno), mal ou muito mal drenados, encontrados em áreas de relevo plano. O segundo localiza-se mais ao sul da foz e trata-se de um solo não hidromórfico, bem a moderadamente drenados. Os demais solos presentes na bacia, quanto à sua área de abrangência são pouco representativos.

Quanto ao uso e ocupação da Terra, a área da bacia do rio Jucu contém consideráveis áreas de florestas, vegetação secundária e agricultura, que se estendem desde o extremo oeste do município de Domingos Martins até áreas próximas ao litoral. No litoral e suas proximidades estão concentradas extensas áreas urbanas, principalmente em Vila Velha e Cariacica. Além

disto, há áreas de alagados situadas nas várzeas do rio em direção a foz, áreas de pastagens localizadas nos municípios de Cariacica e Viana e de restingas distribuídas ao longo do litoral.

211

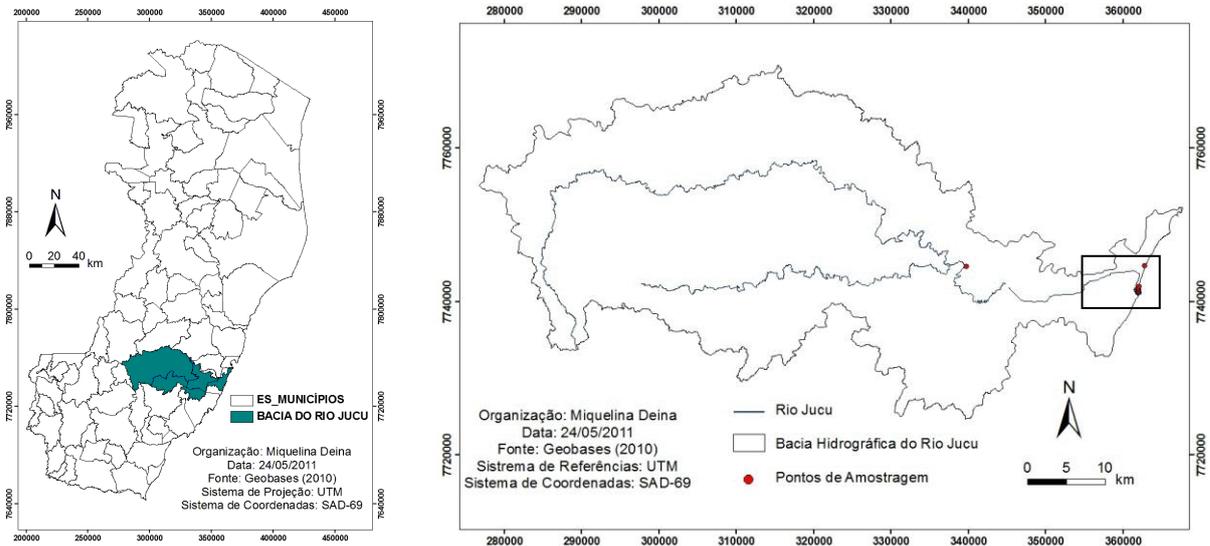


Figura 01e 02 - Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Jucu e da Área de Estudo (Foz do Rio Jucu).



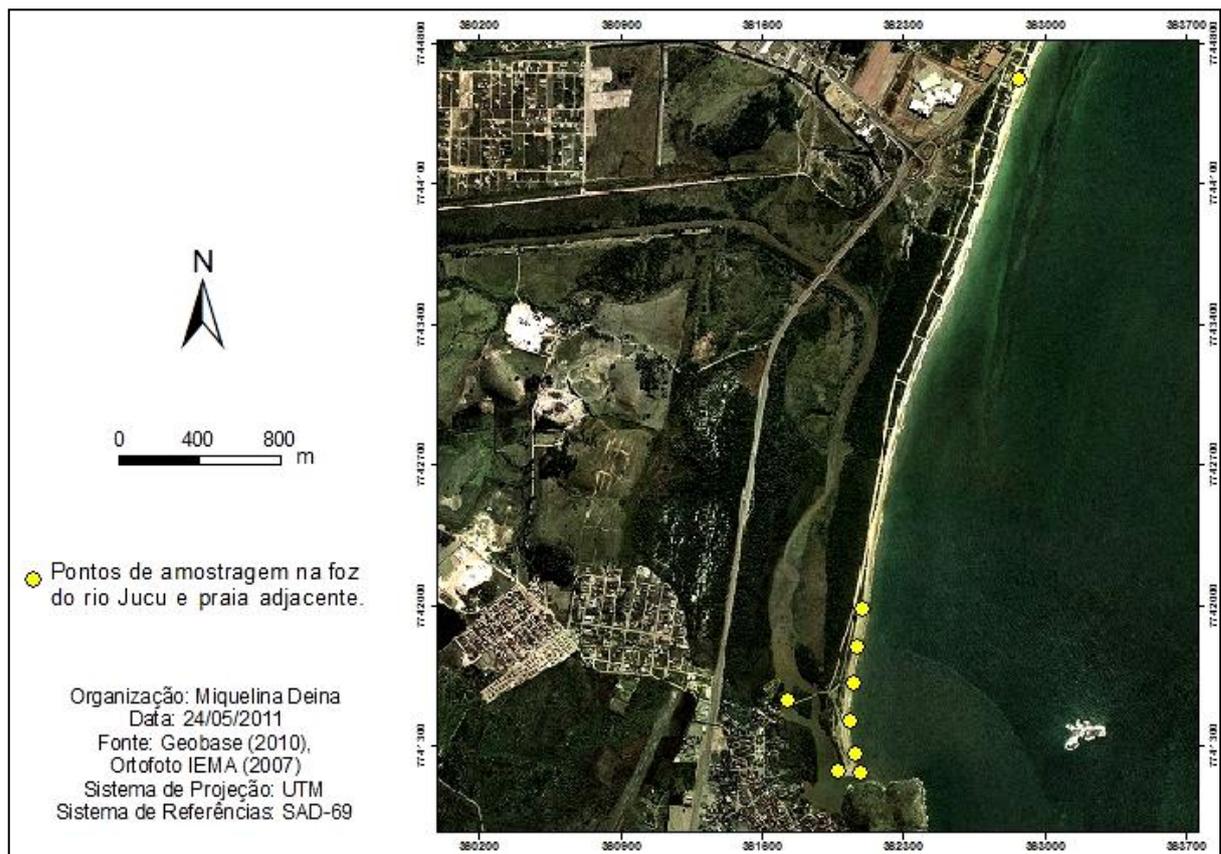


Figura 03 – Localização dos Pontos de Amostragem na Foz do Rio Jucu e Praia Adjacente.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Fotografias aéreas históricas

O presente trabalho foi desenvolvido a partir da obtenção de fotografias aéreas históricas da foz do rio Jucu, adquiridas por meio do Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF), Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN) e do Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA). O principal objetivo foi correlacioná-las para identificar a variação morfológica, no tempo e no espaço, do cordão litorâneo associado à foz do rio Jucu.

Estas fotos foram georeferenciadas em Sistema de Informação Geográfica (SIG), sendo posteriormente traçados os limites de variação espacial e temporal do cordão litorâneo. Este traçado foi feito no limite do cordão como um todo e na parte vegetada deste, assim como no

afloramento rochoso associado à margem direita da foz. O intuito foi interpretar a variação morfológica do cordão, tendo o afloramento rochoso e a vegetação como referencial de comparação.

Desta forma foram elaborados mapas e gráfico indicando os limites de variação morfológica do cordão, assim como a distância entre o limite interno da vegetação presente no cordão e o limite externo da parte arenosa deste. Para este último caso, foram escolhidos três pontos fixos no reverso do cordão considerados menos susceptíveis a variações espaços-temporais e feitas às medições com intuito de quantificar o grau de variação morfológica no decorrer dos anos.

3.2 Séries temporais históricas da vazão e da precipitação anual do rio Jucu

Além das fotografias aéreas, foram obtidas para este estudo, através da Agência Nacional de Águas (ANA), as séries históricas da vazão do rio Jucu e da precipitação anual referente aos anos de 1972 a 2008, visto que este período abrange os intervalos de tempo do registro das fotografias aéreas utilizadas nesta pesquisa.

A obtenção da série histórica da vazão do rio Jucu teve como objetivo primordial analisar o comportamento hidrológico do rio com o intuito de verificar se há alguma correlação deste com a variação morfológica do cordão litorâneo. Enquanto a aquisição das séries da precipitação anual teve como finalidade principal verificar se o comportamento da vazão média anual no período estudado seguiu a mesma tendência da precipitação.

3.3 Análise sedimentológica

Para a análise sedimentológica foi realizada primeiramente a coleta de sedimentos (01/12/2007), em dez pontos de amostragem distribuídos desde o médio curso do canal do rio, baixo curso próximo à foz e na praia adjacente. As amostras do canal do rio foram coletadas através de um equipamento conhecido como busca fundo do tipo van Veen, enquanto as demais foram coletadas manualmente. Depois de coletados os sedimentos foram submetidos à análise granulométrica através do método de peneiramento, sendo peneiradas em intervalos de 1/2 em 1/2 ϕ (fi). Os resultados obtidos no peneiramento foram inseridos no software

Gradistat (BLOTT, 2000), para o cálculo de medidas como a média, o desvio padrão e a assimetria. Aliado a estes procedimentos foi realizada também queima de carbonato e a separação de mineral pesado com o intuito de identificar a contribuição fluvial e marinha.

4. SEDIMENTOLOGIA E MORFOLOGIA DO CORDÃO LITORÂNEO

4.1 Variação morfológica do cordão litorâneo associado à foz do rio Jucu

A morfologia da foz do rio Jucu tem como característica principal a presença de um afloramento rochoso em uma de suas margens e um cordão litorâneo na outra, estando esta última bastante susceptível a variações morfológicas ocorridas ao longo do tempo. Isso pode ser constatado inicialmente por meio da análise de fotos aéreas históricas do local, referentes aos anos de 1978, 1986, 1998 e 2007, que comprovaram alterações significativas no cordão litorâneo nas últimas décadas. Tais alterações se referem especialmente a redução da distância entre o limite interno da vegetação presente no cordão litorâneo em relação ao limite externo da parte arenosa deste, ou seja, indicando uma tendência de redução na largura do cordão litorâneo (figuras 05 a 8).

Esta tendência a diminuição da largura (figura 04) ocorreu especialmente nos intervalos de tempo entre 1978 a 1998, alcançando ao longo do período avaliado em média 18 metros no ponto 01 (mais próximo a foz) e aproximadamente 31 metros nos pontos 02 e 03 (mais distante da foz), ou seja, a tendência a uma redução mais acentuada na largura do cordão ocorreu nos pontos mais distantes da foz. Contudo é importante observar que nos pontos 01 e 02 esta diminuição se deu de forma gradativa e na mesma proporção entre os períodos de 1978 a 1986 e de 1986 a 1998, enquanto no ponto 03 a redução mais significativa ocorreu já no primeiro intervalo de tempo, entre 1978 a 1986. Quanto ao último período avaliado, entre 1998 a 2007, a largura do cordão litorâneo manteve-se estável nos três pontos analisados.

Em relação à vegetação presente no cordão, conforme observado na figura 09, é possível perceber que esta apresentou a partir de 1978 em alguns pontos do cordão um avanço de seu limite na parte frontal oceânica, enquanto na inflexão do mesmo (foz do rio) há um recuo de

seu limite a partir desta data. Todavia, estas alterações devem ser analisadas com bastante cautela, visto que há uma diferença considerável na qualidade das fotografias aéreas utilizadas, o que dificultou a interpretação das mesmas. É o caso da foto aérea de 1978 que devido ao seu alto percentual de brilho e claridade impediu a identificação exata da vegetação presente no cordão, limitando consideravelmente a precisão de seu traçado. No entanto, ao observar atentamente todas as fotografias aéreas é possível visualizar, se não o avanço desta ao longo dos anos ao menos seu adensamento, principalmente ao comparar a fotografia de 1978 com a de 2007.

Quanto ao afloramento rochoso este não apresentou uma sobreposição exata de seus traçados (figura 10). Em alguns pontos foram observados alguns deslocamentos, porém pouco significativos. Tal fato pode ser atribuído então, a possíveis erros durante o processo de georreferenciamento das fotos aéreas que ficou estimado em três metros aproximadamente, a variação diária da maré ou até mesmo ao grau de incidência das ondas no momento exato do registro das fotos aéreas. Portanto, estes fatores não descaracterizam a tendência de redução da largura do cordão litorâneo, visto que o percentual de deslocamento observado para os mesmos é muito inferior em comparação aos do cordão litorâneo registrado nas últimas décadas.

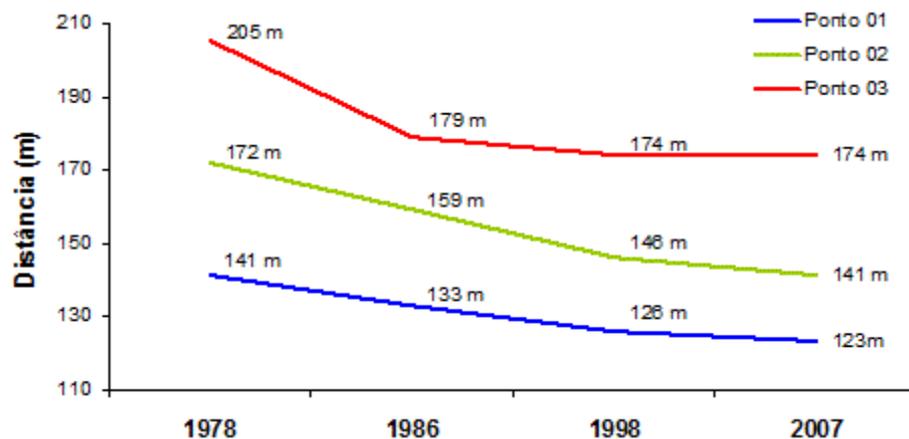


Figura 04 – Distância entre o limite interno da vegetação presente no cordão litorâneo e o limite externo da parte arenosa deste referente aos três pontos avaliados.

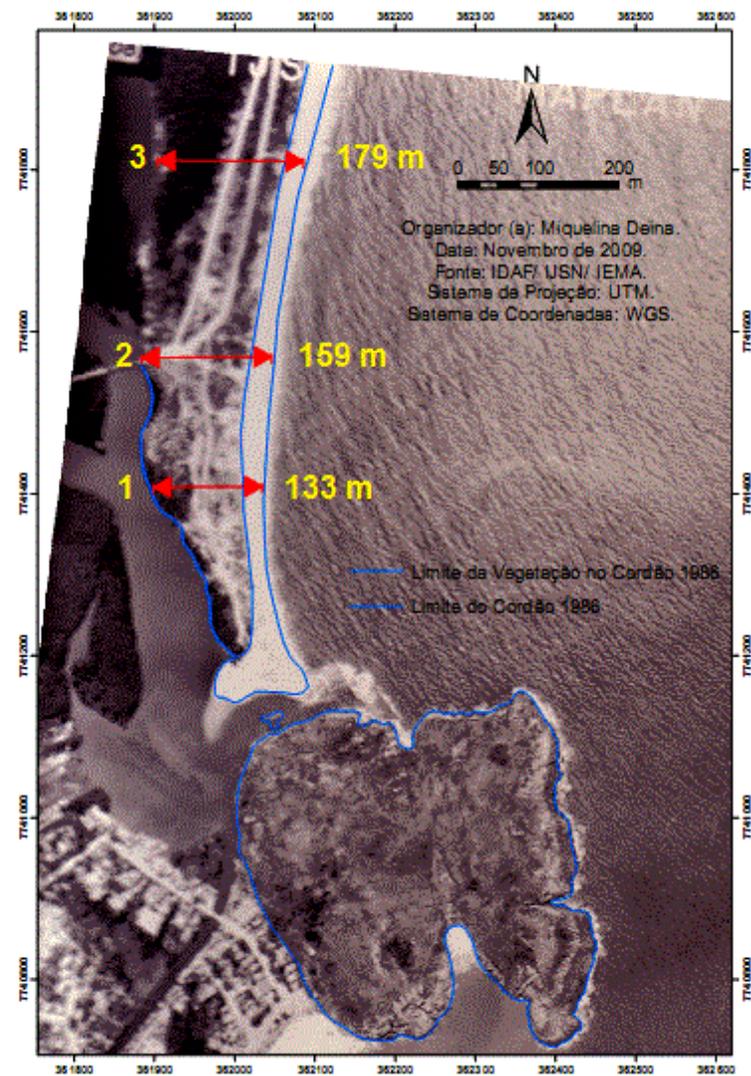
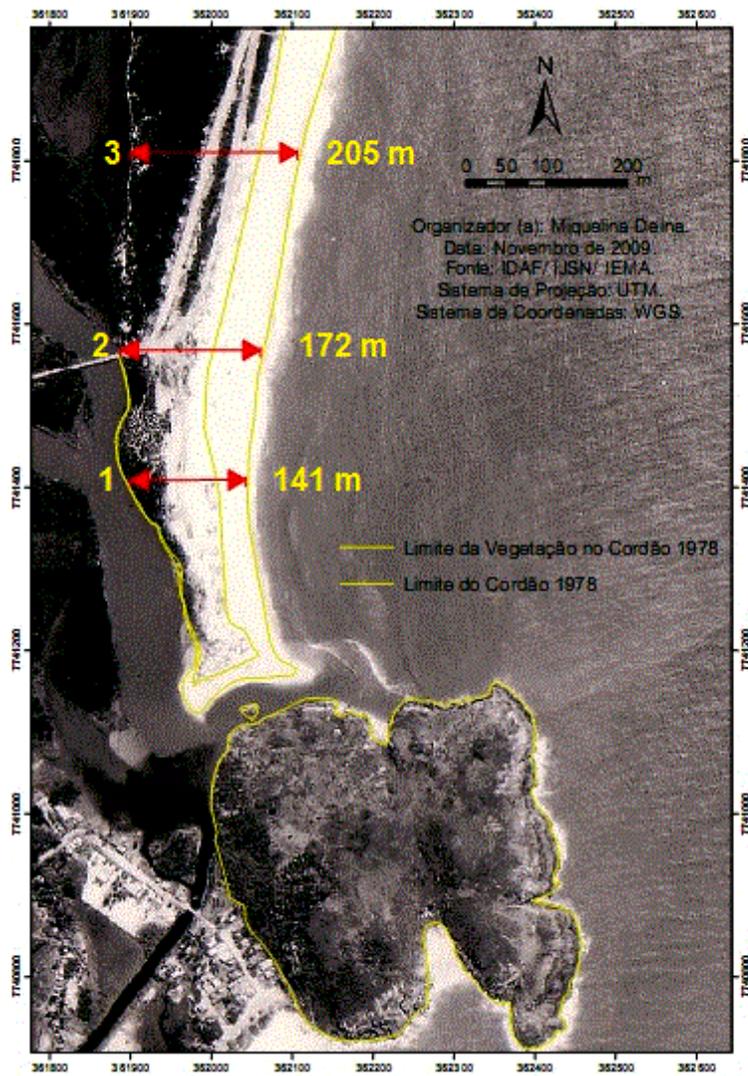


Figura 05 – Distância entre o limite interno da vegetação no cordão e o limite externo da parte arenosa deste em 1978. Nota: Foto aérea de 1978.

Figura 06 – Distância entre o limite interno da vegetação no cordão e o limite externo da parte arenosa deste em 1986. Nota: Foto aérea de 1986.

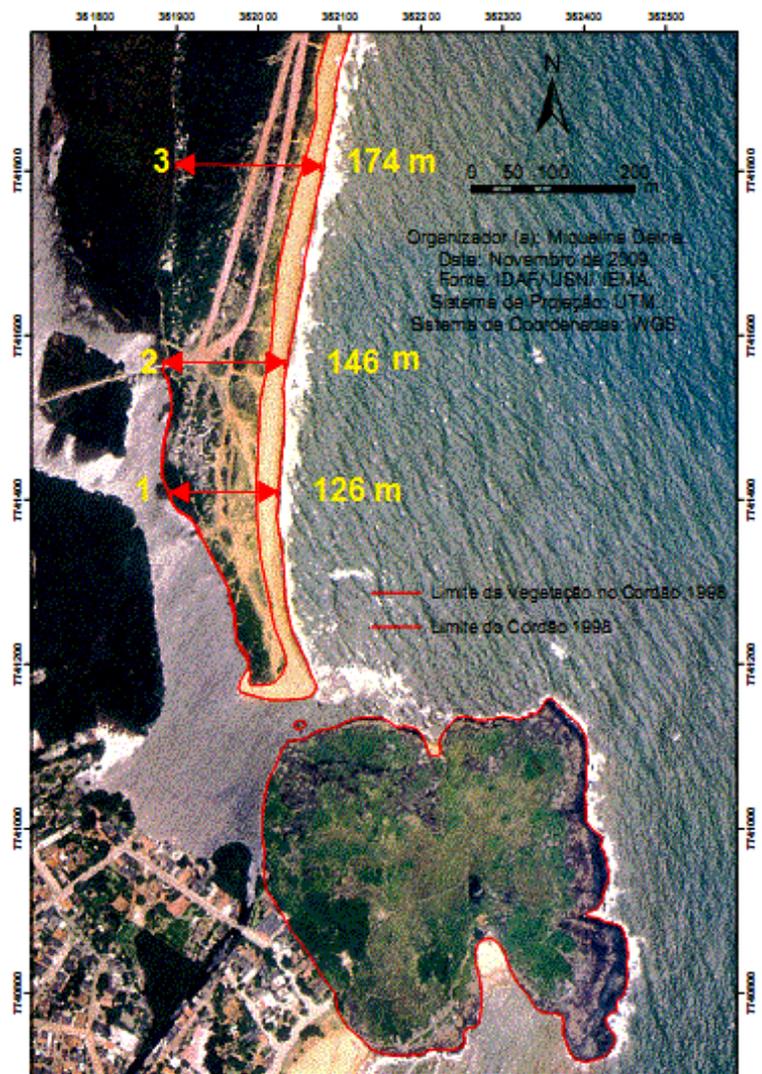


Figura 07 – Distância entre o limite interno da vegetação no cordão e o limite externo da parte arenosa deste em 1998. Nota: Foto aérea de 1998.

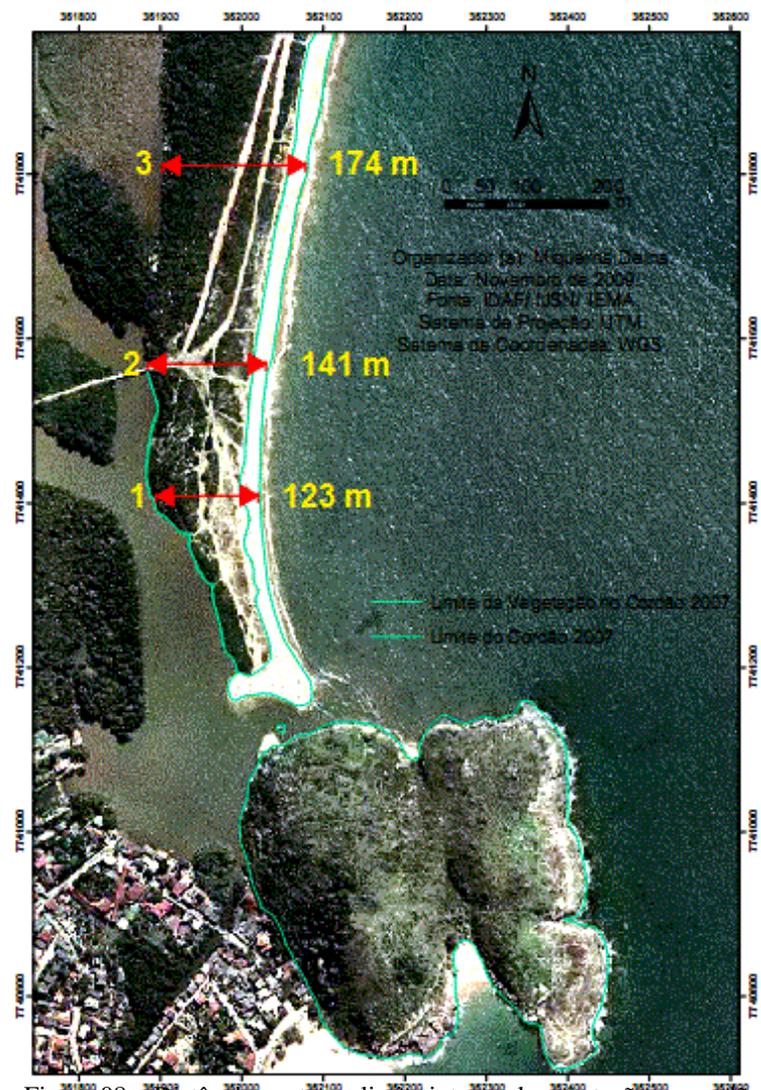


Figura 08 – Distância entre o limite interno da vegetação no cordão e o limite externo da parte arenosa deste em 2007. Nota: Foto aérea de 2007.

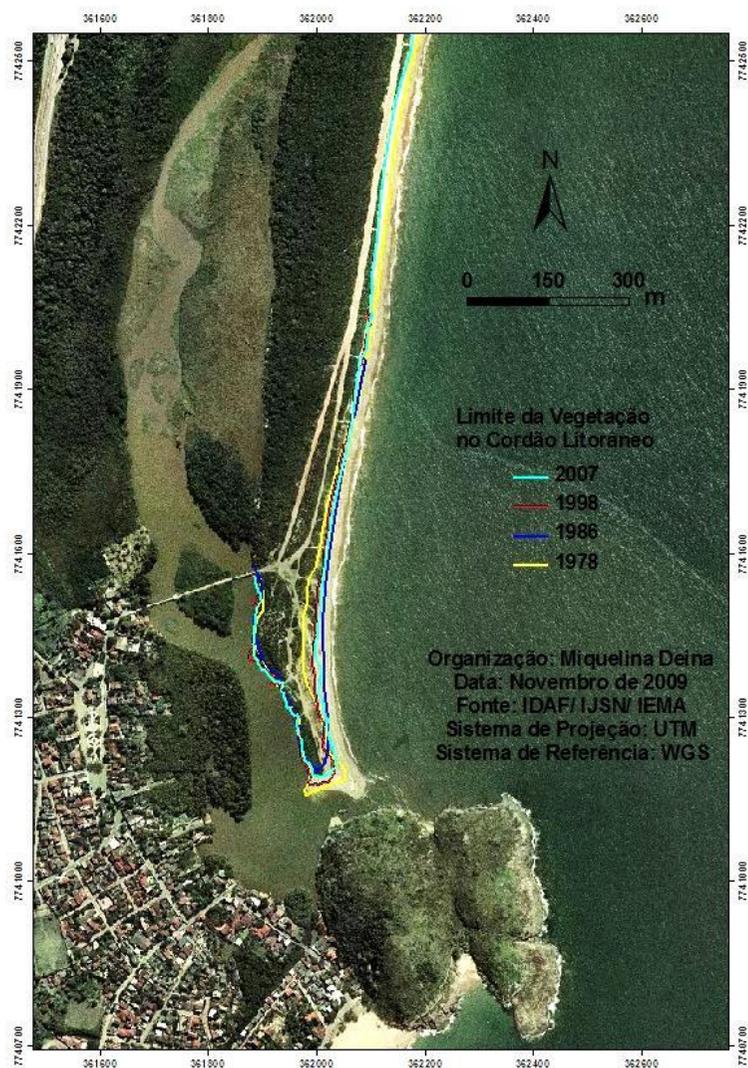


Figura 09 – Limites da vegetação presente no cordão litorâneo associado à foz do rio Jucu. Nota: Foto aérea de 2007.

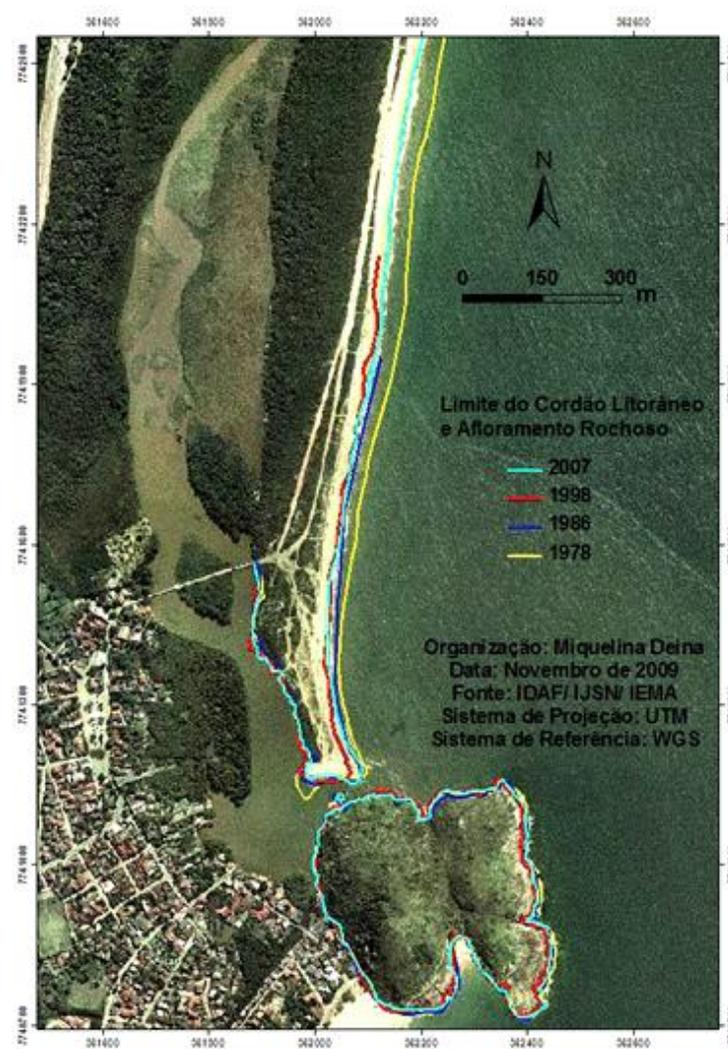


Figura 10 – Limite do Cordão Litorâneo e Afloramento Rochoso associado à foz do Jucu. Nota: Foto aérea de 2007.

4.2 Séries temporais da vazão e precipitação do rio Jucu

O comportamento hidrológico da bacia no ponto de coleta analisado apresentou variação significativa ao longo dos anos, apresentando vazão média anual entre 17,5 m³/s no ano de 1989 a 42,56 m³/s no ano de 1985. Quanto aos dados da vazão média anual do ano anterior ao registro de cada foto aérea utilizada nesta pesquisa (figura 11), visto que a maior parte delas foi fotografada entre os meses de maio e junho, observa-se que esta também apresentou variação significativa, entre 20,1 m³/s em 1977 a 42,6 m³/s em 1985. Do mesmo modo, ao efetuar a média da vazão dos meses que antecede o registro de cada foto, exceto a de 1998 visto que não se tem esta informação completa, observa-se uma tendência de queda da vazão entre 1978 a 1986, enquanto de 1986 para 2007 há um aumento razoável desta.

Contudo, conforme observado na figura 11, ao adicionar a linha de tendência linear referente a toda a série histórica analisada neste estudo nota-se uma gradativa, porém sensível tendência de diminuição da vazão média anual ao longo dos anos. Além disso, é possível perceber ao seccionar os dados em intervalos iguais aos das fotografias aéreas utilizadas nesta pesquisa que o período que apresenta uma diminuição mais acentuada da vazão se estende de 1986 a 1998 e de 1998 a 2003 do intervalo de tempo seguinte. Neste mesmo período nota-se também menor variação da vazão média anual. Quanto ao período anterior aos citados acima, entre os anos de 1978 a 1986, foram registrados uns dos maiores índices de vazão média anual ao longo dos anos avaliados, assim como as maiores variações desta.

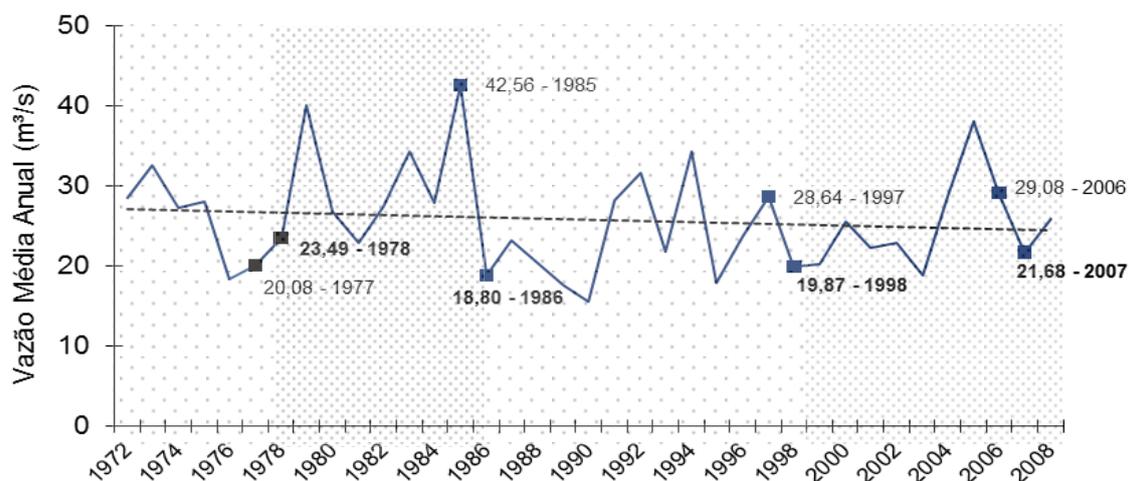


Figura 11 – Vazão média anual e tendência linear referente a série temporal de 1972 a 2008, estação de coleta Fazenda Jucuruaba, rio Jucu, Viana - ES.

Nota: Os valores das vazões médias anuais destacadas em negrito no gráfico referem-se a média dos meses que antecedem o registro de cada foto aérea e os demais valores correspondem a média anual do ano anterior ao registro das fotos.

Quanto à vazão média mensal dos anos analisados, os meses com as maiores médias de vazão, ou seja, período das águas altas do rio vão de novembro a março, com destaque para os meses de dezembro e janeiro que registraram respectivamente as maiores médias, enquanto os meses de agosto e setembro apresentaram os menores índices. Da mesma forma, os meses que registraram as menores vazões médias de todos os anos analisados, abril a outubro, são os que apresentaram o menor desvio padrão, ou seja, a menor variação da vazão média mensal. Vale igualmente lembrar que a maioria das fotografias aéreas da foz do rio Jucu utilizadas nesta pesquisa foram registradas nos meses de maio e junho (exceto a de 1998), cuja vazão média mensal relativa ao período de tempo analisado nesta pesquisa é respectivamente de 22,36 m³/s e 19,10 m³/s, ou seja, período relativamente de águas baixas do rio, que apresentou um dos menores índices de vazão média mensal, assim como as menores variações desta.

Em relação aos dados da precipitação anual observa-se que esta também variou bastante no período analisado – entre 791,10 mm em 1986 a 1948,0 mm em 2005. Tal variação, de forma geral, mostrou a mesma tendência da vazão média anual.

4.3 Análise granulométrica

De acordo com o parâmetro tamanho médio do grão (figura 12 e 13), as amostras dos pontos 01, 02, 03, 06 e 09 são compostas por areias grossas. Já as amostras dos pontos 04, 05, 07, 08 e 10 são constituídas por areias muito grossas. Nota-se, portanto, que todas as amostras coletadas no rio são constituídas por areias grossas e a granulometria decresce em direção a foz. Já às amostras 06 e 09 coletadas ao longo da praia adjacente, a uma distância aproximada de 200 e 800m da foz, respectivamente, são constituídas igualmente por areias grossas. Quanto às amostras do ponto 04 coletada na foz do rio e dos pontos 05, 07, 08 e 10 coletadas ao longo da praia adjacente, com distâncias aproximadas em relação à foz de 50m, 400m, 600m e 3445m respectivamente, são constituídas por areias muito grossas. A granulometria destas tende a aumentar do ponto 04 aos 05 e 07 e diminui um pouco nos pontos 08 e 10.

Quanto ao grau de selecionamento dos grãos (figura 12 e 13) observa-se que a maioria das amostras apresentou-se como moderadamente bem selecionada a bem selecionada. Apenas a amostra 01 (médio curso do rio) indicou menor grau de selecionamento, moderadamente selecionada. Foi possível então, constatar que o grau de selecionamento das amostras coletadas no rio aumenta em direção à foz. Sendo a amostra 01, moderadamente selecionada e as amostras 02 e 03, moderadamente bem selecionadas. Quanto a amostra da foz do rio, ponto 04, e ao longo da praia adjacente (pontos 05, 06 e 09), também foram classificadas como moderadamente bem selecionadas. Já as amostras referentes aos pontos 07, 08 e 10, mais distante da foz, são as mais bem selecionadas, tanto em relação às amostras da praia como as do leito do rio.

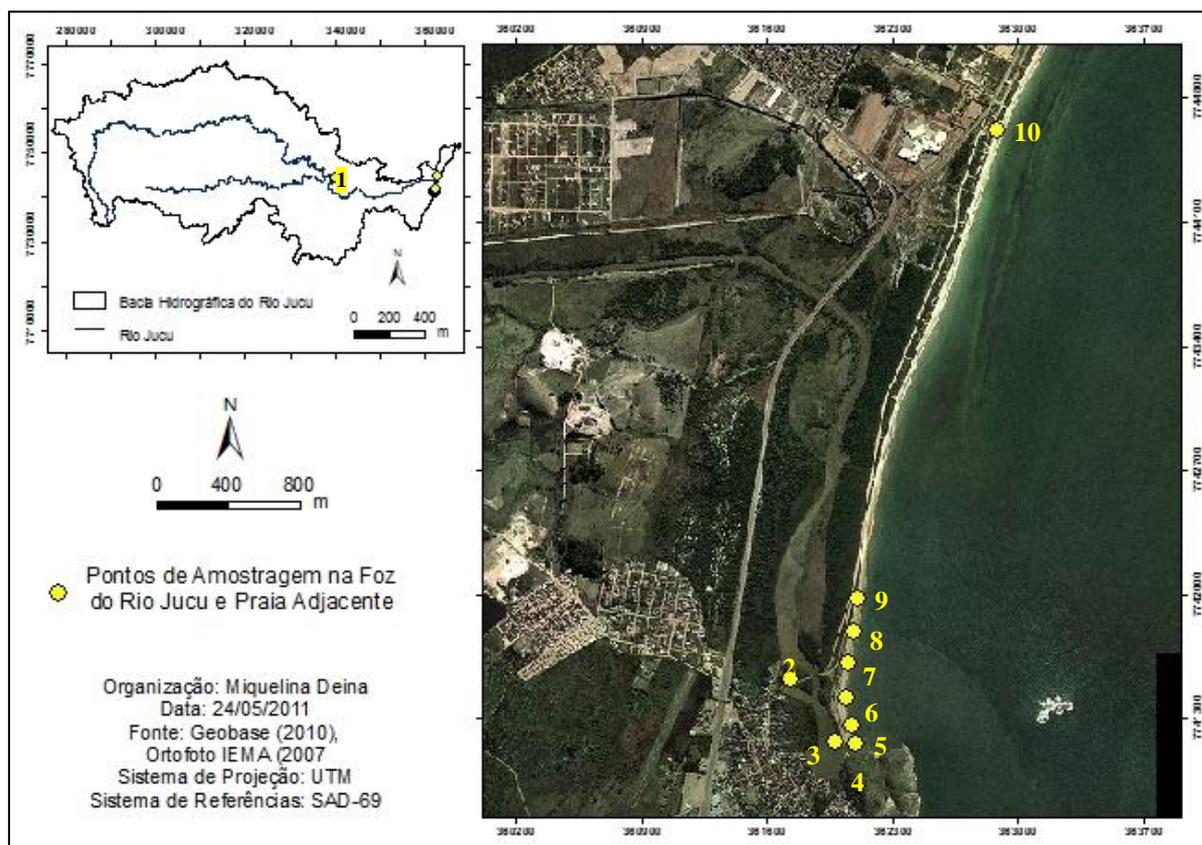


Figura 12 – Localização dos pontos de amostragem de sedimentos no médio curso, foz e praia adjacente.

Pontos de Coleta	Tamanho Médio * classificação de Wentworth	Assimetria * Método de Folk e Ward	Grau de Selecionamento * Método de Folk e Ward
01	Areias grossas	Assimetria negativa	Moderadamente selecionado
02	Areias grossas	Aprox. simétrica	Moderadamente bem selecionado
03	Areias grossas	Assimetria muito positiva	Moderadamente bem selecionado
04	Areias muito grossas	Assimetria positiva	Moderadamente bem selecionado
05	Areias muito grossas	Aprox. simétrica	Moderadamente bem selecionado
06	Areias grossas	Assimetria muito positiva	Moderadamente bem selecionado
07	Areias muito grossas	Aprox. simétrica	Bem selecionado
08	Areias muito grossas	Assimetria negativa	Bem selecionado
09	Areias grossas	Assimetria muito positiva	Moderadamente bem selecionado
10	Areias muito grossas	Assimetria negativa	Bem selecionado

Figura 13 – Parâmetros granulométricos dos sedimentos coletados no médio curso, foz e praia adjacente.

Em relação à assimetria (figura 12 e 13), esta apresentou uma variação bastante considerável tanto nas amostras do rio como da praia adjacente. Nas amostras do rio, ponto 01 (médio

curso do rio esta se apresentou assimétrica no sentido dos grosseiros (negativa), passando para aproximadamente simétrica no ponto 02 (baixo curso do rio) a muito positiva ou assimétrica no sentido dos finos no ponto 03 (baixo curso do rio mais próximo a foz). Nas amostras da foz e praia adjacente a assimetria nos pontos 04 e 07, ficou intercalada entre positiva e aproximadamente simétrica, enquanto que nos pontos 08, 09 e 10 esta passou de negativa para muito positiva e novamente para negativa.

No que se refere aos carbonatos, constatou-se baixo teor nas amostras, ficando a maior parte delas abaixo de 1%. Da mesma forma, os resultados obtidos com a separação de mineral pesado mostraram a presença destes apenas nas amostras do rio. As demais amostras não apresentaram nenhum percentual de mineral pesado.

DISCUSSÕES

O cordão litorâneo associado à foz do rio Jucu, de acordo com a análise das fotos aéreas históricas do local, vêm apresentando nas últimas décadas uma tendência significativa de redução na sua largura, chegando a atingir em alguns pontos aproximadamente 30 metros.

Para melhor avaliar este resultado foram inicialmente analisadas as séries temporais da vazão média anual do rio que indicaram uma tendência gradativa, porém muito sensível de diminuição desta no período estudado. Além disso, esta apresentou uma variação significativa ao longo dos anos não coincidindo diretamente com as alterações morfológicas do cordão. Pois, nos mesmos períodos em que o cordão litorâneo indicou uma tendência significativa de redução na sua largura, entre os anos de 1978 a 1986 e de 1986 a 1998, foram registrados desde os mais altos aos mais baixos índices da vazão média anual para todo o período estudado.

Ao realizar uma análise mais detalhada levando em consideração apenas os dados da vazão média referente ao ano anterior de registro de cada foto aérea, visto que a maior parte delas foi fotografada entre os meses de maio e junho, foi possível identificar também uma variação

significativa da mesma não coincidindo com as alterações morfológicas observadas no cordão.

Contudo, ao efetuar a média da vazão dos meses que antecedem o registro de cada foto aérea e levando em consideração que a foto de 1998 foi tirada também entre os meses de maio e junho visto que não se tem este dado, nota-se uma tendência de redução desta entre os anos de 1978 a 1986 e de 1986 a 1998, período em que foram registradas a redução mais expressiva na largura do cordão. Porém, entre 1998 a 2007 esta média eleva-se consideravelmente ao mesmo tempo em que o cordão litorâneo indica tendência de estabilidade.

No entanto, é importante atentar para o fato de que a relação existente entre a vazão do rio e a variação morfológica do cordão pode não estar necessariamente ou somente associada ao valor da descarga fluvial e da quantidade de sedimentos trazidos pelo rio, mas pode também estar relacionada ao local e a forma em que os sedimentos estão sendo depositados. Pois de acordo com o modo e o local de deposição, por exemplo, na frente da desembocadura, estes podem alterar o padrão de movimentação das ondas e correntes, impedindo que parte dos sedimentos trazidos por elas ou depositados pelo rio seja distribuída ao longo do cordão, ou até mesmo promovendo um padrão erosivo ao longo do mesmo.

Frihy e Lotfy (1994) encontraram resultado semelhante no estudo da desembocadura do Rosetta Nile, um dos maiores tributários do Nilo. Esta apresentou nas últimas décadas (1955 a 1991) taxas de retrogradação da linha da costa na ordem de 53 a 58 m/ano e segundo os autores está relacionada a um conjunto de fatores como: a redução da descarga do Nilo e da carga sedimentar na entrada do rio Rosetta devido à construção de barragens e represas no rio Nilo; a uma natural redução das inundações do Nilo devido a variações climáticas e a ação das ondas e correntes transportando sedimentos ao longo da costa, o que resulta em uma reorientação da mesma, erodindo algumas praias e crescendo outras.

Além da análise das fotos aéreas e séries históricas da vazão do rio, foi realizada a análise sedimentológica, que permitiu identificar quanto ao parâmetro tamanho médio dos grãos, que mais de 70% das amostras coletadas ao longo da praia são constituídas por areias mais grossas que as coletadas no rio. Além disso, todas as amostras coletadas foram classificadas como

grossas ou muito grossas, não sendo observadas em sua composição quantidades significativas de areias médias ou finas comprovando maior contribuição fluvial. Este fato torna evidente que o aporte de sedimentos do rio para a formação do cordão litorâneo é pouco significativa para o período estudado. Já o parâmetro grau de selecionamento, indicou que os sedimentos fluviais tornam-se mais bem selecionados à medida que se aproximam da foz ao mesmo tempo em que a granulometria diminui. Quanto aos sedimentos praias, além de apresentarem em geral granulometria maior que as do rio, parecem indicar uma tendência a um grau ainda maior de selecionamento à medida que se distanciam da desembocadura.

Tais resultados sugerem que os sedimentos fluviais devido à queda progressiva da competência do rio em direção a foz, estejam depositando as partículas mais grossas ao longo do canal, o que permite um maior selecionamento dos grãos em direção a foz. Enquanto o maior selecionamento dos sedimentos da praia mais distantes da foz pode ser atribuído à intensidade das ondas e correntes costeiras. Pois, de acordo Mendes (1984) ambientes onde há significativa ação das ondas e correntes são, em geral, caracterizados por depósitos mais grossos e bem selecionados, sendo a classificação dos índices de energia uma das bases para a interpretação das condições de sedimentação.

O resultado acima descrito pode ser melhor avaliado com base no estudo de Folk e Ward (1957) sobre a barra do Brazos River, que possui um menor selecionamento do que as praias arenosas do Texas. Segundo os autores este fato se deve a diferença no modo de deposição destes dois ambientes. Pois em ambientes fluviais os sedimentos depositados são rapidamente enterrados não sendo possível o retrabalhamento destes. Já em praias arenosas a contínua movimentação das ondas e correntes, permite um contínuo retrabalhamento dos sedimentos o que resulta aparentemente em um melhor selecionamento.

Em relação aos resultados expressos pela assimetria, este indicou que o ambiente estudado apresenta níveis de energia variados, visto que a mesma apresentou-se bem diferente entre os pontos analisados, desde negativa a muito positiva. Assim, não foi observada a princípio nenhuma correlação significativa da assimetria com os demais parâmetros granulométricos avaliados. Contudo, de acordo com Mendes (1984, p.22) “A assimetria negativa indica que as variações da energia cinética média do ambiente atingiram valores acima do normal, ao passo

que a assimetria positiva indica oscilações da energia para valores abaixo do normal”. Desta forma é possível inferir que as amostras 01 (médio curso do rio), 08 e 10 (localizadas nos pontos da praia mais distante da foz) apresentaram os maiores índices de energia do ambiente estudado, enquanto as amostras dos pontos 02 (baixo curso do rio), 05 e 07 (praia adjacente) indicaram índices de energia um pouco acima do normal e as amostras 03 (baixo curso do rio), 06 e 09 (praia adjacente) apresentaram índices de energia para valores abaixo do normal. Tal fato sugere, portanto, que de uma forma geral o ambiente estudado possui índices de energia relativamente altos.

Neste sentido, é possível estabelecer ainda uma relação entre a assimetria e o grau de selecionamento das amostras, visto que nos pontos da praia onde há provavelmente os maiores índices de energia do ambiente estudado há igualmente uma tendência a um maior grau de selecionamento dos sedimentos. Este fato vem corroborar com a afirmação descrita acima de que o maior selecionamento dos sedimentos da praia mais distantes da foz deve-se a maior intensidade das ondas e correntes costeiras.

Em relação ao teor de carbonato encontrado nas amostras da praia este foi considerado bastante baixo, o que poderia sugerir pouca contribuição marinha na constituição do cordão litorâneo. Entretanto, de acordo com os resultados já analisados é mais cabível atribuir este fato a não existência de uma fonte significativa de abastecimento deste material próximo à área de estudo, ou ainda, ao fato deste local ser composto predominantemente por grãos de quartzo. Pois segundo Tanner (1995) a abrasão dos sedimentos bioclásticos é acelerada quando estes são depositados com sedimentos quartzosos devido à maior dureza destes, o que pode originar grande quantidade de grãos mais finos. Neste sentido e considerando-se a proposição acima descrita de que a área de estudo possui índices de energia relativamente altos, é possível supor que os sedimentos mais finos não estão conseguindo se depositar ao longo do cordão litorâneo devido à intensidade das ondas e correntes costeiras.

Quanto aos minerais pesados estes não foram identificados nas areias da praia, o contrário do que foi observado nas areias do rio, o que reforça a afirmação de que a contribuição do aporte de sedimentos do rio para a formação do cordão litorâneo é pouco significativa para o período

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cordão litorâneo associado à foz do rio Jucu apresentou nas últimas décadas tendência significativa de redução na sua largura, de até 30 metros em alguns pontos. Ao mesmo tempo a vazão média anual do rio Jucu apresentou variação significativa indicando ligeira tendência de queda, mas não coincidindo exatamente com as alterações morfológicas do cordão. Assim, contata-se que a redução na largura do cordão litorâneo não está diretamente associada ao valor da descarga líquida e sólida do rio, mas pode estar associada ao local e o modo de deposição dos sedimentos alterando o padrão de movimentação das ondas e correntes costeiras e como consequência influenciando na distribuição ou na deposição de sedimentos ao longo do cordão.

Em relação aos dados sedimentológicos, o parâmetro tamanho médio dos grãos mostrou que a maior parte das areias da praia possui granulometria maior que as do rio, além de não terem sido encontrados minerais pesados nas amostras da praia, indicando que o aporte de sedimentos do rio para a formação do cordão litorâneo é pouco significativo para o período estudado. Enquanto os valores expressos pela assimetria e desvio padrão indicaram significativa correlação, visto que nos pontos da praia onde foram observados os maiores índices de energia do ambiente estudado há igualmente uma tendência a um maior grau de selecionamento dos sedimentos.

Quanto ao baixo teor de carbonatos nas areias da praia, este foi atribuído a não existência de uma fonte significativa de abastecimento deste material próximo a área de estudo ou a acelerada abrasão destes devido à grande quantidade de grãos de quartzo originando grãos mais finos que não conseguem se depositar por causa da intensidade das ondas e correntes costeiras.

Diante dos resultados apresentados constata-se, portanto, que a maior parte deles forneceu indícios de que o ambiente estudado, de forma geral, recebe maior influência das ondas e correntes costeiras, exercendo a ação fluvial para o período estudado papel secundário na constituição e variação morfológica do cordão litorâneo associado à foz do rio Jucu.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Bacias Hidrográficas do Atlântico Sul – Trecho Leste: Sinopse de informações do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Sergipe.** Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/cd4/index.htm>>. Acesso em: 25 agosto 2007.

_____. **Dados Hidrológicos.** Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 05 nov. 2008.

BLOTT, S. **GRADISTAT. XLS: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer.** Version 4.0. UK: University of London, Department of Geology, 2000.

DALRYMPLE, R.W.; ZAITLIN, B.A.; BOYD, R. **Estuarine Facies Models: Conceptual Basis and Stratigraphic Implications.** Journal of Sedimentary Research, Canada, p. 1130-1146, 29 May 1991.

DIAS, J. A. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos.** Faro: Universidade do Algarve, 2004.

DOMINGUEZ, J. M. L. **The Coastal Zone of Brazil.** In: DILLENBURG, Sérgio R.; HESP, Patrick A.. Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil. Verlag Berlin Heidelberg: Springer, 2009. Chapter 2. p. 18-51.

FOLK, R.L.; WARD, W.C. **Brazos River Bar: A Study in the Significance of Grain Size Parameters.** Journal of Sedimentary Petrology, University of Texas, Austin, Texas, v. 27, n. 1, p. 4-26, 1957.

FRIHY, E. O.; LOTFY, F. M. **Mineralogy and Textures of Beach Sands in Relation to Erosion and Accretion Along the Rosetta Promontory of the Nile Delta, Egypt.** Journal of Coast Research, Alexandria, Egypt, v. 10, n. 3, p. 588-599, 1994.

HABTEC ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Diagnóstico e Plano Diretor das Bacias Hidrográficas dos Rios Santa Maria da Vitória e Jucu.** Vol. II, 1997. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/docs/planos_diretores/plano10/plano_diretor2.asp>. Acesso em: 20 agosto 2007.

HESP, P. A.; SHORT, A. D. **Barrier Morphodynamics.** In: SHORT, A. D. Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics. England: John Wiley & Sons Ltda, 1999. Capítulo 14, p. 307-333.

INSTITUTO DE DEFESA AGROPECUÁRIA E FLORESTAL DO ESPÍRITO SANTO (IDAF). **Foto aérea da foz do rio Jucu, Vila Velha, ES, 1978.** 1978. 1 fotografia.

_____. **Foto aérea da foz do rio Jucu, Vila Velha, ES, 1986.** 1986. 1 fotografia.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Foto aérea da foz do rio Jucu, Vila Velha, ES, 2007.** 2007. 1 fotografia.

_____. **As águas da bacia do rio Jucu.** 1 banner. Disponível em: <<http://www.meioambiente.es.gov.br/default.asp>>. Acesso em: 5 nov. 2007.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES (IJSN). **Foto aérea da foz do rio Jucu, Vila Velha, ES, 1998.** 1998. 1 fotografia.

LEPSCH, I. F. Solos do Mundo. In: _____. **Formação e Conservação dos Solos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002. cap. 6, p. 87-91.

MENDES, J. C. **Elementos de Estratigrafia.** São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1984. p. 14-26.

MUEHE, D. **Geomorfologia Costeira.** In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A, J.T. (org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p.253-301.

PROJETO RADAMBRASIL. **Mapa Geológico**. Folhas SF. 23/24, Rio de Janeiro/ Vitória. Levantamento de Recursos Naturais, Vol. 32, 1983.

_____. **Mapa Geomorfológico**. Folhas SF. 23/24, Rio de Janeiro/ Vitória. Levantamento de Recursos Naturais, Vol. 32, 1983.

SILVA, C. G. et al. **Ambientes de Sedimentação Costeira e Processos Morfodinâmicos Atuantes na Linha de Costa**. In: BATISTA NETO, J. A.; PONZI, V. R. A.; SICHEL, S. E. Introdução à Geologia Marinha. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. Cap. 8, p.175-218.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

_____. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973.

TANNER, W. F. **Environmental Clastic Granulometry**. Tallahassee, Florida: Florida Geological Survey, 1995. Special Publication n°. 40.

VALE, C. C. Características do Meio Físico. In:_____. **Séries Geomórficas Costeiras do Estado do Espírito Santo e os Habitats para o Desenvolvimento dos Manguezais: uma visão sistêmica**. 2004. 386 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Programa de Pós-Graduação em Geografia Física - Universidade de São Paulo; Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 2004. cap. 5, p. 165-170.