



Caracterização dos depósitos sedimentares Holocênicos no sistema de ilhas barreiras do estuário Diogo Lopes, litoral setentrional do Rio Grande do Norte

Vítor Peixoto Lucas Rios* & Venerando Eustáquio Amaro*

Recebido em 11 de dezembro de 2011 / Aceito em 24 de janeiro de 2012

Resumo

Este artigo foi desenvolvido em depósitos sedimentares holocênicos do sistema de ilhas barreiras e esporões arenosos peculiares no Estuário Diogo Lopes, litoral setentrional do Rio Grande do Norte. Este ambiente é extremamente susceptível aos processos erosivos/depositivos atuais, intensamente afetado pelas condições hidrodinâmicas, eólicas, e, possivelmente, pela reativação de estruturas pretéritas. Este estudo fez uso do método de testemunhagem por vibração (vibrotestemunhador), associado à integração de sondagens e seções litológicas pretéritas, além da correlação com feições geológicas regionais. Deste modo, permitiu o reconhecimento de quatro fácies sedimentares distintas: Areia Siliciclástica com Grânulos e Cascalhos, Areia Siliciclástica, Lama Terrígena e Marga Arenosa. A análise e interpretação dos testemunhos permitiu identificar intercalações entre fácies lamosas assinaladas por Planície de Intermaré, e fácies arenosas caracterizadas por Canais de Maré, que evidenciam a intensa dinâmica costeira a qual a região está submetida, sugerindo que a abertura e o fechamento dos canais de maré ocorrem em curto intervalo de tempo (escala de anos) e preferencialmente em situações geológicas de prévia descontinuidade estrutural.

Palavras-chave: Sistema de Ilhas Barreiras; Depósitos Sedimentares Holocênicos; Vibrotestemunhador.

Abstract

This article was developed in holocene sedimentary deposits of a barrier island and sand spits system, typical of Diogo Lopes estuary, northern coast of Rio Grande do Norte. This environment is highly susceptible to erosional/depositional processes and strongly affected by wind regime, hydrodynamic and possibly by reactivation of early structures. This study used vibrocorer drilling technic associated with previous drill-cores and lithological sections, in addition to the correlation with regional geological features. This allowed to recognize four distinct sedimentary facies: Siliciclastic Sand with Granules and Gravels, Siliciclastic Sand, Terrigenous Mud and Sandy Marl. The analysis and interpretation of vibrocores endorsed to identify muddy facies (describing Intertidal Flat subfacies) and sandy facies (describing Tidal Inlet subfacies) interbeds, that highlight the intense coastal dynamic which the region is subjected, suggesting that the opening and closing of tidal channels occur in short time interval (range of years) and preferably in situations prior geological structural discontinuity.

Keywords: Barrier Islands System; Holocene Sedimentary Deposits; Vibrocorer.

1 Laboratório de Geoprocessamento, Departamento de Geologia da UFRN, Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG), Campus Universitário, Natal, RN, Brasil, 59072-970, E-mail: vitorpeixoto.geo@gmail.com, amaro@geologia.ufrn.br

1. Introdução

A área de estudo está inserida no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte (RN), entre os municípios de Macau e Guamaré, precisamente no Estuário Diogo Lopes (Fig. 1). É caracterizada por um sistema de ilhas barreiras e esporões arenosos extremamente susceptíveis aos processos erosionais, intensamente afetado pelas condições hidrodinâmicas, eólicas, e pelo arranjo estrutural de um sistema de falhamentos reativados no tempo (Fonseca, 1996; Amaro, 2002; Caldas, 1998; Vital *et al.*, 2003; Vital *et al.*, 2006a; Souto, 2009; Nascimento, 2009). Além desses aspectos atuantes na modificação da morfologia costeira, destaca-se ainda a interferência antrópica, como as atividades das indústrias petrolífera, salinera, carcinicultura e parques eólicos que correspondem às principais atividades socioeconômicas do RN.

2. Contexto Geológico e Geomorfológico

A área de estudo está inserida no contexto geológico da Bacia Potiguar e estruturalmente, o sistema de falhas de Carnaubais (NE-SW) e de Afonso Bezerra (NW-SE) corresponde à principal estrutura que controla a sedimentação na bacia, assim como, a deposição dos sedimentos costeiros na região (Fonseca, 1996; Amaro, 2002; Vital *et al.*, 2003; Vital *et al.*, 2006b; Souto, 2009). O arcabouço geológico da região é composto por unidades litológicas do Terciário ao Quaternário, dispostas estratigraficamente da base para o topo em: Formação Tibau, Formação Barreiras e Formação Potengi. A zona costeira é constituída predominantemente por sedimentos provenientes dos processos deposicionais, atuantes nos dias atuais (leques aluviais, sedimentos de praia, dunas móveis,

Revista de Geologia, Vol. 25 HIDROSEMA-UFRN, 2012

aluviões, manguezais e coberturas arenosas), caracterizados como Depósitos do Holoceno (aluvional, eólico e marinho) que recobrem as unidades mais antigas ao longo da costa (Silva & Nogueira, 1995; Farias, 1997; Stattegger *et al.*, 2006), sendo eles, Depósitos Eólicos Vegetados, Depósitos Eólico e de Praia, Depósitos de Intermaré e Depósitos de Supramaré (Fig. 2).

A região é caracterizada em toda sua extensão por praias, dunas e manguezais, e está inserida na unidade geomorfológica de Planície Costeira (Amaro, 2002; IDEMA, 2007). Na compartimentação de relevo foram identificadas as seguintes feições geomorfológicas: Dunas Fixas, Planícies Interdunares, Dunas Móveis, Depressões Interdunares, Falésias, Planície Flúvio-Estuarina, Planície de Maré, Barras Arenosas e Ilhas Barreiras (Fig. 2).

3. Materiais e Métodos

3.1. Técnicas de Geoprocessamento

As interpretações das imagens de sensoriamento remoto orbitais auxiliaram na confecção dos mapas geológico e geomorfológico. As imagens multiespectrais foram aquelas do satélite *China-Brazil Earth Resources Satellite* ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS 2B) imageada no dia 04/03/2010, durante regime de maré baixa. O emprego de técnicas de processamento digital de imagens foi realizado através dos *softwares* ER-Mapper® v.7.1 (2006) e ArcGis® v.9.3 (ESRI, 2006), que possibilitaram o realce das informações superficiais do terreno, através da aplicação de técnicas de composições coloridas no sistema de cores *Red-Green-Blue* (R-G-B), Análise por Principais Componentes (PC) e

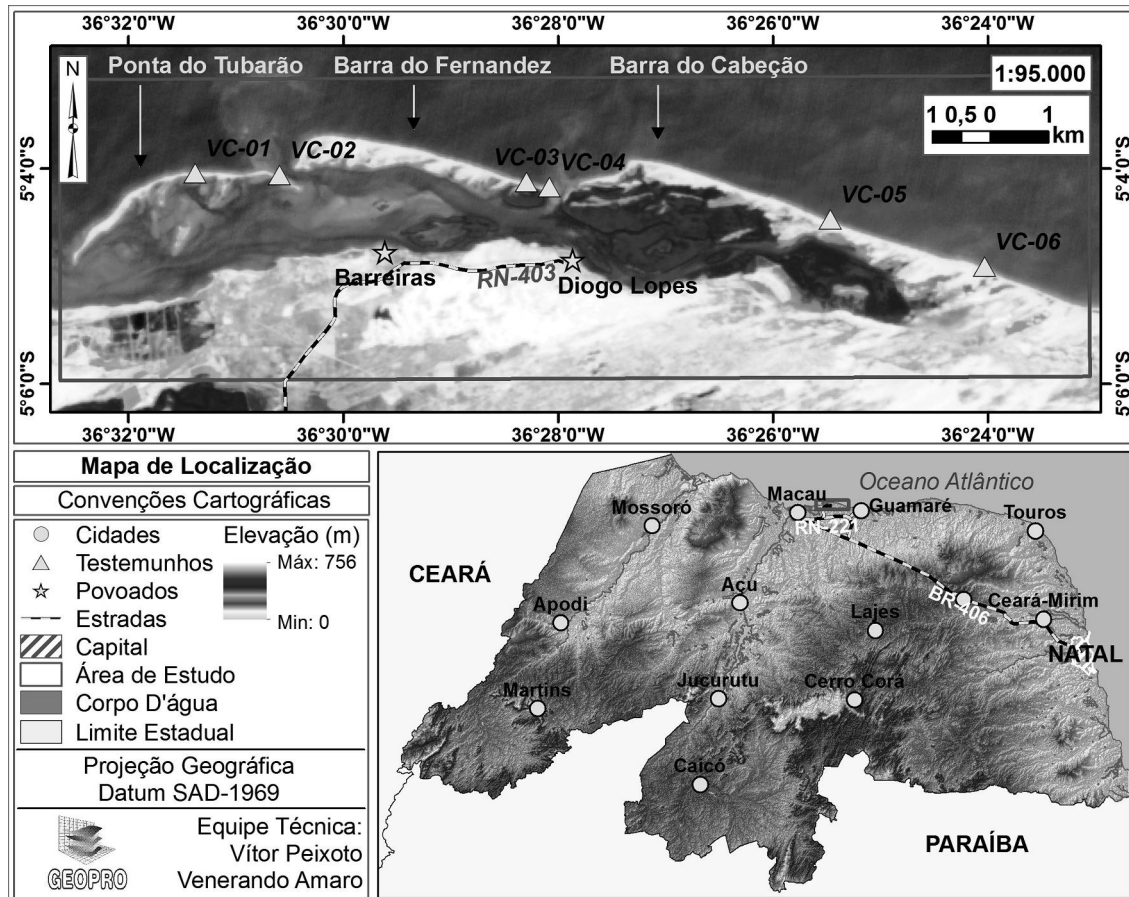


Fig.1. Localização e vias de acesso à área de estudo no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte (RN), Nordeste do Brasil. Localização das estações para testemunhagem com Vibrocorer na faixa praial

realce de feições lineares, e subsidiaram o reconhecimento e vetorização das unidades geológicas e geomorfológicas identificadas em campo.

3.2. Levantamento com Vibrocorer

O emprego de amostragem por *Vibrocorer* ou Vibrotestemunhador (Sugio, 1998), permite a coleta de sedimentos recentes em subsuperfície e tem sido relevante no estudo de sequências sedimentares inconsolidadas ou subconsolidadas (Melo, 2000). Ao todo, seis testemunhagens foram executadas ao longo da linha de costa, com recuperação entre 74 a 153 cm (Fig. 3), dos quais dois estão localizados na Ilha de Ponta do Tubarão (VC-01 e VC-02), outros dois, na Barra do Fernandez (VC-03 e VC-04) e os demais após a .

Barra do Cabeção até próximo ao Minhoto (VC-05 e VC-06) Como referência geodésica para o levantamento, considerou-se a maré baixa de quadratura ao longo da linha de costa e as estações estabelecidas na área de estudo pela Rede GPS do Litoral Setentrional do Rio Grande do Norte estabelecida por Santos & Amaro (2011) para controle de coordenadas geodésicas e altitudes ortométricas com precisão decimétrica em relação ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB). Desta forma, foi possível conservar uma mesma altimetria para o topo dos furos que foram inseridos no banco lamoso (paleomangue) aflorante na linha de costa (Fig. 3). O estágio seguinte consistiu nos procedimentos de laboratório, e constituiu as fases de abertura das amostras, fotografia, radiografia, análise e descrição dos testemunhos.

b

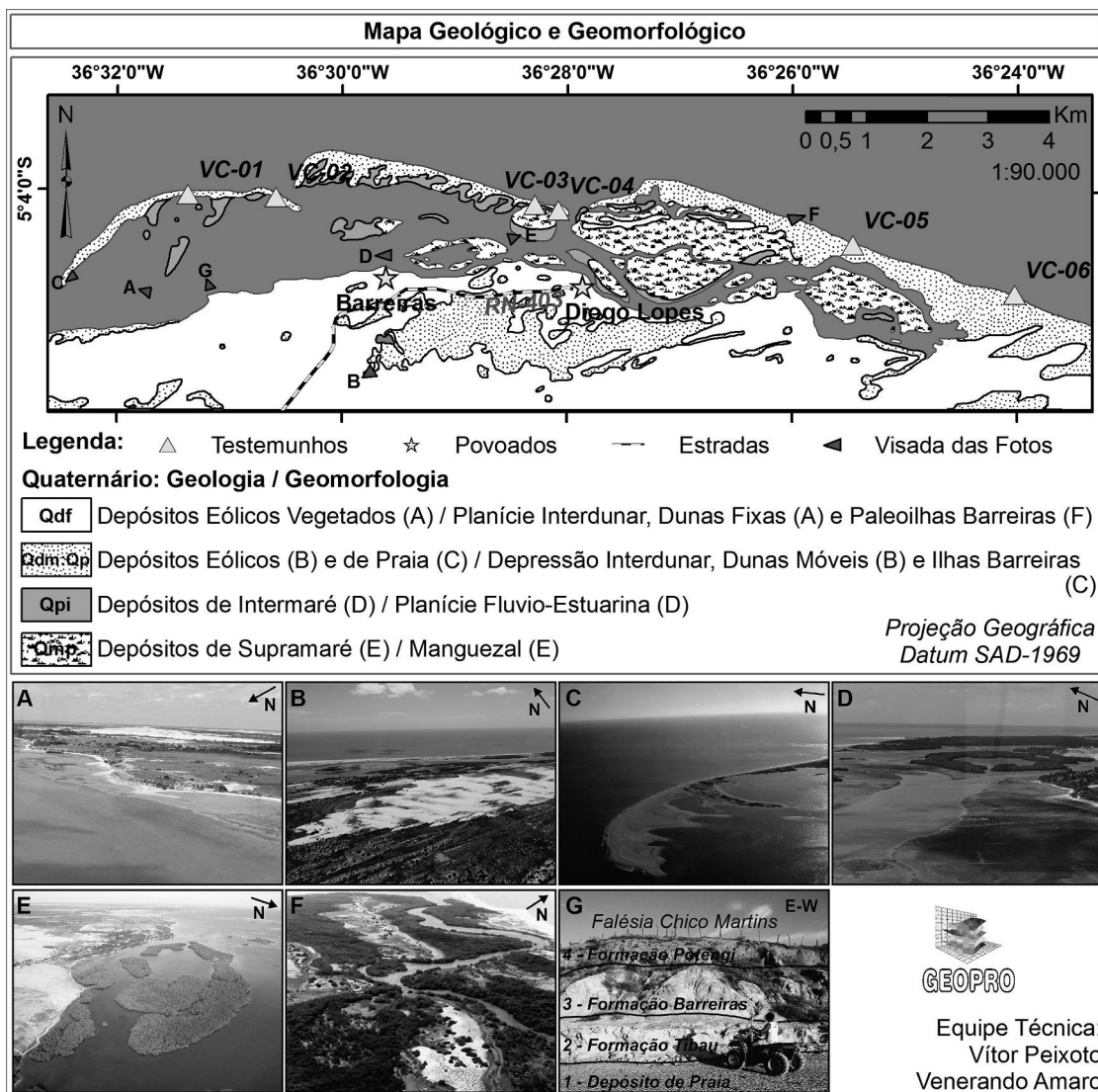


Fig. 2. Mapa geológico e geomorfológico da área de estudo e fotografias ilustrativas de diversas unidades geológicas e geomorfológicas no litoral setentrional do RN. Localização das estações de amostragem por Vibrocórer. Atualizado de Amaro (2002), Souto (2004), Valentim da Silva & Amaro (2008) e Nascimento (2009).

3.3. Radiografia

As radiografias foram realizadas no Hospital Universitário Onofre Lopes (UFRN), com o auxílio de profissionais especializados na área de Radiologia, com o intuito de realçar as finas estruturas sedimentares internas características dos depósitos lagunares areno-lamosos, assim como, melhor identificar as variações granulométricas, estruturas sedimentares e bioclastos aprisionados nos sedimentos coletados (Caldas, 2002).

3.4. Análises Sedimentológicas

A partir do conjunto dos testemunhos por Vibrocórer foram selecionadas 36 amostras para as análises sedimentológicas, realizadas no Laboratório de Sedimentologia da UFRN. Antes de qualquer tratamento, foi necessária a remoção dos sais, secagem e pesagem das amostras. Os sedimentos possuem quantidade considerável de sais solúveis em água, uma vez que, foram coletados na linha de costa, ambiente de alta salinidade. A remoção dos sais consiste em duas ou mais lavagens com água destilada.



Fig. 3. Levantamento com Vibrocorer na linha de costa. Em (A) preparação inicial do equipamento. Em (B) seleção do local para perfuração. Em (C) tubo de alumínio inserido no substrato. Em (D) retirada do tubo com auxílio da talha montada no tripé. Nas fotografias nota-se o nível de paleomangue usado como base de referência.

A secagem foi realizada na estufa ou chapa de aquecimento, que ocorreu em temperaturas inferiores a 60°C, para que não houvesse modificações nos argilominerais sensíveis a altas temperaturas, evitar a destruição da matéria orgânica e o endurecimento do material (Lima, 2002). Após a secagem, as amostras foram submetidas ao peneiramento a 2,0 mm, para retirar a fração maior que 2,0 mm correspondente aos bioclastos (detritos de conchas, gastrópodes, bivalves e algas calcárias) que foram pesados, descritos e armazenados. A fração maior que 2,0 mm correspondente a grãos de quartzo e fragmentos de rocha calcária foi devolvida a fração menor que 2,0 mm, que foi denominada de fração resultante. A fração resultante foi pesada (aproximadamente 100g) e quarteada, sendo uma parte destinada a análise química e granulométrica (aproximadamente 30g), e a restante descrita, acondicionada em sacos plásticos e

armazenada.

3.5. Análise Química

A análise química consistiu na determinação dos teores de carbonato e matéria orgânica. O teor de carbonato foi determinado a partir do tratamento das amostras com ácido clorídrico (HCl), diluído a 10%. E o teor de matéria orgânica foi obtido a partir do tratamento das amostras com peróxido de hidrogênio (H₂O₂), diluído a 50%.

3.6. Análise Granulométrica

Após eliminação do carbonato e da matéria orgânica as amostras foram submetidas à análise granulométrica, a fração maior que 2,0 mm foi separada por peneiramento convencional, enquanto que a fração menor que 2,0 mm foi analisada no granulômetro a *laser* (Cilas, 2001), que determina a fração granulométrica do material no intervalo de

2,0 a 0,02 mm, e é programado para fornecer os dados a cada $\frac{1}{2}$ ϕ na forma de planilhas e histogramas (diâmetros das partículas x valores cumulativos) (Chaves, 2005)).

3.7. Descrição dos Testemunhos

Inicialmente foram calculados parâmetros estatísticos a partir das análises granulométricas, que permitiram classificar os sedimentos de acordo com a média granulométrica ou diâmetro médio dos grãos (Udden 1914; Wentworth 1922), e texturalmente (Folk & Ward 1957). Em seguida, foram utilizadas as análises composicionais, quantificação de carbonato e matéria orgânica, que combinadas às análises granulométricas permitiram classificar os sedimentos (Folk, 1954; Shepard, 1954; Larssonneur, 1977, modificado por Dias, 1996; Freire *et al.*, 1997; Viltal *et al.*, 2005), como mostra a Tabela 1. O *software* Sistema de Análise Granulométrica - SAG (LAGEMAR/UFF, 2000; DIAS & Ferraz, 2004) auxiliou nos cálculos dos parâmetros estatísticos (média, mediana, assimetria, selecionamento e curtose) e na classificação do material sedimentar. O *software* fornece as frequências simples e acumulada, e os percentis (15, 16, 25, 50, 75, 84 e 95), necessários para o cálculo desses parâmetros.

Características como tamanho do grão, parâmetros texturais, composição, estruturas e cor foram estimadas por comparação as cartas apresentadas por Udden (1914), Wentworth (1922), Folk & Ward (1957), Pettijohn *et al.* (1972), Pettijohn *et al.* (1987), Longiaru (1987), Tucker (2003) e Munsell (2009). Os bioclastos aprisionados nos sedimentos foram reconhecidos com base em Macdonald (1982), Silva (1991), Tabosa (2002), Tabosa (2006) e Melo *et al.* (2010). A integração dos dados resultou na elaboração da coluna litoestratigráfica de cada testemunho (Fig. 4), através do *software SedLog*, um programa *shareware* para desenho e manipulação de colunas

estratigráficas desenvolvido por Dimitrios Zervas, integrante do *SE Asia Research Group*, do Departamento de Ciências da Terra e do Departamento de Ciências da Computação da Universidade de Londres (Zervas *et al.*, 2009).

4. Resultados e Discussões

4.1. Caracterização Sedimentológica e Estratigráfica

A distribuição das fácies sedimentológicas nos testemunhos permitiu o reconhecimento de quatro fácies distintas representadas na Tab. 1.

As fácies Areia Siliciclástica com Grânulos e Cascalhos (AS1a) e Areia Siliciclástica (AS1b) ocorrem em todos os testemunhos, ao longo do trecho litorâneo em estudo, e geralmente sotopostas e/ou intercaladas às fácies lamosas (Lama Terrígena-LL1 e Marga Arenosa-LL2), que correspondem aos paleomangues aflorantes. Ao todo, os testemunhos totalizaram 6,69 metros de recuperação, dos quais, 2,37 m (35%) correspondem à fácies Areia Siliciclástica com Grânulos e Cascalhos (AS1a), cujos sedimentos constituintes apresentam granulometria variando de areia média a grossa, os grãos são moderadamente a pobremente selecionados, variando de angulosos a sub-arredondados. Os teores de carbonato e matéria orgânica variam de 3 a 22%, e de 0 a 3% respectivamente. Em adição, 1,72 m (26%) estão associados à fácies sedimentar Areia Siliciclástica (AS1b), cujos sedimentos constituintes apresentam granulometria variando de areia muito fina a média, os grãos são moderadamente a pobremente selecionados, variando de sub-angulosos a arredondados. Os teores de carbonato e matéria orgânica variam de 0 a 15%, e de 0 a 4% respectivamente.

As fácies Lama Terrígena (LL1) e Marga Arenosa (LL2) afloram como bancos lamosos ou paleomangues na linha de costa, ao longo do trecho em estudo. Ocorrem geralmente sobrepostas e/ou

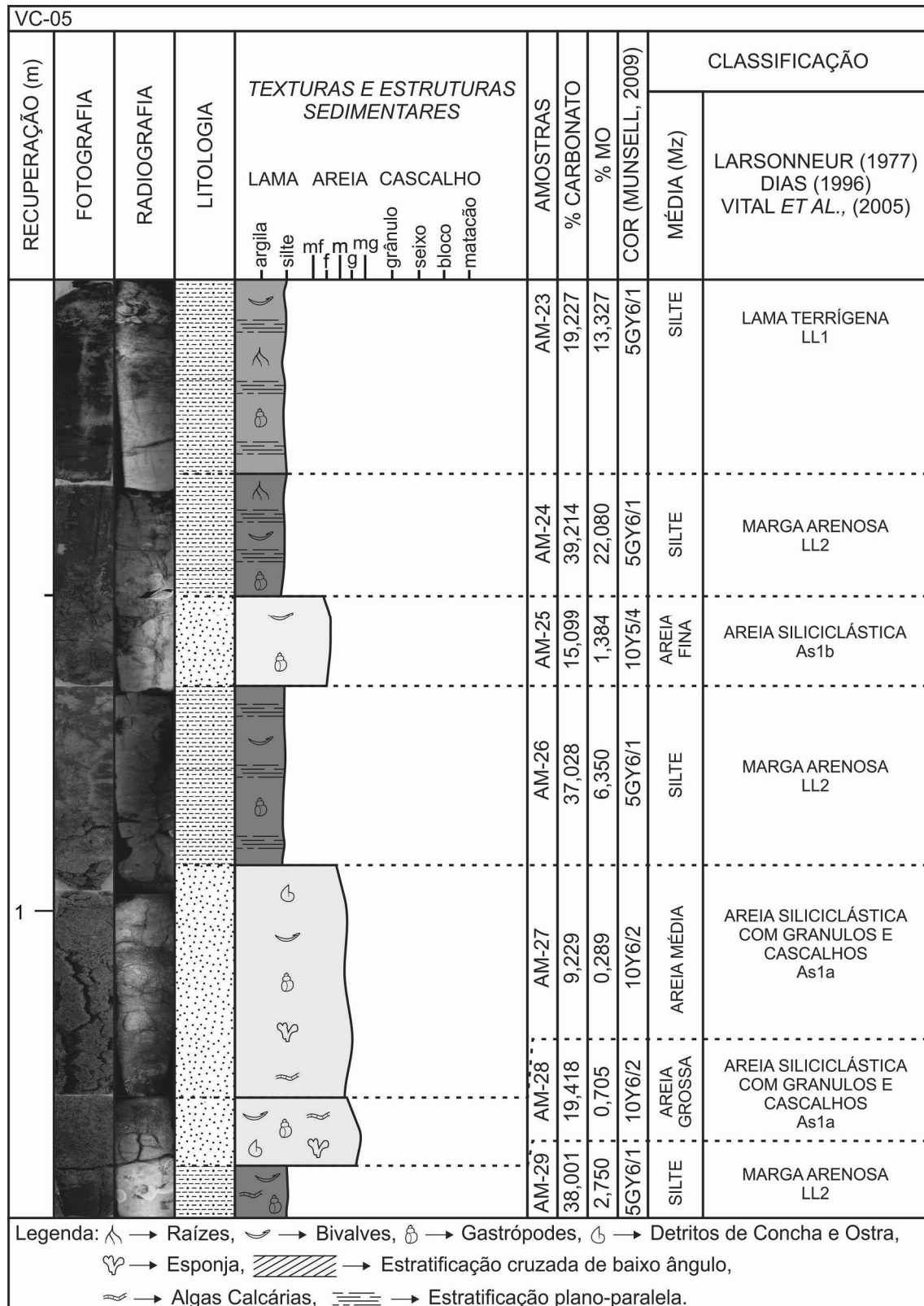


Fig. 4. Seção colunar do testemunho VC-05 localizado em área de estreitamento de praia, próximo ao canal de maré.

b

Tab. 1. Classificação sedimentar de FREIRE et al. (1997, modificada por VITAL et al., 2005). As fácies sedimentares AS1a, AS1b, LL1 e LL2 foram reconhecidas na área de estudo.

Subdivisões Principais	Seixos, Grânulos, Conquinas ou Rodólitos (Lama < 15%; Md* > 2,0 mm)	Lama < 15%; Areia + Lama > 50%; Md* < 2,0 mm		Sedimentos Lamosos (Lama > 15%)
		15% < Superior a 2,0 mm < 50%	Superior a 2,0 mm < 15%	
Sedimentos Siliciclásticos (Carbonato < 30%)	Cascalho Siliciclástico CL1	Areia Siliciclástica com Grânulos e Cascalhos AS1a	Areia Siliciclástica AS1b	Lama Terrígena LL1
Sedimentos Silici-Biolásticos (Carbonato = 30% a 50%)	Cascalho Silici-Biolástico CL2	Areia Silici-Biolástica com Grânulos e Cascalhos AS2a	Areia Silici-Biolástica AS2b	Marga Arenosa LL2
Sedimentos Bio-Siliciclásticos (Carbonato = 50% a 70%)	Cascalho Bio-Siliciclástico CB1	Areia Bio-Siliciclástica com Grânulos e Cascalhos AB1a	Areia Bio-Siliciclástica AB1a	Marga Calcárea LB1
Sedimentos Biolásticos (Carbonato > 70%)	Cascalho Biolástico CB2	Areia Biolástica com Grânulos e Cascalhos AB2a	Areia Biolástica AB2a	Lama Calcárea LB2

* Md = Mediana

intercaladas às fácies arenosas (Areia Siliciclástica com Grânulos e Cascalhos-AS1a) e Areia Siliciclástica-AS1b). Do total recuperado de 6,69 metros, 1,60 m (24%) estão associados à fácies Lama Terrígena (LL1), cujos sedimentos constituintes apresentam granulometria silte, e os grãos são muito pobremente a pobremente selecionados. Os teores de carbonato e matéria orgânica variam de 2 a 29%, e de 1 a 14% respectivamente. Complementando, 1,0 m (15%) correspondem à fácies Marga Arenosa (LL2), cujos sedimentos constituintes apresentam granulometria silte, e os grãos são muito pobremente a pobremente selecionados. Os teores de carbonato e matéria orgânica variam de 33 a 40%, e de 2 a 23% respectivamente.

A análise e interpretação das características sedimentológicas dos testemunhos permitiram identificar (Tab. 2) subfácies de Planície de Intermaré (*Intertidal Flat*) e de Canais de Maré (*Tidal Inlet*), assim como as sequências deposicionais com granocrescência ascendente (*coarsening upward*), e com granodecrescência ascendente (*fining upward*), sugerindo a migração e reocupação dos canais de maré, como indica o bloco diagrama

esquemático dos ambientes sugeridos para a área de estudo (Fig. 5).

4.2. Perfil Litológico

Os testemunhos foram integrados numa base georreferenciada que tornou possível a elaboração de uma seção litofaciológica esquemática da área de estudo (Fig. 6), e permitiu a correlação entre os depósitos pretéritos e não-aflorantes identificados com o contexto morfotectônico e de intensa dinâmica costeira ao qual a área está submetida, combinando com sondagens e levantamentos *Vibrocorer* realizados por Silva (1991), Santos Neto (2007) e integração de sondagens mais profundas compiladas por Nascimento (2009), em relação à disposição da área de estudo em relação ao Sistema de Falhas de Carnaubais-Afosonso Bezerra (Fig. 7).

De maneira geral, evidenciam-se em todos os testemunhos analisados, intercalações entre fácies lamosas caracterizadas por Planície de Intermaré (*Intertidal Flat*) e fácies arenosas, caracterizadas por Canais de Maré (*Tidal Inlet*), o que se pensava comportar como uma barreira aos processos erosivos (os bancos lamosos ou paleomangues aflorantes) na verdade constituem pacotes

Tab. 2. Associações faciológicas e subfácies (em negrito) reconhecidas na área de estudo. Classificação modificada de Silva (1991).

Associação de Fácies	Fácies	Subfácies
Planície de Maré (Tidal Plain)	Supramaré (Supratidal)	Planície de Supramaré (Supratidal Flat)
	Intermaré (Intertidal)	Planície de Intermaré (Intertidal Flat)
	Inframaré (Subtidal)	Barra de Pontal Estuarina (Estuarine Point Bar)
Litoral (Littoral)	Delta de Maré Vazante (Ebb-Tidal Delta)	Laguna (Lagoon)
		Canal de maré (Tidal Channel)
		Espraçamento (Swash Platform)
	Esporões Arenosos & Praia (Barrier Spit & Beach)	Paleoilhas Barreiras (Secondary Spit)
		Canais de Maré (Tidal Inlet)
		Esporões Arenosos & Praia (Barrier Spit & Beach)
	Dunas Eólicas (Eolian Dune)	
	Face Litorânea (Shoreface)	

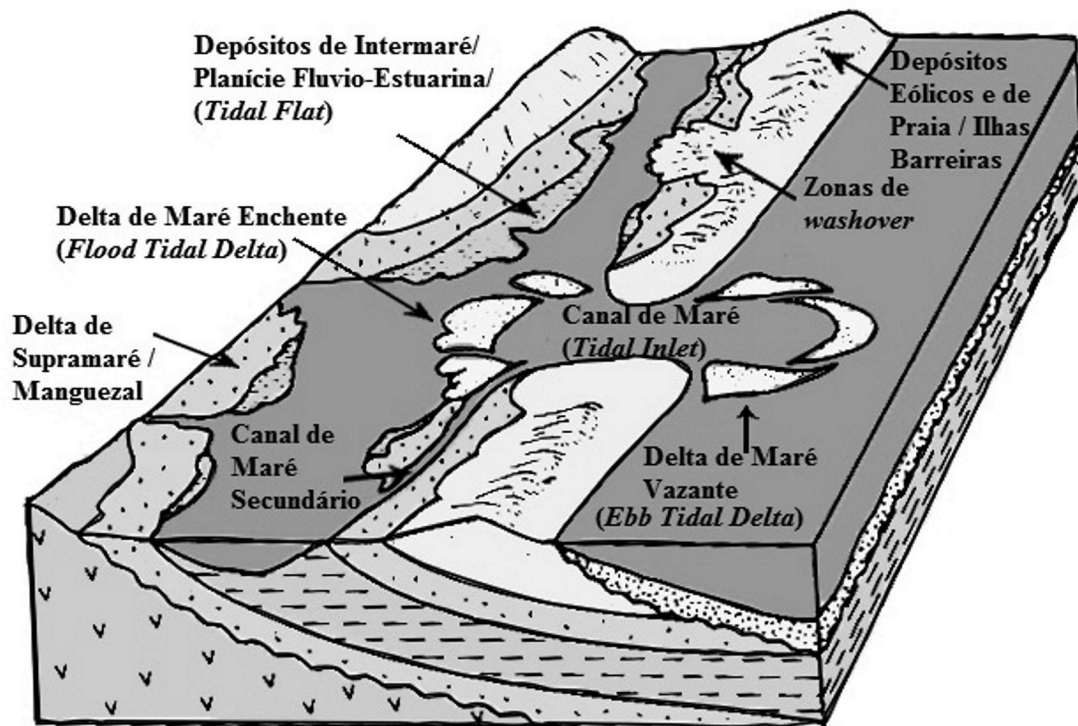


Fig. 5 - Bloco diagrama esquemático dos ambientes sugeridos para a área de estudo.

b

Rios & Amaro. Caracterização dos depósitos sedimentares Holocênicos no sistema de ilhas barreiras...

sedimentares pouco espessos e, desta forma, com baixa representatividade, mais uma evidência da intensa dinâmica costeira a qual a região está submetida que gera a alta instabilidade das feições morfológicas.

O canal do arrombado, descrito por Santos Neto (2007), localizado entre a Barra Arenosa do Cabeção e a Barra Arenosa do Fernandez, encontra-se atualmente assoreado, devido ao processo de migração de E para W da Barra Arenosa do Cabeção influenciado pelo suprimento sedimentar carreado pela deriva litorânea. Esse processo de migração das barras arenosas, por sua vez estreita e alonga a Barra do Fernandez instalando um intenso processo erosivo sentido N-S o que força a migração do canal de maré instalando o Canal

de Maré do Fernandez (Nascimento, 2009).

Essa instabilidade costeira marcada pelo surgimento e migração dos canais de maré parece estar associada ao controle tectônico do Sistema de Falhas de Carnaubais (Fig. 7), uma vez que, é possível correlacionar a geometria do litoral com a direção de surgimento dos canais NE-SW, paralelo aos lineamentos mapeados por Valentim da Silva & Amaro (2008), Souto (2009) e Valentim da Silva *et al.* (2010), localizados entre os escalonamentos morfológicos terciário-quadernários identificados por Nascimento (2009), e com a mesma direção de migração de NE para SW das ilhas barreiras, como a Ponta do Tubarão, locais preferenciais de aberturas futuras de canais de maré (Fig. 8).

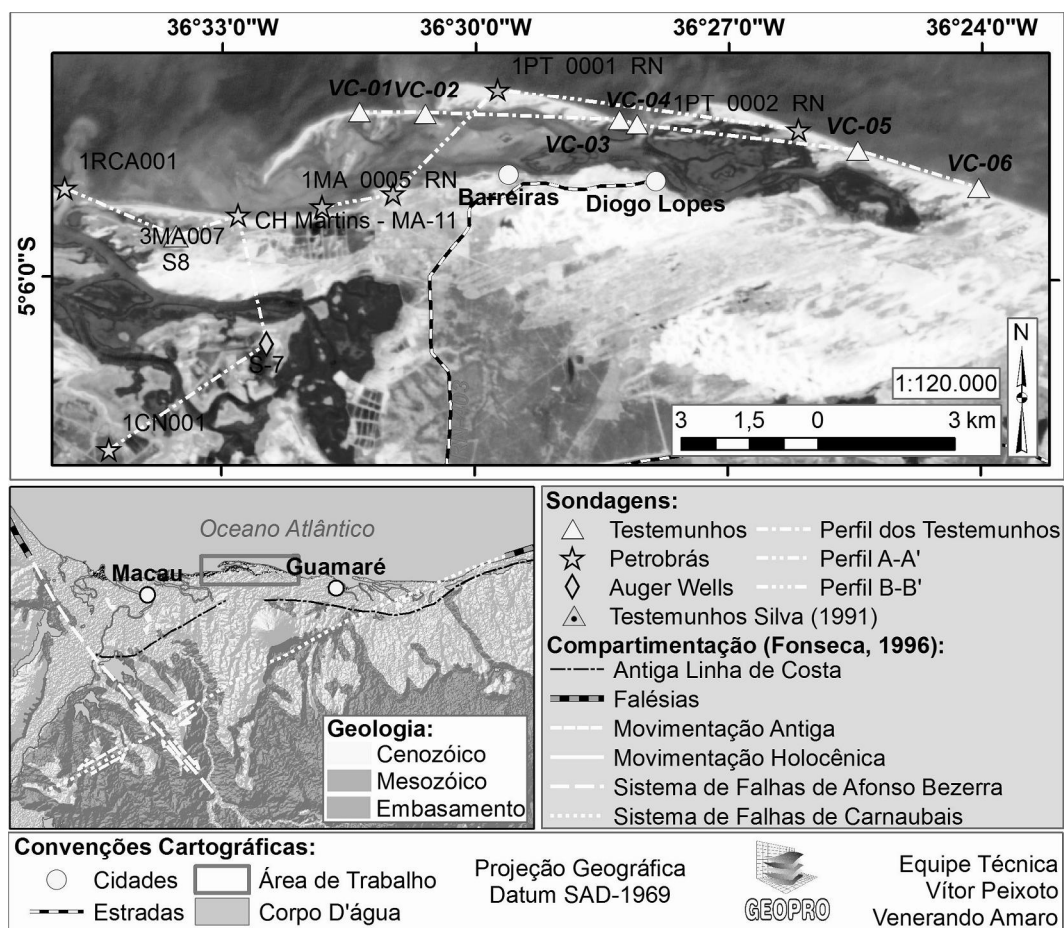


Fig. 6. Perfis dos testemunhos executados nesse estudo, integrados às informações de testemunhagem Vibrocorer de Santos Neto (2007). Mostra-se ainda o contexto tectonoestrutural proposto por Souto (2009), a correlação com sondagens AA' de Silva (1991) e BB' de Nascimento (2009).

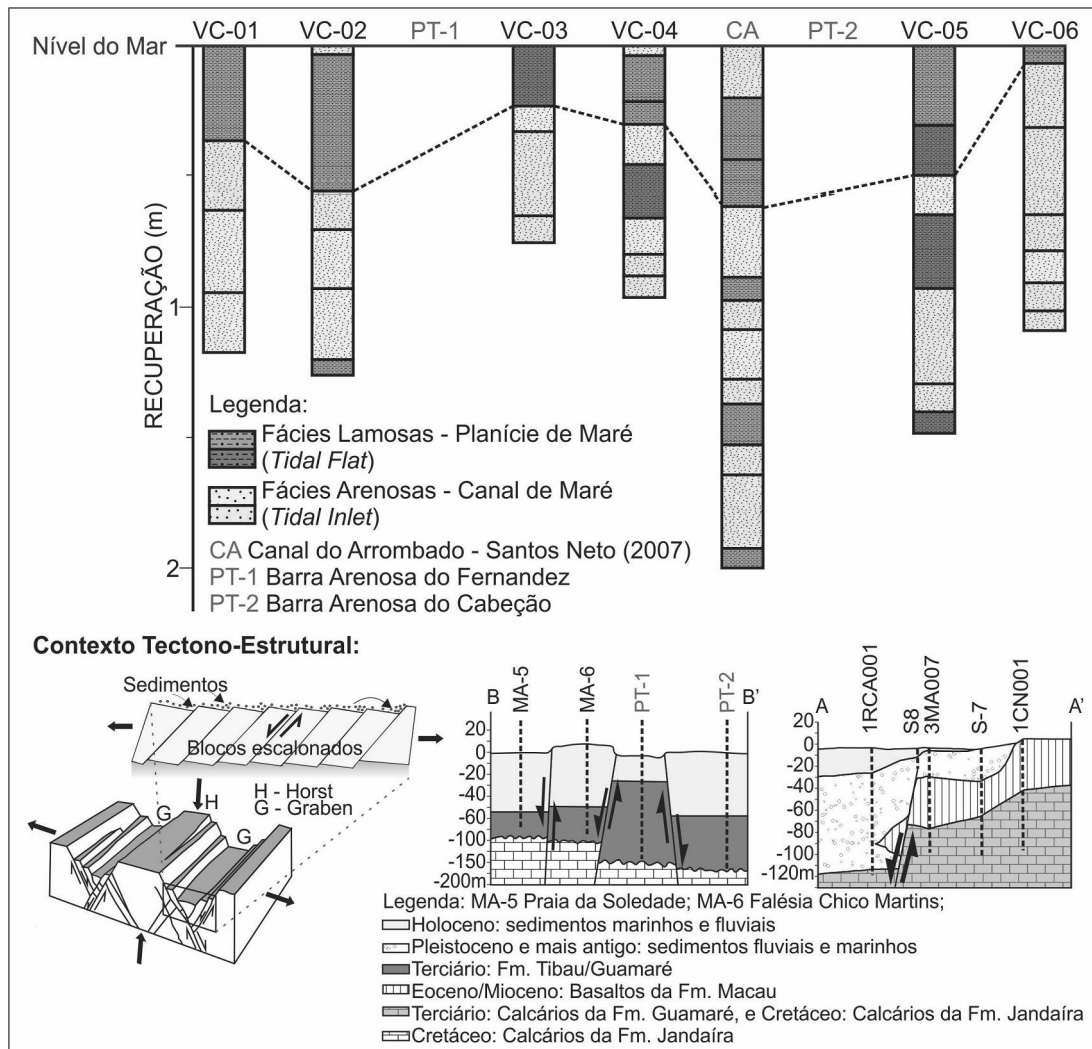


Fig. 7. Mapa de localização do perfil dos testemunhos executados nesse estudo e das seções litofaciológicas esquemáticas da área de estudo: sondagens AA' de Silva (1991) e BB' de Nascimento (2009). Em destaque a localização da área de estudo em relação ao sistema de falhas conjugadas de Afonso Bezerra e Carnaubais (FONSECA, 1996).

Ao analisar o perfil litofaciológico observa-se uma camada relativamente espessa correspondente aos depósitos lamosos aflorantes (paleomangues) associados à fácies de Planície de Maré (*Tidal Flat*), entretanto, se observarmos o testemunho VC-06, nota-se que esta camada afina, e a fácies arenosa associada à subfácies de Canais de Maré (*Tidal Inlet*) torna-se mais evidente e representativa, há neste caso um extenso pacote sedimentar correlato a subfácies de Canais de Maré que outrora existira neste ponto interligando a parte leste do estuário Barreiras/Diogo Lopes com o mar aberto. Este fato corrobora com o prognóstico

realizado para a área por Franco (2010), que propõe para poucos anos, o estreitamento da faixa de praia entre a atual Barra do Cabeção e a praia do Minhoto de N para S, resultando na abertura de um novo canal de maré, onde está localizado o testemunho VC-06, que interligará a parte leste do Estuário Diogo Lopes com o mar aberto. Este fato poderá formar ilhas na parte lagunar, parcialmente protegidas por cobertura vegetal de manguezal, mas a face praial estará submetida ao assoreamento e aos impactos das forças hidrodinâmicas, o que acarretará a destruição da vegetação na linha de costa, como já se observa em alguns trechos das

b

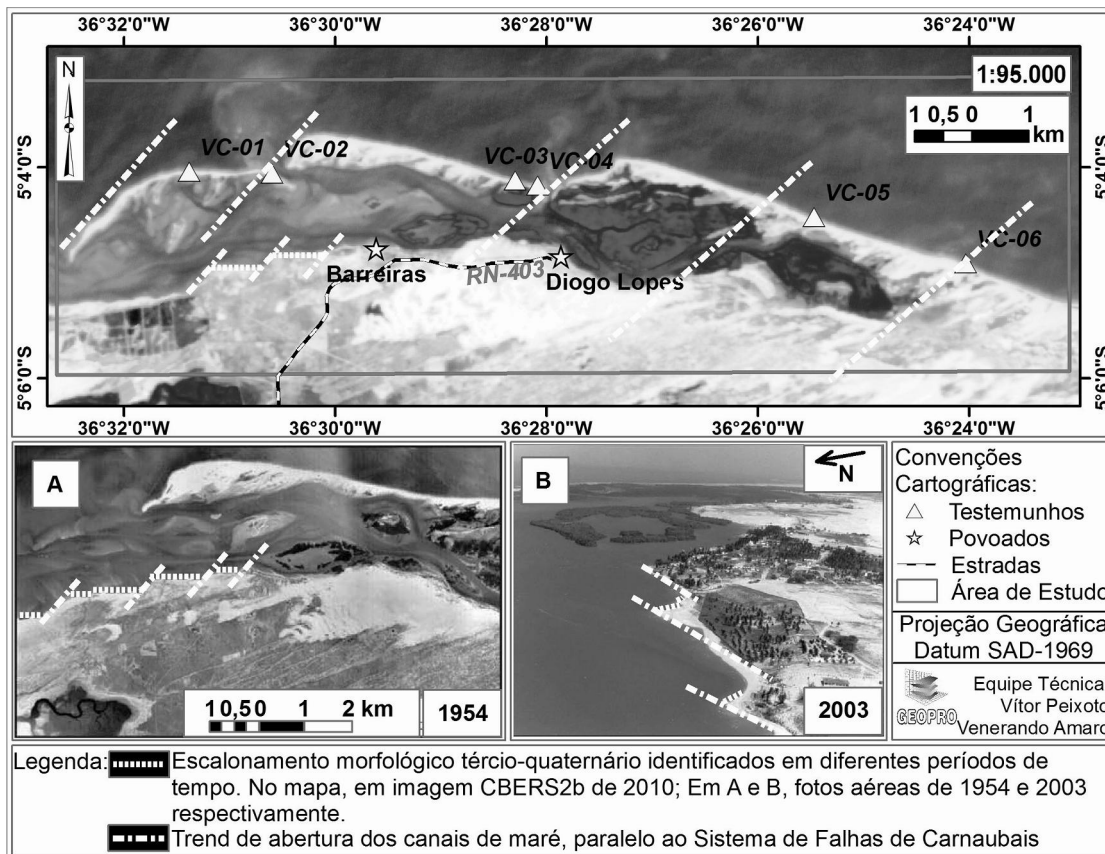


Fig. 8. Conformação do trend direcional de lineamentos NE que controla a conformação geométrica da linha de costa e onde, eventualmente, poderia ocorrer o surgimento dos futuros canais de maré (Tidal inlets). (A) Conformação dos lineamentos em fotos aéreas de 1954; (b) Conformação dos lineamentos NE em sobrevoo realizado em 2003.

ilhas da Ponta do Tubarão e do Fernandez, já expostas à ação direta do mar aberto. Ou seja, a subsidência da porção W do Estuário Diogo Lopes (Fig. 6) estará contribuindo para o aumento no processo erosivo.

As intercalações entre fácies de Planície de Intermaré (*Intertidal Flats*) e Canal de Maré (*Tidal Inlet*), comprovam a intensa dinâmica costeira a qual a região está submetida, em que a abertura e fechamento dos canais de maré ocorrem em curto intervalo de tempo, que poderá ser determinado através da diferença de idades e profundidades nos testemunhos entre bioclastos da fácies de planícies de maré (paleomangues) mais recentes e de fácies de planícies de maré mais antigas marcando, desta forma, as idades de início e término das fácies de canais de maré, ou a abertura e o fechamento desses canais.

Apesar da diferença entre as profundidades dos perfis de Silva (1991) e Nascimento (2009) com o perfil dos testemunhos analisados neste trabalho, procurou-se evidenciar quais as consequências do basculamento mostrado nos perfis AA' e BB' na deposição dos sedimentos costeiros holocênicos.

5. Conclusões

A técnica de testemunhagem por vibração, *Vibrocoring*, ou vibrotestemunhador foi eficaz na caracterização dos depósitos sedimentares holocênicos costeiros, pretéritos e não aflorantes, do sistema de ilhas barreiras do Estuário Diogo Lopes, e permitiu o reconhecimento e caracterização de quatro fácies sedimentares distintas caracterizadas por Areia Siliciclástica com Grânulos e Cascalhos (AS1a), Areia Siliciclástica (AS1b),

Lama Terrígena (LL1) e Marga Arenosa (LL2).

A análise e interpretação das características sedimentológicas dos testemunhos permitiram identificar ainda subfácies de Planície de Inter-maré (*Intertidal Flat*) correlatas às fácies Lama Terrígena (LL1) e Marga Arenosa (LL2), e de Canais de Maré (*Tidal Inlet*) associadas às fácies Areia Siliciclástica (AS1b) e Areia Siliciclástica com Grânulos e Cascalhos (AS1a), assim como, sequências deposicionais com granocrescência ascendente (*coarsening upward*), e com granodecrescência ascendente (*fining upward*), indicando a migração e a reocupação de alguns setores pelos canais de maré.

Este estudo permitiu observar intercalações entre fácies lamosas, caracterizadas por Planície de Inter-maré (*Intertidal Flat*), e fácies arenosas, caracterizadas por Canais de Maré (*Tidal Inlet*), que comprovaram a intensa dinâmica costeira a qual a região está submetida, em que a abertura e o fechamento dos canais de maré ocorrem em curto intervalo de tempo, na escala de anos a décadas, e preferencialmente em situações geológicas de descontinuidades estruturais prévias, como atesta a geometria da linha de costa, o escalonamento evidente entre as diferentes profundidades entre fácies nos testemunhos realizados, e a correlação entre os afinamentos das barras/espores arenosos e os lineamentos estruturais que condicionam trechos de drenagem e falhamentos no continente (Valentim da Silva & Amaro 2008; Nascimento, 2009; Valentim da Silva *et al.* 2010).

A correlação dos testemunhos analisados com sondagens e testemunhagem prévios realizados por outros autores, por meio da integração de perfis geológicos esquemáticos, possibilitou ainda relacionar os efeitos da neotectônica nas modificações da morfologia costeira, uma vez que é possível observar a influência do controle tectônico do Sistema de Falhas de Carnaubais sobre a geometria do litoral e a direção de surgimento dos

canais de maré NE-SW. Sendo assim, foi possível associar a ocorrência dos esporões arenosos e ilhas barreiras às áreas de soerguimento dos blocos estruturais, controlados por sistema falhamentos profundos, antigos e reativados até o presente. Provavelmente, os locais de abertura dos canais de maré (*inlets*) ocorrerão preferencialmente acompanhando a geometria e a movimentação das descontinuidades que marcam os sistemas dos falhamentos que controlam tais blocos em subsidência, com grande influência do *trend* geral de lineamentos NE.

Portanto, o Estuário Diogo Lopes esteja sobre influência da geometria e da reativação tectônica do Sistema de Falhas de Carnaubais, associado a um sistema de blocos escalonados. Desta forma, o controle morfotectônico, se agrega aos processos deposicionais e erosivos na abertura e fechamento de canais de maré ao longo das faixas de praia e ilhas barreiras.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio técnico e financeiro da REDE 05 – PETROMAR (CTPETRO-FINEP/PETROBRAS/CNPq), por meio do suporte aos Projetos Cooperativos HIDROSEMA e MOLECO. Ao apoio operacional das equipes do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (GEOPRO/DG/UFRN) e do Grupo de Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental (GGEMMA) e ao Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN (PPGG/UFRN). Agradecimentos especiais a Maria de Fátima Alves de Matos e aos revisores que com suas sugestões contribuíram para o aperfeiçoamento deste artigo.

Referências Bibliográficas

Amaro, V. E. 2002. Diagnóstico e vulnerabilidade ambiental dos estuários do litoral norte e seus entornos. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente - IDEMA. Projeto de Zoneamento Ecológico-Econômico dos estuários do Estado do Rio Grande do Norte e dos seus entornos, SUGERCO/IDEMA, Natal/RN. Amaro, V.E. (Org.) Relatório Final.

- Caldas, L. H. O. 1998. Estudo geológico e geofísico da Falha de Carnaubais, Bacia Potiguar-RN, e implicações neotectônicas. Dissertação de Mestrado, PPGG/ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 85 p.
- Caldas, L. H. O. 2002. Late Quaternary coastal evolution of the northern Rio Grande do Norte coast, NE Brazil. Unpublished PhD Thesis. Kiel University, Germany, 92 p.
- Chaves, M. S. 2005. Dinâmica costeira da área Macau-Serra, litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte. PhD Thesis. Geodinâmica e Geofísica - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 97p.
- Cilas. 2001. Distribuição Granulométrica à Laser: Método Líquido. São Paulo/SP. Coutinho, P. N. 1976. Geologia Marinha da Plataforma Continental Alagoas-Sergipe-Recife. 119p. Tese de Livre Docência. Universidade Federal de Pernambuco.
- Dias, G. T. M. 1996. Classificação de sedimentos marinhos proposta de representação em cartas sedimentológicas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 39, *Anais*, Salvador, SBG, 423-426.
- Dias, G. T. M.; Ferraz, C. B. 2004. SAG - Sistema de Análise Granulométrica. Manual do Usuário. Publicação interna Dept. Geologia-Lagemar/UFF. Disponível em: <http://www.igeo.uff.br>.
- ESRI. 2006. Environmental Systems Research Institute. ArcGIS Professional GIS for the desktop, versão 9.3.
- ER MAPPER. 2006. 'ER Mapper Professional Version 7.1'. Earth Resource Mapping Pty Ltd., Perth, Australia.
- Folk, R. L. 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal of Geology* 62 (4), 344 - 359.
- Folk, R. L.; Ward, W. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research Petrology*, 27:3-26.
- FONSECA, V. P. 1996. Estudos morfo-tectônicos na área do baixo-curso do rio Açu (Açu-Macau), Rio Grande do Norte. Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Dissertação de Mestrado, 103p.
- Franco, C. G. M. 2010. Prognóstico da Erosão Costeira no Litoral Setentrional do Rio Grande Do Norte Para os Anos de 2020, 2030 E 2040. Relatório de Graduação. UFRN. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 92p.
- Freire, G. S. S., Cavalcanti, V. M. M.; Maia, L. P.; Lima, S. F. 1997. Classificação dos Sedimentos da Plataforma Continental do Estado do Ceará. In: Simpósio de Geologia do Nordeste, Fortaleza-CE, *Anais*, p. 209-211.
- IDEMA, 2007. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Anuário estatístico 2007. http://www.idema.rn.gov.br/anuario2007/caracterizacao_territorio.html.
- LAGEMAR/UFRN. 2000. SAG – Sistema de Análise Granulométrica. Programa de Análise Completa. Rio de Janeiro/RJ (RS): Instituto de Geociências – UFF.
- Larsonneur, C. 1977. La cartographie des depot meubles sur le plateau continental francais: methode mise au point et utilisee en manche. *J. Rech. Oceanogr.* 2:34-39.
- Lima, W. S. G. 2002. Geologia e Geomorfologia dos Recifes de Maracajaú–RN e Plataforma Rasa Adjacente. Dissertação de Mestrado. Programa De Pesquisa E Pós-Graduação Em Geodinâmica E Geofísica (PPGG). UFRN.
- Longiaru, S. 1987. Visual comparators for estimating the degree of sorting from plane and thin sections. *J. Sed. Petrol.*, 57, 791- 794.
- Macdonald. 1982. The Macdonald Encyclopedia of Shells. London and Sydney, 1982, 512 pp.
- Melo, F. T. L. 2000. Aspectos morfo-dinâmicos do complexo lagunar Nísia Floresta-Papeba-Guarairas, região costeira sul oriental do RN. Dissertação de Mestrado (UFRN).
- Melo, A. C. C.; Amaral, R. F.; Santos, A. B. 2010. Identificação e classificação dos sedimentos biogênicos da plataforma continental do Rio Grande do Norte - Folha Touros – Fração areia muito grossa a cascalho fino. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 45, Belém-PA. *Resumos*
- Munsell. 2009. Geological Rock-Color Chart, with genuine Munsell® color chips. Geological Society of America (GSA) Rock-Color Chart prepared by the Rock-Color Chart Committee.
- Nascimento, M. C. 2009. A erosão costeira e sua influência sobre a atividade petrolífera: Alternativas sustentáveis na mitigação de impactos ambientais. Dissertação de Mestrado em Geofísica e Geodinâmica, Programa de Pós-graduação de Geofísica e Geodinâmica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 222 p.
- Pettijohn, F. G.; Potter, P. E.; Siever, R. 1972. Sand and sandstones. Springer Verlag.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E.; Siever, R. 1987. Sand and Sandstone. Springer, New York, 553 p.
- Reinson, G. E. 1992. Transgressive barrier-island and estuarine systems. In: R.G. Walker; N.P. James (eds.). Facies Models: Response to Sea Level Change. *Geological Association of Canada*, p. 179-194.

- Santos Neto, F. 2007. Caracterização Morfosedimentar da Ponta do Tubarão. Relatório de Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- Santos, M. S. T.; Amaro, V. E. 2011. Rede Geodésica Para o Monitoramento Costeiro do Litoral Setentrional do Estado do Rio Grande Do Norte. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 17(4): 571-585.
- Shepard, F. P. 1954 Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentology Petrology*, 24 (3):151-158.
- Silva, C. G. 1991. Holocene stratigraphy and evolution of the Açu River Delta, Rio Grande do Norte State, Northeastern Brazil. PhD Thesis, Duke University, United States, 359 p.
- Silva, R. L.; Nogueira, A. M. B. 1995. Estratigrafia da Porção Emersa da Costa do Rio Grande do Norte. In: simpósio sobre processos sedimentares e problemas ambientais na zona costeira nordeste do Brasil, 1. Recife, p 44-147.
- Souto, M. V. S. 2009. Análise da Evolução Costeira do Litoral Setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, Região Sob Influência da Indústria Petrolífera. Tese (Doutorado em Geofísica e Geodinâmica). Programa de Pós-graduação de Geofísica e Geodinâmica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN. 177p.
- Stattegger, T. K.; Caldas, L. H. O.; Vital, H. 2006 - Holocene Coastal Evolution of the Northern Rio Grande do Norte Coast, NE, Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 39 (Proceedings of the 8th International Coastal Symposium). Itajaí, SC, p. 150-155.
- Suguio, K. 1998. Dicionário de Geologia Sedimentar e Áreas Afins. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil.
- Tabosa, W. F. 2002. Monitoramento costeiro das praias de São Bento do Norte e Caiçara do Norte - RN: Implicações para o Polo Petrolífero de Guamaré. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós - Graduação em Geodinâmica e Geofísica). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Dissertação de Mestrado, 112 p.
- Tabosa, F. W. 2006. Morfologia, Hidrodinâmica e Sedimentologia da Plataforma Continental Brasileira Adjacente a São Bento do Norte e Caiçara do Norte RN/NE do Brasil. Tese (Doutorado em Geofísica e Geodinâmica). Programa de Pós-Graduação de Geofísica e Geodinâmica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN. 147p.
- Tucker, M. E. 2003. *Sedimentary Rocks in the Field*. Third Edition John Wiley, Chichester.
- Udden, J. A. 1914. Mechanical composition of clastic sediments. *Bulletin of the Geological Society of America*, 25: 655-744.
- Valentim da Silva, D. R.; Amaro, V. E. 2008. Integração entre dados ópticos e radar (SRTM) para a caracterização geoambiental da costa setentrional do Rio Grande do Norte. *Revista Geográfica Acadêmica* 2:111-123
- Valentim da Silva, D. R.; Amaro, V. E.; Souto, M. V. S.; Nascimento, M. C.; Barros Pereira, B. R. B. Geomorfologia de uma área com alta sensibilidade ambiental na Bacia Potiguar (NE do Brasil). UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 10(4):545-566 (2010).
- Vital, H.; Lima, Z. M. C.; Silveira, I. M.; Amaro, V. E.; Souto, M. V. S., 2003. Barrier-spit system from the northern Rio Grande do Norte State Coast, NE Brazil: A tectonic control? *Proceedings of the 3th Latinamerican Sedimentology Congress (Belém, PA)*, p.313-315.
- Vital, H.; Amaro, V. E.; Silveira. 2006a. Coastal erosion on the Rio Grande do Norte State (Northeastern Brazil): Causes and factor versus effects associated processes. *Journal of Coastal Research*, SI39:1307-1310.
- Vital, H., Chaves, M. S.; Souto, M. V. S. & Amaro, V. E. 2006b. The Macau-Serra coastal erosion hotspot. 4th Latin American Congress of Sedimentology together with the XI Argentinian Meeting of Sedimentology, Bariloche, (CDROOM), San Carlos de Bariloche, Argentina.
- Wentworth, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology* 30: 377-392.
- Zervas, D.; Nichols, G.J.; Hall, R.; Smyth, H. R.; Lüthje, C.; Murtagh, F. 2009. Software SedLog, Version 2.1.4. *Computers & Geosciences*, 35, 2151-2159.



REVISTA DE GEOLOGIA



Assine

GARANTA o recebimento dos números
da **REVISTA DE GEOLOGIA**

FAÇA uma assinatura anual

As instruções encontram-se no *site*

www.revistadegeologia.ufc.br