

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
CURSO DE GEOLOGIA**

ANA PAULA RZEPKOWSKI

**IDENTIFICAÇÃO DE FÁCIES DAS BARREIRAS PLEISTOCÊNICAS NA REGIÃO
DE PARANAGUÁ - PR**

CURITIBA

2016

ANA PAULA RZEPKOWSKI

**IDENTIFICAÇÃO DE FÁCIES DAS BARREIRAS PLEISTOCÊNICAS NA REGIÃO DE
PARANAGUÁ-PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Geologia da Universidade Federal do
Paraná como requisito parcial à obtenção do
grau de Bacharel em Geologia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria Cristina de Souza.

Co-orientador: Prof. Dr. Rodolfo José Angulo

CURITIBA

2016

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Maria Cristina de Souza, pela dedicação, orientação e paciência nos momentos mais difíceis, nunca me esquecerei dos seus sábios conselhos, foram eles que construíram meu alicerce para continuar até o fim. Ao meu co-orientador Prof. Dr. Rodolfo José Angulo, grande mestre, obrigada por todos os seus ensinamentos, que só agregaram conhecimento e qualidade ao trabalho.

À minha amiga Mylene Nascimento pelo companheirismo nas etapas de campo e pela força de vontade de fazer as coisas acontecer.

Aos meus amigos Gustavo Piccolo Aricini, Fábio Berton, e ao Prof. Dr. Carlos Conforti Ferreira Guedes, pela companhia nas etapas de campo, pelo tratamento de dados, pelas ideias, pelas discussões e por todo o conhecimento agregado.

Ao meu amigo Rafael Witkowski que, mesmo longe, sempre esteve presente, dando valiosas dicas sobre bibliografia, interpretação de dados e elaboração de figuras.

A minha amiga Pamela Caron de Souza, pela ajuda e pelo companheirismo na etapa de conclusão do projeto.

Ao Laboratório de Estudos Sedimentológicos e Petrologia Sedimentar (LabESed) por disponibilizar o material para a confecção das análises granulométricas, e ao meu amigo Daniel Paredes pela ajuda na realização das mesmas.

E aos meus pais que sempre respeitaram minhas escolhas e meus sonhos, me incentivando a persistir ao longo de todos esses anos.

RESUMO

A planície costeira paranaense é formada por dois sistemas de barreiras, uma relacionada ao Pleistoceno e outra ao Holoceno. Este trabalho tem como objetivo principal a caracterização das fácies sedimentares e suas associações, e a proposta de um modelo evolutivo para um setor da barreira pleistocênica na região de Paranaguá. A identificação e caracterização das fácies foi realizada através da descrição de perfis estratigráficos verticais em uma cava de extração de areia localizada em Paranaguá. A barreira é constituída principalmente por areia quartzosa fina a média, com porcentagens subordinadas de outras frações de areia, argila e silte. Foram identificadas sete fácies sedimentares: areia com estratificação cruzada planar (Sp), areia com estratificação cruzada de baixo ângulo com laminação plano paralela (Sli), areia com estratificação cruzada acanalada (St), areia com estratificação cruzada sigmoidal (Ssg), areia com estratificação cruzada tangencial na base (Stb), areia com estratificação cruzada *swaley* (Ssc) e lama em drapes (Fm). As fácies foram associadas a dois ambientes deposicionais: face litorânea superior e praia subaérea e intermaré. A partir das associações de fácies e da direção das paleocorrentes foi possível identificar uma sequência regressiva da barreira com progradação com sentido para o mar (SE). A presença de lama no sistema indica a proximidade de uma desembocadura estuarina.

Palavras-chaves: Pleistoceno, fácies sedimentares, barreira regressiva.

ABSTRACT

The coastal plain of Paraná State, Brazil is composed by two barrier systems formed during the Pleistocene and Holocene. This research aims to characterize the sedimentary facies and their associations, and to propose an evolutionary model for the Paraná Pleistocene barrier, located in Paranaguá. Facies identification and characterization was made by the description of vertical stratigraphic profiles taken in one sand exploitation quarrie, located in Paranaguá. The barrier is mainly composed by fine to medium quartz sand, with minor fractions muds. Seven sedimentary facies were recognized: tabular crossbedding stratification sand (Sp), low angle crossbedding stratification sand with plain-parallel lamination (Sli), trough crossbedding stratification sand (St), sigmoidal crossbedding stratification sand (Ssg), tangential basis crossbedding stratification sand (Stb) and mud drapes (Fm). The facies associations were defined as: upper shoreface and intertidal-subaerial beach. The facies associations and paleocurrent directions suggest a regressive sequence for the barrier with a SE sea direction progradation. The presence of mud indicates an estuarine *inlet* proximity.

Keywords: Pleistocene, sedimentary facies, regressive barrier.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo.....	3
Figura 2: Vista da cava de extração de areia em Paranaguá.....	4
Figura 3: Modelos de costas progradantes, com nível do mar estável ou com pequena ascensão: (a) Nayarit na costa pacífica do México (modificado de Curray <i>et al.</i> 1969), (b) Ilha Caladesi na costa.....	9
oeste da Flórida (modificado de Hayes <i>et al.</i> 1974), (c) Ilha de Galveston no golfo do México (modificado de Mc Cubbin 1992).	9
Figura 4: Modelo evolutivo progradacional com nível do mar em queda, Tuncurry no sudeste Australiano (modificado de Roy <i>et al.</i> 1994).	10
Figura 5: Geometria e estratigrafia dos depósitos costeiros dominados por ondas, propostos com base nos exemplos da costa sudeste da Austrália (modificado de Roy <i>et al.</i> 1994).....	11
Figura 6: Perfil transversal das barreiras de Praia de Leste, Paraná, com distribuição das isócronas obtidas por datações de ¹⁴ C e estágios evolutivos das barreiras holocênicas (Souza 2005).	12
Figura 7: Perfil transversal das barreiras de Praia de Leste e estágios evolutivos das barreiras holocênicas (modificado de Lessa <i>et al.</i> 2000).	13
Figura 8: Esboço geológico do perfil transversal da costa do Rio Grande do Sul (modificado de Villwock <i>et al.</i> 1986).	14
Figura 9: Fácies Sp com estratificação cruzada planar, as setas indicam a direção de mergulho das estratificações.	16
Figura 10: Diagrama em roseta mostrando sentido de mergulho preferencial para SE.	16
Figura 11: Fácies Sli com laminação plano paralela. As setas indicam a direção do mergulho e nota-se em (a) um truncamento com diferença no ângulo de mergulho, o que indica um momento de deposição com maior energia (tempestade) do que o momento de deposição da Fácies Sli.	17
Figura 12: Diagrama em roseta mostrando o sentido preferencial de mergulho para SE e subordinadamente para NW.....	18
Figura 13: Fácies Sli associada à fácies St, as flechas apontam deformações penecontemporâneas encontradas nos estratos de St.	19

Figura 14: Fácies St associada à fácies Sli. Observa-se em (o) icnofósseis de <i>Ophiomorpha</i>	19
Figura 15: Diagrama em roseta mostrando sentido de mergulho preferencial para SE.....	20
Figura 16: Fácies Ssg com estratificação cruzada sigmoidal.	21
Figura 17: Diagrama em roseta mostrando direções de mergulho para SE, SW e NW.....	21
Figura 18: Fácies Ssg associada a fácies St e Fm, observa-se em (a) presença de matéria orgânica.....	22
Figura 19: Fácies Stb com estratificação cruzada tangencial na base, as setas indicam a direção de mergulho das estratificações.	22
Figura 20: Diagrama em roseta mostrando direção preferencial para SE.....	23
Figura 21: Fácies Ssc, com estratificação cruzada <i>swaley</i>	24
Figura 22: Fácies Fm com argila em forma de <i>drapes</i> e em (o) presença de tubos de <i>Ophiomorpha</i>	24
Figura 23: Tubos de <i>Ophiomorpha</i> preenchidos por areia fina a média em posição vertical.	25
Figura 24: Esquema com os perfis estratigráficos associados em face litorânea superior (US) e praia subaérea e inframaré (F).....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Localização dos perfis estratigráficos descritos.	2
Tabela 2: Fácies identificadas na barreira pleistocênica.....	15

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO.....	ii
ABSTRACT	iii
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABELAS	vi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS.....	2
1.2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	2
2. CONTEXTO DE ESTUDO.....	4
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
3.1. FÁCIES SEDIMENTAR.....	5
3.2. ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES	6
3.3. SISTEMA COSTEIRO.....	6
3.3.1. Barreiras costeiras dominadas por ondas.....	6
3.3.2. Barreiras transgressivas	7
3.3.3. Barreiras estacionárias	7
3.3.4. Barreiras regressivas	7
3.3.5. Canais de maré.....	7
3.3.6. Esporões.....	8
3.4. MODELOS DE BARREIRAS	8
3.5. MODELOS DE BARREIRAS NA COSTA BRASILEIRA	11
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	14
5. RESULTADOS	15
5.1. FÁCIES SEDIMENTARES.....	15
5.1.1. Areia com estratificação cruzada planar (<i>Fácies Sp</i>)	15

5.1.2. Areia com estratificação cruzada de baixo ângulo com laminação plano paralela (<i>Fácies Sli</i>)	17
5.1.3. Areia com estratificação cruzada acanalada (<i>Fácies St</i>)	18
5.1.4. Areia com estratificação cruzada sigmoidal (<i>Fácies Ssg</i>)	20
5.1.5. Areia com estratificação cruzada tangencial na base (<i>Fácies Stb</i>)	22
5.1.6. Areia com estratificação cruzada <i>swaley</i> (<i>Fácies Ssc</i>)	23
5.1.7. Lama em <i>drapes</i> (<i>Fácies Fm</i>)	24
5.2. ICNOFÓSSEIS.....	24
5.3. ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES E INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL.....	26
5.3.1. Face litorânea superior (<i>Upper shoreface</i>) – US.....	26
5.3.2. Praia subaérea e inframaré (<i>Foreshore</i>) – F.....	26
6. DISCUSSÃO	29
6.1. DATAÇÕES DA BARREIRA PLEISTOCÊNICA NA COSTA BRASILEIRA	29
6.2. ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES E INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL.....	30
6.3. MODELO PROPOSTO E COMPARAÇÃO COM OUTROS MODELOS.....	32
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS.....	34
REFERÊNCIAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

A distribuição, em escala global, das barreiras transgressivas e regressivas fazem delas os tipos de costa mais estudadas, a exemplo das barreiras transgressivas e regressivas da região de Tramandaí, na costa do Rio Grande do Sul e das barreiras regressivas da região de Paranaguá, costa do Paraná. Informações como a composição, morfologia e cronologia são usados como base para entender os seus processos evolutivos, permitindo a reconstrução do ambiente deposicional no momento da sua formação.

A planície costeira paranaense é formada por barreiras do Pleistoceno tardio e do Holoceno, durante períodos de mar mais alto que o atual (Angulo 1992, 2004). As barreiras pleistocênicas estão associadas ao último pico interglacial pleistocênico ocorrido a 120.000 anos A.P., onde o nível do mar teria alcançado níveis em torno de $8,0\text{m} \pm 2,0\text{m}$ acima do atual (Martin *et al.* 1988). As barreiras holocênicas paranaenses estão associadas com a queda do nível relativo do mar, após o nível do mar máximo ocorrido entre 7.000 e 5.000 anos antes do presente (A.P.) (Angulo *et al.* 2009).

Os estudos específicos sobre a barreira pleistocênica paranaense são escassos, sua delimitação efetiva foi feita por Angulo (1992, 2004) durante o mapeamento do Quaternário. Souza (2005), através de datações pelo método ^{14}C , conseguiu localizar a superfície de contato entre os sedimentos da barreira holocênica e o substrato pleistocênico. Quatro amostras de lamas nas paleoprofundidades entre 10 e 12m forneceram idades do Pleistoceno, enquanto que datações de amostras de lamas e conchas nas paleoprofundidades entre 9 e 10m forneceram idades do Holoceno, portanto, o substrato pleistocênico se encontrava na profundidade de 8m, em relação ao nível médio do mar atual, ou a 10m durante a formação do setor da barreira estudado pela autora. O único trabalho abordando a identificação, associação de fácies e evolução para um setor da barreira foi proposto por Branco (2010).

A abertura de uma nova cava na região de Paranaguá possibilitou a descrição dos afloramentos e o levantamento de vários perfis estratigráficos, resultando em dados para um setor ainda não estudado da barreira.

1.1. OBJETIVOS

Essa pesquisa tem como objetivo propor um modelo deposicional para um setor da barreira pleistocênica na região de Paranaguá, contribuindo com novos dados para a discussão da evolução da planície costeira paranaense durante o Quaternário.

Os objetivos específicos são: i) Identificação e caracterização das fácies sedimentares; ii) Associação e interpretação paleoambiental.

1.2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi feito em uma cava de extração de areia localizada na região de Paranaguá entre as latitudes de 7.162.252 e 7.161.411, e longitudes de 747.692 e 748.656 (Figuras 1 e 2). O acesso é feito pela PR-407 (Rodovia Engº Argus Thá Heyn) que liga a BR-277 a rodovia PR-412, a qual margeia cerca de 25 km do litoral paranaense. As coordenadas dos perfis descritos estão na tabela 01.

Tabela 1: Localização dos perfis estratigráficos descritos.

Perfil	Coordenadas UTM (WGS84)		Elevação (m)
	Latitude	Longitude	
01	7.162.002	748.499	8
02	7.162.013	748.512	4
03	7.162.014	748.526	2
04	7.162.023	748.558	1
05	7.162.025	748.570	1
06	7.161.977	748.593	5
07	7.161.718	748.224	6

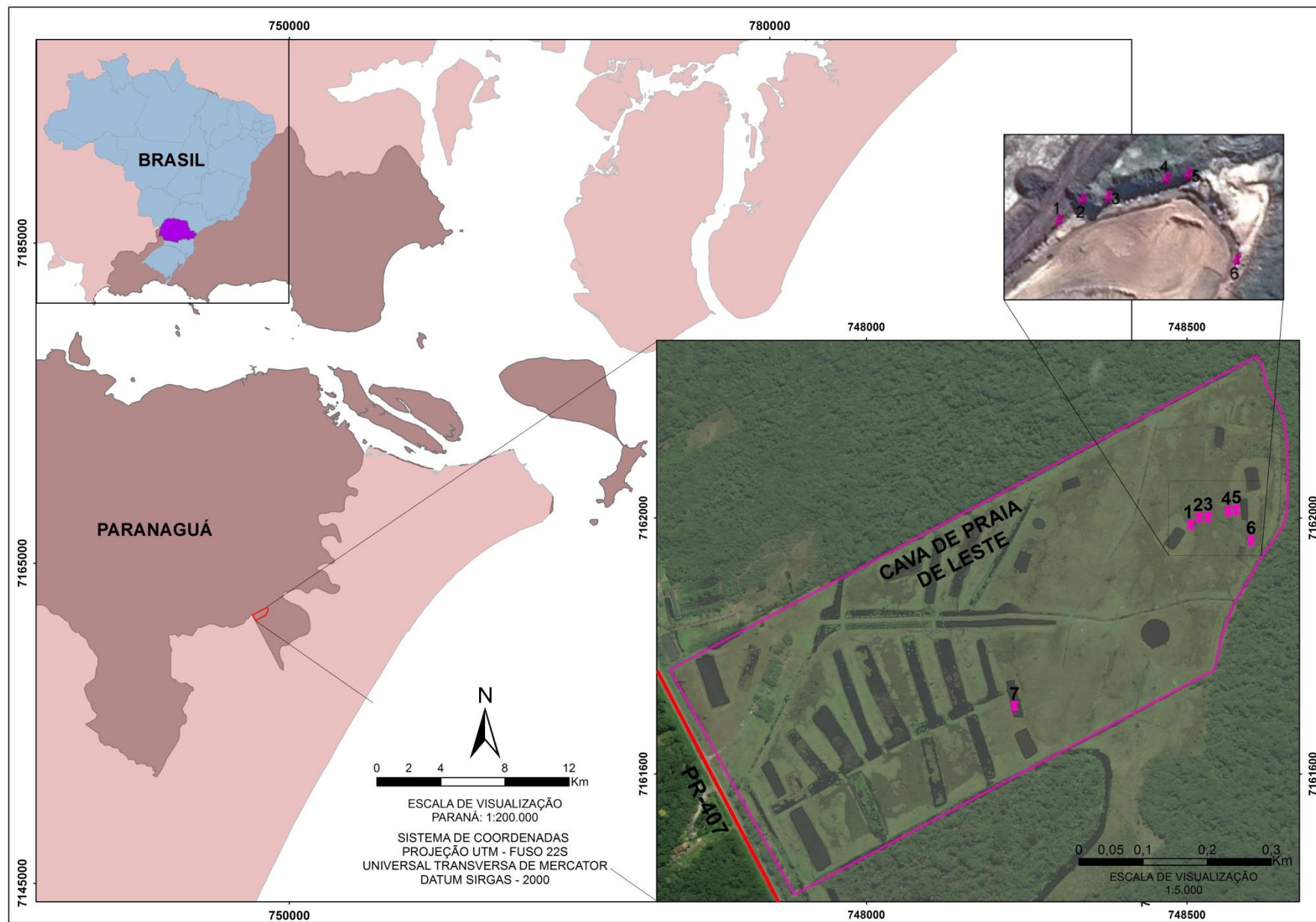


Figura 1: Localização da área de estudo.



Figura 2: Vista da cava de extração de areia em Paranaguá.

2. CONTEXTO DE ESTUDO

Os primeiros estudos na planície costeira do Paraná foram feitos por Bigarella (1946), que a classificou de acordo com três tipos de sedimentação (marinha, intermediária e terrígena).

As maiores contribuições vieram alguns anos depois com a publicação do mapa da Baía de Guaratuba (Bigarella *et al.*, 1957) e da folha geológica de Paranaguá (Bigarella & Doubek, 1963), ambas na escala 1:50.000. Sendo assim, a Comissão da Carta Geológica do Paraná deu continuidade aos estudos publicados sobre a região litorânea, resultando em diversas folhas geológicas na região entre os anos de 1968 e 1970 (Rivereau *et al.* 1968, 1969b,c).

De acordo com o mapeamento do Quaternário paranaense realizado por Angulo (2004), a cobertura sedimentar cenozoica é constituída por dois tipos principais: continentais e costeiros, sendo a planície costeira do Paraná formada por cordões litorâneos do Holoceno e do Pleistoceno. Os sedimentos continentais foram classificados como: Formação Alexandra (Mioceno Inferior), leques e cones aluviais (Plio-Quaternário), tálus (Quaternário), colúvios (Quaternário) e sedimentos fluviais (Quaternário). Os sedimentos costeiros foram classificados da seguinte forma: planície costeira com cordões litorâneos (Pleistoceno Superior e Holoceno),

sedimentos paleoestuarinos (Pleistoceno Superior e Holoceno), planícies de maré atuais, fundos rasos atuais, deltas de maré atuais, dunas (Holoceno), depressões intercordões atuais e praias atuais.

Os primeiros estudos publicados sobre a barreira pleistocênica foram feitos por Branco (2010). O autor descreveu as fácies e suas associações, e caracterizou o conteúdo fossilífero para um setor da barreira.

Branco (2010) definiu quatro ambientes deposicionais: face litorânea inferior (LS); face litorânea média (MS); face litorânea superior (US); praia subaérea e inframaré (F). Para o autor trata-se de uma barreira regressiva no Pleistoceno tardio.

Segundo Lessa *et al.* (2000) a porção holocênica da planície costeira paranaense é caracterizada por uma barreira regressiva, sendo identificada a existência de uma barreira holocênica transgressiva. Para os autores, a barreira transgressiva teria migrado sobre os sedimentos paleoestuarinos durante a última subida do nível do mar.

O primeiro trabalho abordando a descrição de fácies e suas associações para a barreira regressiva holocênica foi feito por Souza (2005). A autora definiu cinco ambientes deposicionais: plataforma interna (IS); face litorânea inferior (LS); face litorânea média (LM); face litorânea superior (US); praia subaérea e intermaré (F).

Em seu trabalho, Souza (2005) definiu a sequência regressiva da barreira que progradiu sobre a superfície de erosão desenvolvida sobre os depósitos pleistocênicos. O modelo proposto pela autora difere do modelo proposto por Lessa *et al.* (2000), já que não foram encontrados sedimentos paleolagunares e fácies da barreira transgressiva.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. FÁCIES SEDIMENTAR

Fácies sedimentar é um corpo de rocha caracterizado por seus atributos físicos, não confinado a uma posição estratigráfica e definido a partir de critérios descritivos (Walker & James 1992).

Para Dalrymple (2010), a descrição cuidadosa dos depósitos sedimentares

possibilita a subdivisão das fácies, sendo esta feita pelas diferenças de seus atributos genéticos como o tamanho do grão, grau de seleção, estruturas físicas e conteúdo fossilífero.

3.2. ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES

Segundo Reading (1980), a associação de fácies é definida como um grupo de fácies que ocorre em conjunto e que pode ser relacionado genética e ambientalmente.

As fácies definidas descritivamente em campo ou em testemunho podem, inicialmente, não sugerir um ambiente particular, sendo preciso analisar as fácies em conjunto e dentro de um contexto. Desse modo podem-se obter informações importantes que as fácies individualmente podem não mostrar (Dalrymple 2010).

3.3. SISTEMA COSTEIRO

3.3.1. Barreiras costeiras dominadas por ondas

As barreiras costeiras ocorrem adjacentes ou paralelamente às costas, onde geralmente a topografia é suave e a abundância de sedimentos é grande (Dillenburg & Hesp 2009). Sua formação é associada à acumulação de areia, cascalho, conchas e pequenas quantidades de matéria orgânica, devido à ação das ondas, marés e ventos (Boyd *et al.* 1992, Dillenburg & Hesp 2009).

Os fatores que determinam as características das barreiras costeiras são: o comportamento do nível do mar, a morfologia do substrato, disponibilidade de sedimentos, ondas, marés e ventos (Hesp & Short 1999).

Segundo Walker (1992), os principais ambientes de uma barreira são: praia, laguna, complexo de canais e deltas de maré. Todos esses ambientes são constituídos por uma série de subambientes, sendo caracterizados por distintas associações de fácies.

Para Kraft & Chazastowski (1985) as barreiras possuem diferentes relações físicas com o continente, sendo de morfologia e dimensão variáveis. Em termos de estratigrafia, são divididas em dois tipos básicos: transgressivas e regressivas.

De acordo com Roy *et al.* (1994) os modelos de fácies para as barreiras

costeiras devem considerar os sistemas de barreiras transgressivas, estacionárias e regressivas.

3.3.2. Barreiras transgressivas

A estratigrafia transgressiva resulta da migração da barreira no sentido do continente durante uma subida relativa do nível do mar (Dillenburg & Hesp 2009).

Para Roy *et al.* (1994) o avanço da barreira em direção ao continente é determinada pela interação das taxas de variação do nível relativo do mar, inclinação do substrato, balanço de sedimentos e espaço de acomodação.

3.3.3. Barreiras estacionárias

As barreiras estacionárias estão relacionadas ao processo de estabilização, que pode acontecer com a desaceleração de subida do nível do mar em associação com um balanço positivo de sedimentos (Roy *et al.* 1994).

3.3.4. Barreiras regressivas

A estratigrafia regressiva resulta da migração da barreira no sentido do mar durante um rebaixamento relativo do nível do mar (Dillenburg & Hesp 2009).

Em seu trabalho de síntese, Roy *et al.* (1994) restringem as barreiras regressivas às feições depositadas por ondas sob queda relativa do nível do mar numa condição de regressão forçada, formando planícies costeiras com cordões litorâneos.

3.3.5. Canais de maré

Os canais de maré seccionam as barreiras arenosas e são os responsáveis pela ligação de corpos aquosos proveniente dos ambientes mais internos, como as lagunas e baías, com o ambiente marinho. Podem desenvolver-se naturalmente através da energia da maré, por meio de tempestades ou a partir de uma intervenção antrópica.

Para Dean & Dalrymple (2004), o fluxo de maré é causado pela diferença de nível d'água entre o mar e a baía, apresentando maior velocidade dentro do canal de maré. A granulometria dos sedimentos depositados diminui conforme o distanciamento do canal e aproximação do mar.

3.3.6. Esporões

Os esporões são corpos arenosos que ocorrem ao longo das costas modernas e antigas, sua formação é condicionada pelo crescimento proveniente de sedimentos trazidos por transporte longitudinal. Sua morfologia depende de correntes, ondas, ventos, clima, balanço sedimentar e amplitudes de maré (Nielsen & Johannessen 2008, 2009).

Para Petersen *et al.* (2008), o crescimento do esporão por transporte de sedimentos por correntes de deriva é o principal mecanismo de desenvolvimento do esporão.

3.4. MODELOS DE BARREIRAS

No registro sedimentar é pouco comum a preservação de depósitos de barreiras transgressivas, portanto, a comprovação destes modelos é baseada em resultados de modelos numéricos (Cowell & Roy 1988, Cowell *et al.* 1991, 1995).

Por outro lado, os depósitos progradacionais são os que apresentam melhores condições de preservação, sendo normalmente associados a períodos regressivos (Field & Tricardi 1991, Isla 1998).

Dentre os diversos modelos de costas progradantes, com nível de mar estável ou com pequena ascensão pode-se citar o de Nayarit na costa pacífica do México (Curry *et al.* 1969), o da ilha Caladesi na costa oeste da Flórida (Hayes *et al.* 1974) e o da ilha de Galveston, no golfo do México (McCubbin 1992) (Figura 3).

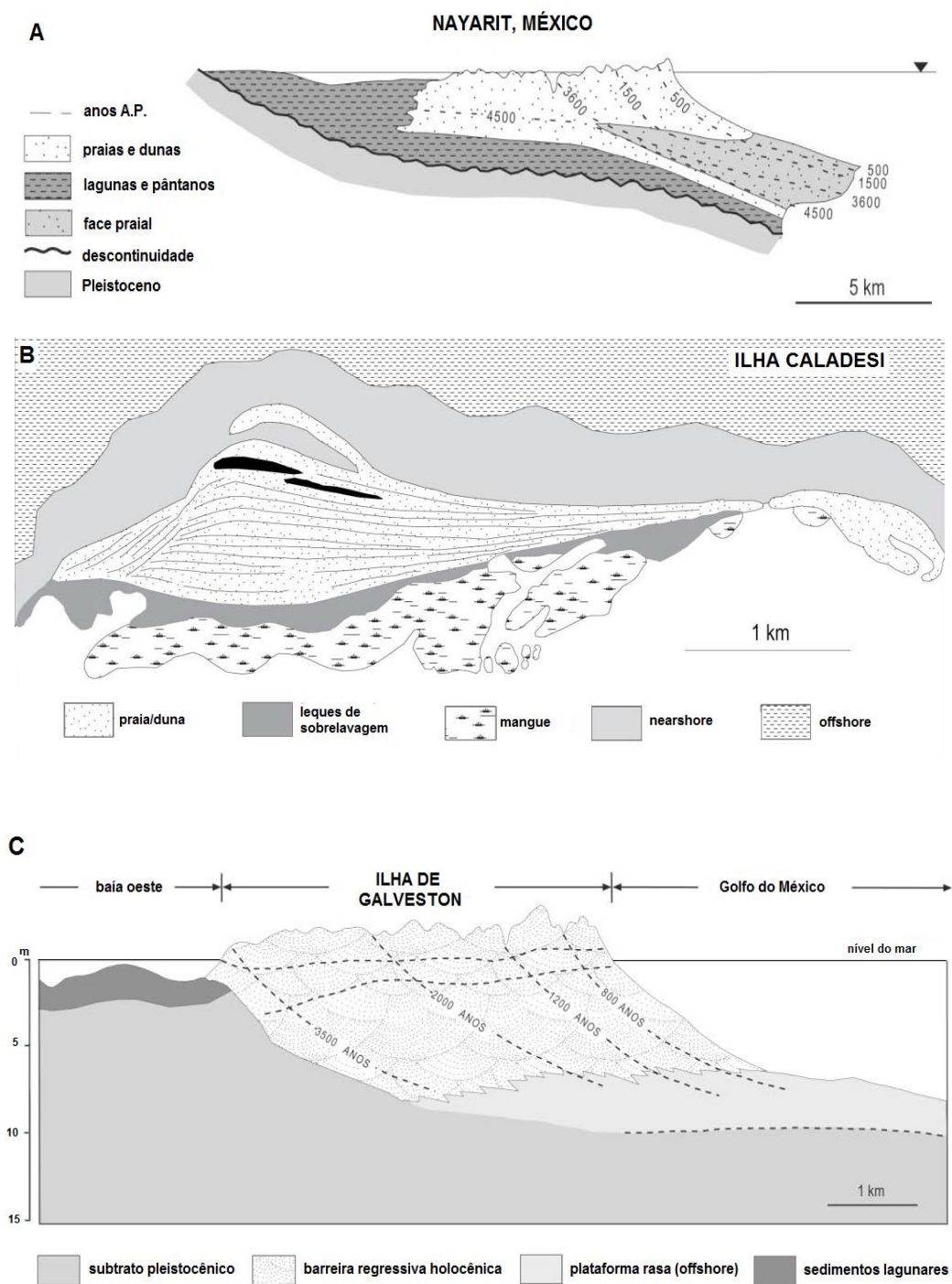


Figura 3: Modelos de costas progradantes, com nível do mar estável ou com pequena ascensão: (a) Nayarit na costa pacífica do México (modificado de Curray *et al.* 1969), (b) Ilha Caladesi na costa oeste da Flórida (modificado de Hayes *et al.* 1974), (c) Ilha de Galveston no golfo do México (modificado de Mc Cubbin 1992).

Dentre os modelos progradacionais, com nível de mar em descida, destacam-se os de Tucurry no sudeste australiano (Roy *et al.* 1994) (Figura 4), de Bucasia na costa nordeste australiana (Masselink & Lessa 1995) e de Caleta Valdés no sul da Argentina (Fasano *et al.* 1984, Isla 1998).

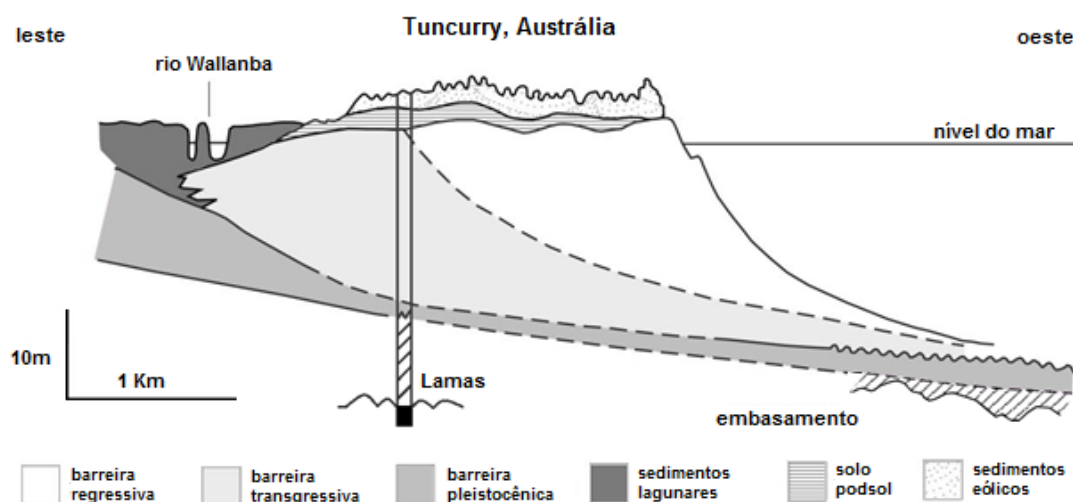


Figura 4: Modelo evolutivo progradacional com nível do mar em queda, Tuncurry no sudeste Australiano (modificado de Roy *et al.* 1994).

Uma das classificações mais usadas foi proposta por Roy *et al.* (1994). O estudo desses autores consiste em um trabalho síntese para os modelos evolutivos de barreiras, utilizando como exemplo a Austrália. Três tipos básicos de depósitos foram reconhecidos: a) estacionários, b) transgressivos e c) regressivos (Figura 5). A interação das taxas de variação do nível relativo do mar, o balanço de sedimentos e o espaço de acomodação foram considerados responsáveis pela configuração dos mesmos.

Segundo os autores é possível fazer subdivisões para os depósitos estacionários e transgressivos. Os depósitos estacionários são divididos em sete subtipos: os de barreiras de dunas transgressivas (*transgressive dune barrier*), de barreira progradante ou planície costeira com cordões litorâneos (*prograded barrier or strandplain*), de barreira estacionária (*stationary barrier*), de esporões (*headland spit*), de barreira retrogradante (*receded barrier*), de praia anexada (*mainland beach*) e os de barras arenosas plataformais próximas ao costão (*headland-attached shelf sand body*). Os depósitos são subdivididos em: barreiras transgressivas (*transgressive barrier*) e os de lençol arenoso transgressivo (*transgressive sand sheet*) (Figura 5).

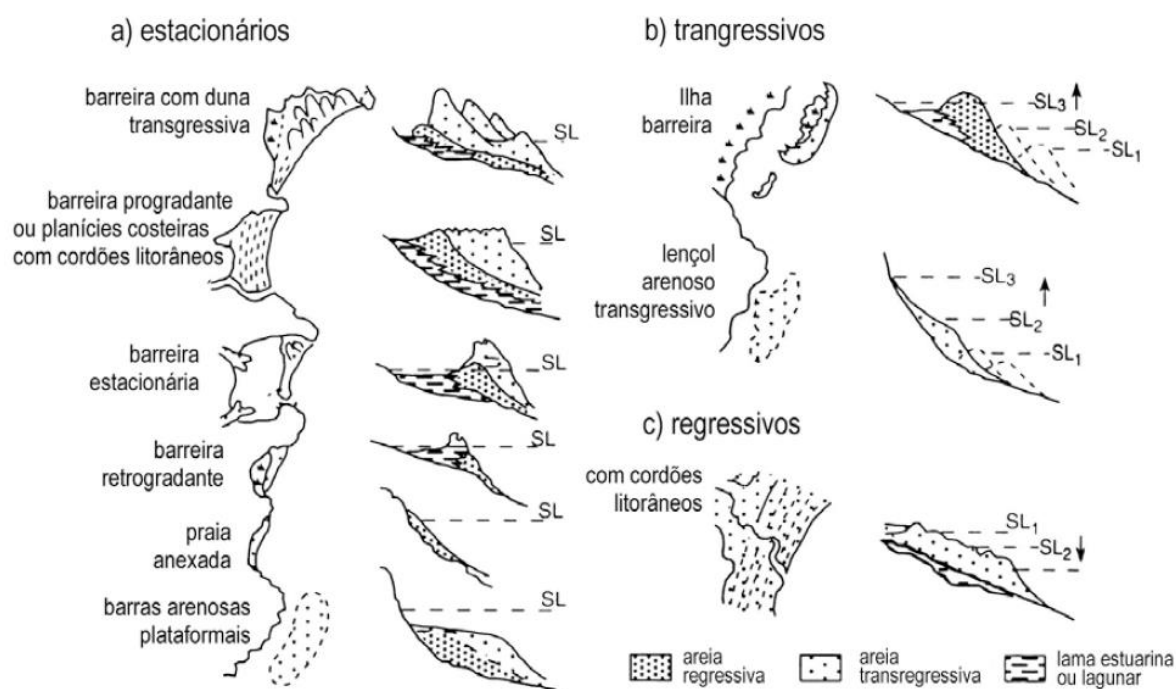


Figura 5: Geometria e estratigrafia dos depósitos costeiros dominados por ondas, propostos com base nos exemplos da costa sudeste da Austrália (modificado de Roy *et al.* 1994).

3.5. MODELOS DE BARREIRAS NA COSTA BRASILEIRA

No Brasil, os trabalhos pioneiros sobre barreiras foram de Bigarella (1946,1954) na costa do Paraná, Suguio & Martin (1976 a,b, 1978a) nas costas da Bahia, Rio de Janeiro e São Paulo, Martin *et al.* (1983) na costa de Alagoas até São Paulo, Suguio *et al.* (1985) na costa de Alagoas até Santa Catarina, Dominguez *et al.* (1981) nos deltas dos rios São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul e o de Villwock *et al.* (1986) na costa do Rio Grande do Sul.

Trabalhos mais recentes como os de Angulo (1992), Lessa *et al.* (2000), Souza (2005), Branco (2010) e Souza *et al.* (2012) na costa paranaense, Souza *et al.* (2001) na região de Itapoá, litoral norte de Santa Catarina, Tomazelli & Villwock (2005) e Tomazelli & Dillenburg (2007) na costa do Rio Grande do Sul proporcionaram uma abordagem mais detalhada das barreiras. O trabalho de descrição e associação de fácies bem como as datações e descrições de fósseis encontrados, permitiram uma valiosa complementação aos dados obtidos nos modelos já propostos.

O estudo mais detalhado na barreira pleistocênica foi na região de Paranaguá, costa do Paraná, feito por Branco (2010). O autor, tendo como base os

modelos evolutivos já propostos para a costa paranaense, não encontrou evidências conclusivas de uma barreira transgressiva, portanto, a porção pleistocênica da planície costeira paranaense seria caracterizada por uma barreira regressiva no Pleistoceno tardio.

Segundo Branco (2010), o setor estudado pelo autor estaria associado à progradação lateral de um esporão. A direção de crescimento do esporão seria para noroeste, estando localizado nas proximidades de um *inlet*.

Na costa paranaense, os trabalhos de Lessa *et al.* (2000) e posteriormente Souza (2005) (Figura 6) possibilitaram a construção dos primeiros modelos tridimensionais de evolução da planície costeira. Para Lessa *et al.* (2000) a porção holocênica teria sido formada a partir de duas barreiras: a) uma transgressiva que teria se deslocado sobre sedimentos lagunares pós-barreira, se chocando com a barreira pleistocênica no final da transgressão, e b) uma regressiva desenvolvida após esse máximo, sendo favorecida pela descida de aproximadamente 3,5 m do nível relativo do mar (Figura 7).

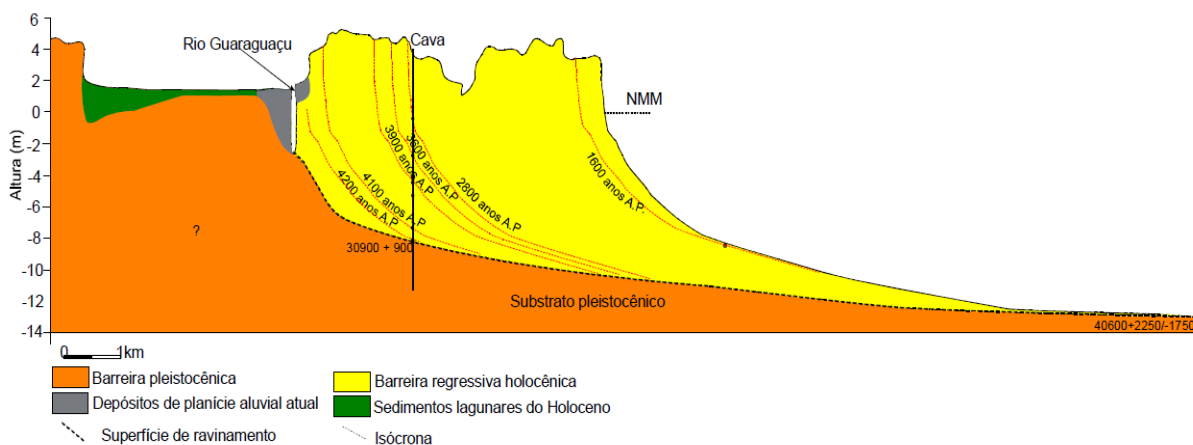


Figura 6: Perfil transversal das barreiras de Praia de Leste, Paraná, com distribuição das isócronas obtidas por datações de ^{14}C e estágios evolutivos das barreiras holocênicas (Souza 2005).

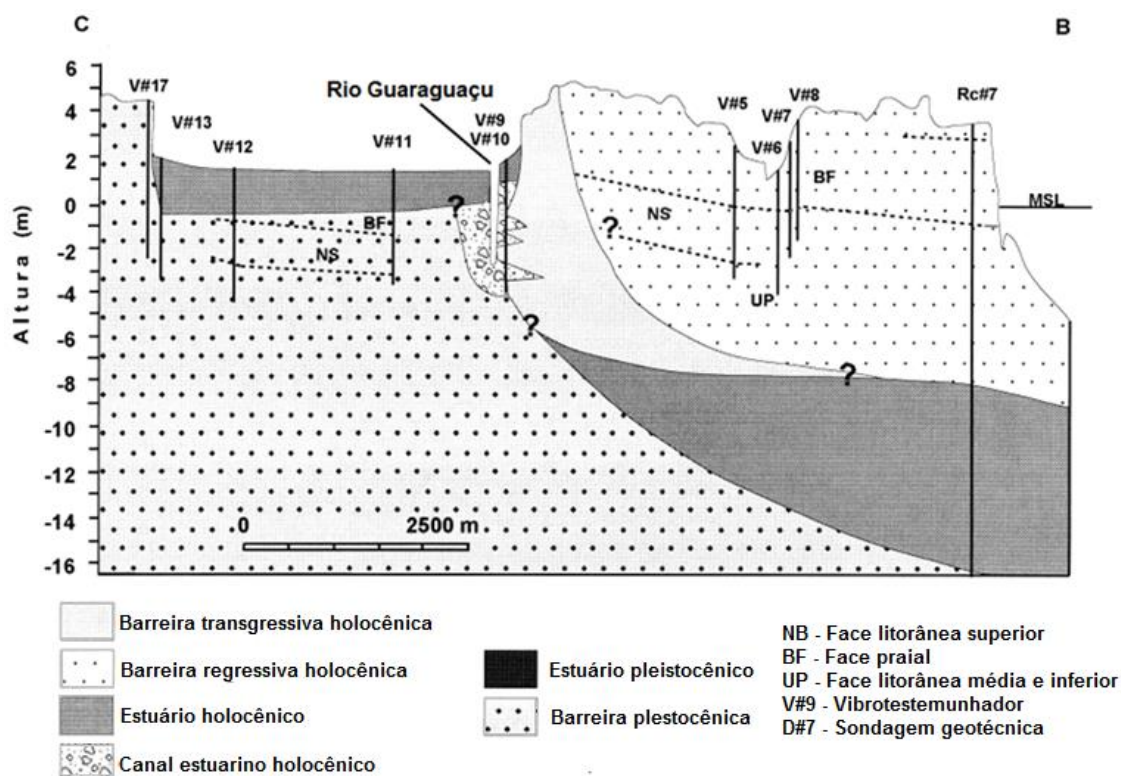


Figura 7: Perfil transversal das barreiras de Praia de Leste e estágios evolutivos das barreiras holocênicas (modificado de Lessa *et al.* 2000).

Na região da planície costeira de Itapoá, no litoral de Santa Catarina, destaca-se o trabalho de Souza *et al.* (2001), que a partir do modelo proposto por Lessa *et al.* (2000), sugeriram que na região haveriam ilhas-barreiras e esporões.

A costa do Rio Grande do Sul é o único lugar conhecido da costa brasileira caracterizada por quatro sistemas laguna-barreira, sendo três do Pleistoceno e um do Holoceno (Villwock *et al.* 1986) (Figura 8). As planícies costeiras já estudadas de outras regiões brasileiras apresentam indícios do sistema-laguna III (Pleistoceno Superior) e sistema-laguna IV (Holoceno), como é o caso da planície costeira paranaense.

Dillenburg *et al.* (2000), aplicando a classificação proposta por Roy *et al.* (1994), subdividiram a porção holocênica da costa gaúcha em quatro tipos de barreiras: a) progradantes, b) dunas transgressivas, c) retrogradantes, e d) as de praia anexada (*mainland beach*).

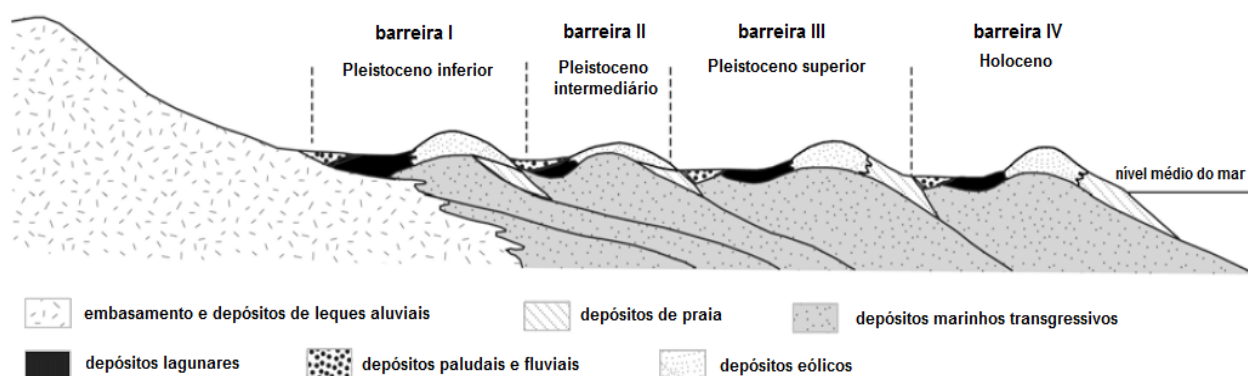


Figura 8: Esboço geológico do perfil transversal da costa do Rio Grande do Sul (modificado de Villwock *et al.* 1986).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A descrição e interpretação das fácies da barreira pleistocênica foi realizada a partir do levantamento e descrição de sete perfis estratigráficos verticais em uma cava de extração de areia localizada em Paranaguá. A abertura da cava permitiu observar afloramentos com continuidade lateral de cerca de 50m e altura de até 3,6m (Figuras 1 e 2).

Características sedimentológicas (composição, granulometria e variações texturais), estruturas sedimentares, feições arquiteturais (espessura, forma e contato das camadas) e paleocorrentes foram utilizadas para a caracterização das fácies sedimentares.

A descrição das fácies sedimentares, suas associações e nomenclatura para descrição dos elementos (composição, estrutura e contatos) foi baseada nos trabalhos de Walker & James (1992).

A classificação das fácies foi feita com base no código de fácies proposto por Miall (1978, 1996) para ambiente fluvial, sendo as letras maiúsculas correspondentes à granulometria e as letras minúsculas seguintes às estruturas, sendo incluídos novos códigos ou letras quando necessário, mantendo a nomenclatura em inglês.

Para as análises sedimentológicas foram coletadas amostras das sete fácies sedimentares descritas nos afloramentos, com o objetivo da caracterização da variação granulométrica. As análises foram realizadas segundo os métodos

utilizados por Giannini (1987), para as lamas foi utilizado o método de pipetagem e para as areias, o método de peneiramento com intervalo de 0,5 *phi*. Os trabalhos foram realizados no Laboratório de Estudos Sedimentológicos e Petrologia Sedimentar, da Universidade Federal do Paraná (LabESed).

5. RESULTADOS

5.1. FÁCIES SEDIMENTARES

A barreira pleistocênica é constituída principalmente por areia quartzosa fina a média, com porcentagens subordinadas das outras frações de areia, incluindo pequenas porções de silte e argila.

Seguindo o conceito definido por Walker & James 1992 (ver item 3.1.), foram identificadas sete fácies sedimentares (Tabela 2).

Tabela 2: Fácies identificadas na barreira pleistocênica.

Fácies	Código
Areia com estratificação cruzada planar	Sp
Areia com estratificação cruzada de baixo ângulo com laminação plano paralela	Sli
Areia com estratificação cruzada acanalada	St
Areia com estratificação cruzada sigmoidal	Ssg
Areia com estratificação cruzada tangencial na base	Stb
Areia com estratificação cruzada <i>swaley</i>	Ssc
Lama em <i>drapes</i>	Fm

5.1.1. Areia com estratificação cruzada planar (*Fácies Sp*)

A fácies Sp é formada por estratos de 5 a 15 cm de espessura, compostos por areia fina a média, moderadamente selecionada. O contato inferior é erosivo e o superior gradacional a erosivo. Está geralmente associada às fácies Sli e St (Figura

9). Os estratos apresentam estratificação cruzada planar, com direção de mergulho para SE com valores entre N158° e N 177° (Figura 10).

O processo de formação dessa fácies corresponde à migração de lâminas frontais de dunas subaquosas de crista reta a linguóide.

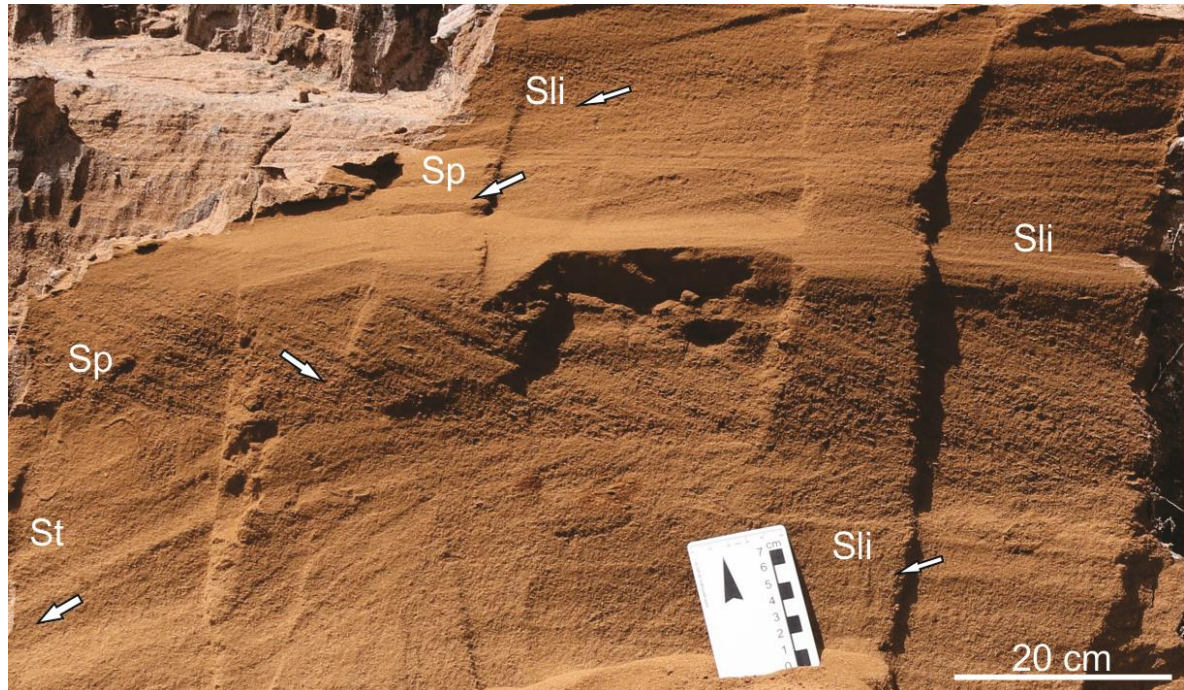


Figura 9: Fácies Sp com estratificação cruzada planar, as setas indicam a direção de mergulho das estratificações.

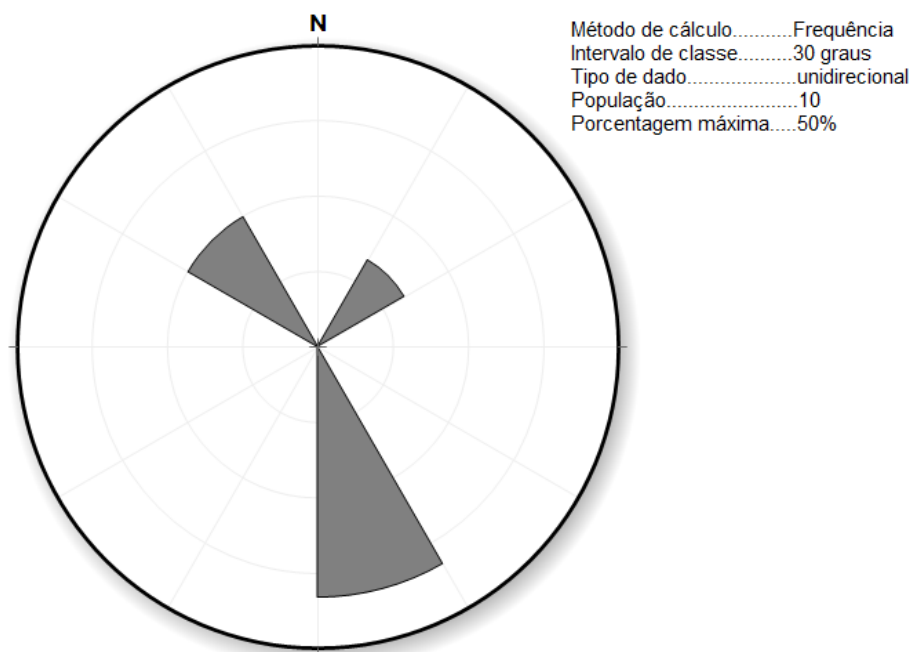


Figura 10: Diagrama em roseta mostrando sentido de mergulho preferencial para SE.

5.1.2. Areia com estratificação cruzada de baixo ângulo com laminação plano paralela (*Fácies Sli*)

A fácies Sli é formada por estratos de 5 a 20 cm de espessura, compostos por areia fina a média, moderadamente selecionada. As camadas são limitadas por superfícies erosivas planas, sub-horizontais ou levemente inclinadas com ângulos de 1° a 2° , podendo apresentar padrão de variação textural de granodecrescência ascendente (Figura 11). Os estratos possuem laminação plano-paralela com mergulhos que variam de 1° a 3° com direções de mergulho preferenciais variando entre $N121^\circ$ e $N170^\circ$, e subordinadamente entre $N310^\circ$ e $N320^\circ$ (Figura 12). Tais características definem estratificação cruzada de baixo ângulo, típica da zona de espraçamento das ondas.

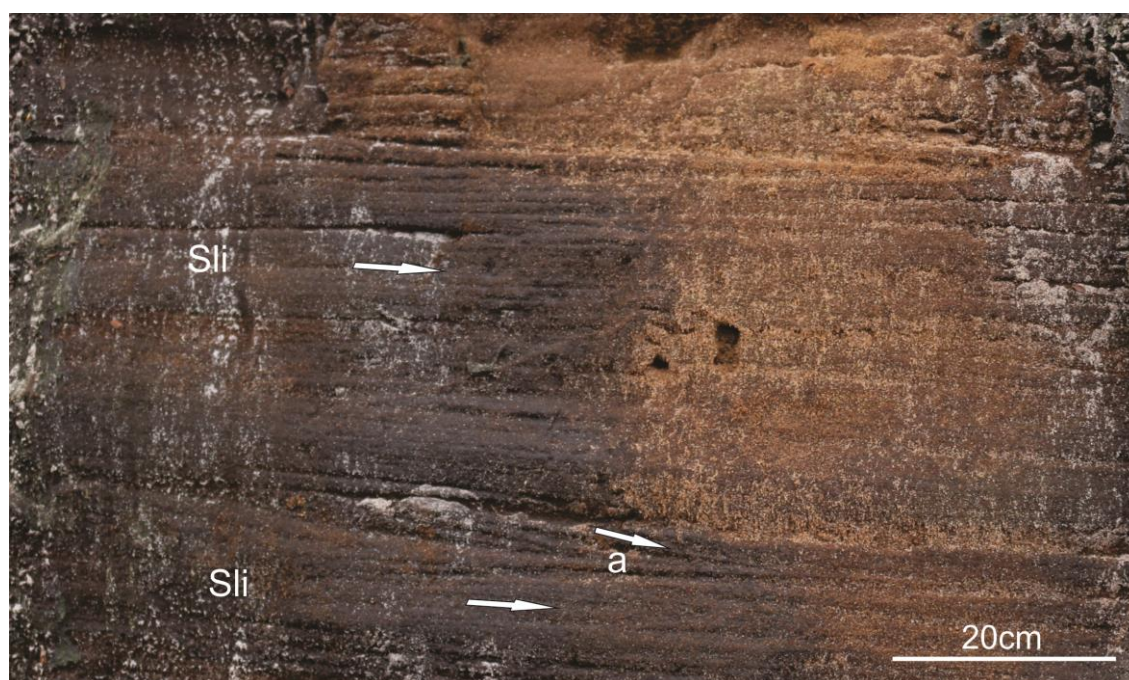


Figura 11: Fácies Sli com laminação plano paralela. As setas indicam a direção do mergulho e nota-se em (a) um truncamento com diferença no ângulo de mergulho, o que indica um momento de deposição com maior energia (tempestade) do que o momento de deposição da Fácies Sli.

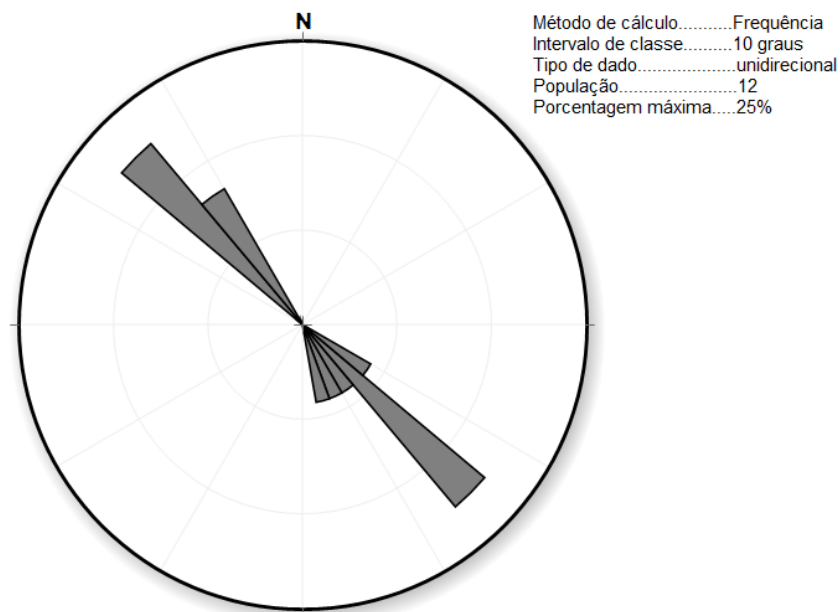


Figura 12: Diagrama em roseta mostrando o sentido preferencial de mergulho para SE e subordinadamente para NW.

5.1.3. Areia com estratificação cruzada acanalada (*Fácies St*)

A fácies St é formada por estratos de 5 a 60 cm de espessura, compostos por areia fina a média, moderadamente selecionada, com estratificação cruzada acanalada e contato superior erosivo. Observam-se deformações penecontemporâneas em vários estratos (Figura 13). Icnofósseis de *Ophiomorpha* atribuídos a *Callichirus major* são comumente encontrados (Figura 14).

Esta fácies está geralmente associada às fácies Sli, Stb, Ssg. A direção de mergulho é predominante para SE com valores entre N120° e N150°, e subordinadamente para NW, NE e SW (Figura 15).

Esta fácies foi interpretada como correspondente à migração de dunas subaquosas de crista sinuosa.



Figura 13: Fácies Sli associada à fácies St, as flechas apontam deformações penecontemporâneas encontradas nos estratos de St.



Figura 14: Fácies St associada à fácies Sli. Observa-se em (o) icnofósseis de *Ophiomorpha*.

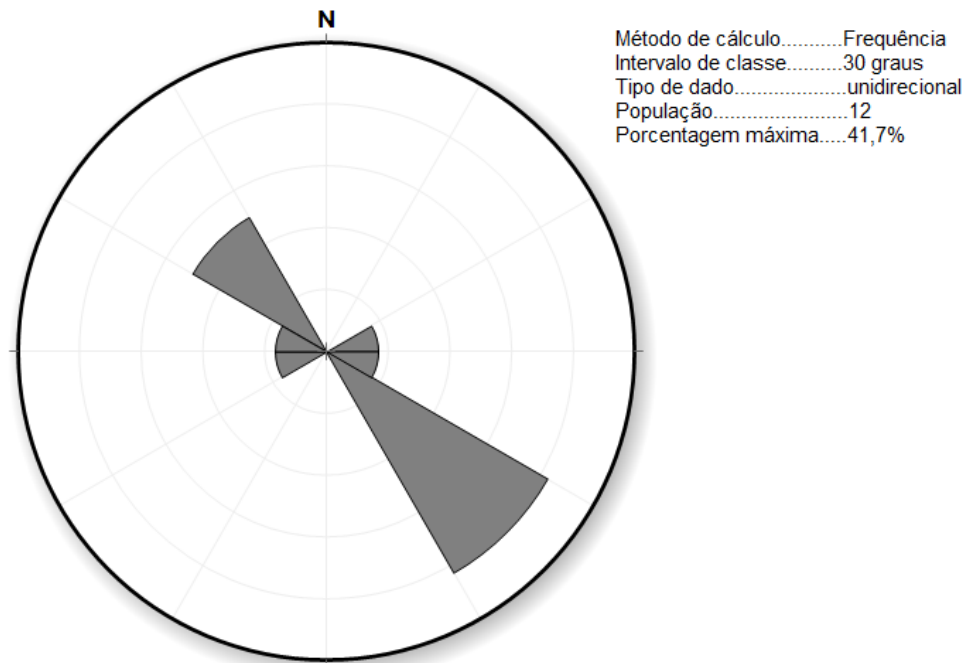


Figura 15: Diagrama em roseta mostrando sentido de mergulho preferencial para SE.

5.1.4. Areia com estratificação cruzada sigmoidal (*Fácies Ssg*)

A fácies Ssg é formada por estratos de 5 a 50 cm de espessura, compostos por areia fina a média, moderadamente selecionada, em algumas porções os estratos apresentam formas cuneiformes. O contato inferior é erosivo e o superior é gradacional a erosivo (Figura 16). As paleocorrentes apresentam direções entre N98° e N350° (Figura 17). Esta fácies foi interpretada como correspondente a migração de dunas subaquosas de crista reta a sinuosa.

Conforme a associação, a fácies Ssg pode corresponder a duas interpretações distintas: (a) fácies Ssg associada à fácies Sli (pé de praia) e (b) fácies Ssg com presença de argila e matéria orgânica (influência da maré).

Quando associada à fácies Sli, a fácies Ssg corresponde ao pé de praia (*beach step*) na base da zona de espraiamento das ondas (*swash zone*).



Figura 16: Fácies Ssg com estratificação cruzada sigmoidal.

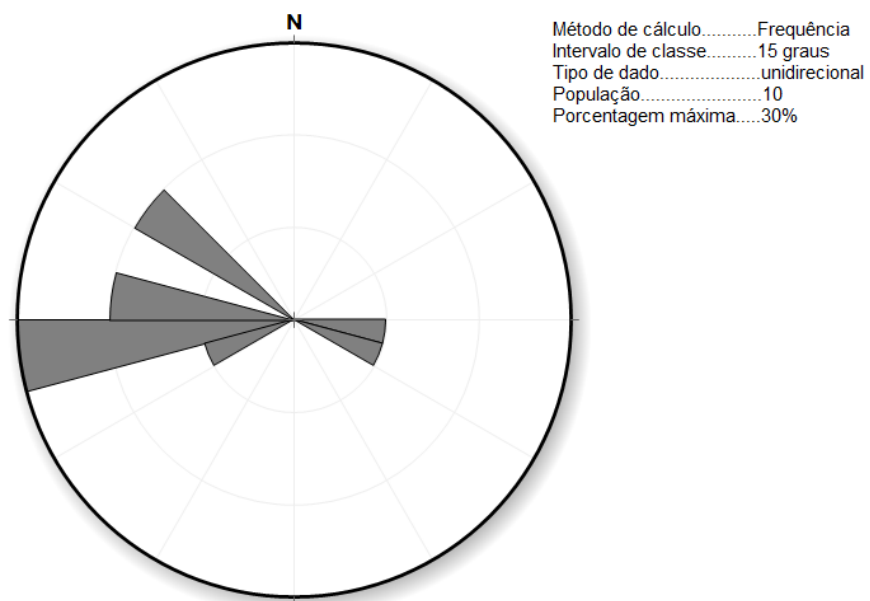


Figura 17: Diagrama em roseta mostrando direções de mergulho para SE, SW e NW.

Em algumas porções, observam-se drapes de argila e matéria orgânica nos *foresets* indicando alternância de fluxos trativos e de decantação, o que indica ação de correntes de maré (Figura 18).

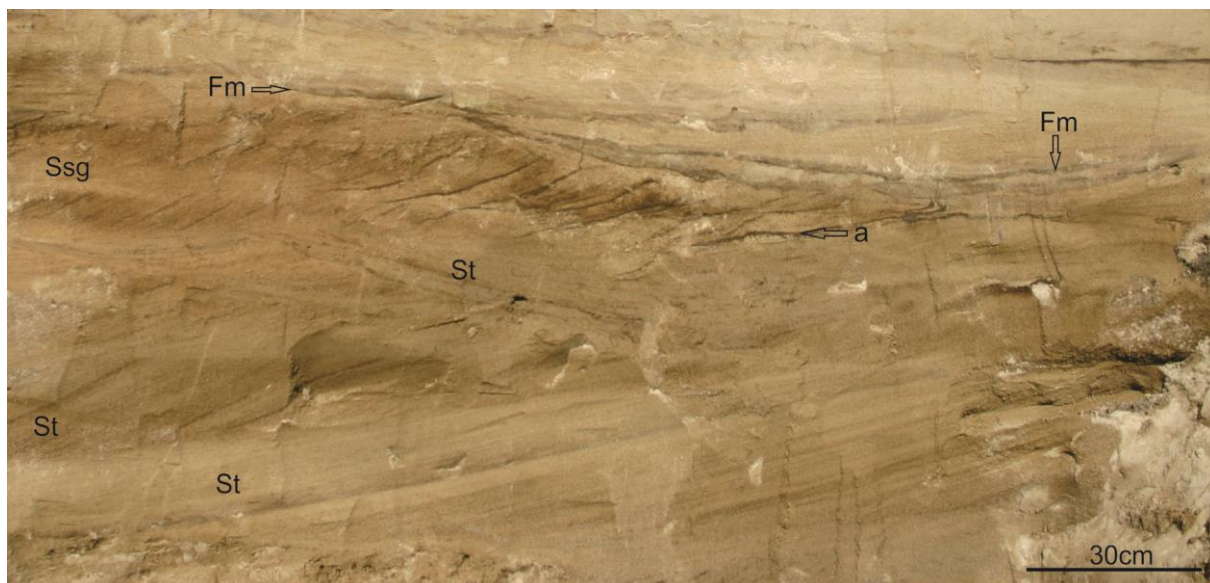


Figura 18: Fácies Ssg associada a fácies St e Fm, observa-se em (a) presença de matéria orgânica

5.1.5. Areia com estratificação cruzada tangencial na base (*Fácies Stb*)

A fácies Stb é formada por estratos de 20 a 30 cm de espessura, compostos por areia fina a média, moderadamente selecionada, com estratificação cruzada tangencial na base. A fácies Stb ocorre geralmente associada às fácies Sli, St e lateralmente à fácies Ssg (Figura 19). Os contatos inferiores e superiores são erosivos. As paleocorrentes apresentam direção preferencial para SE com valores entre N105° e N175° (Figura 20).

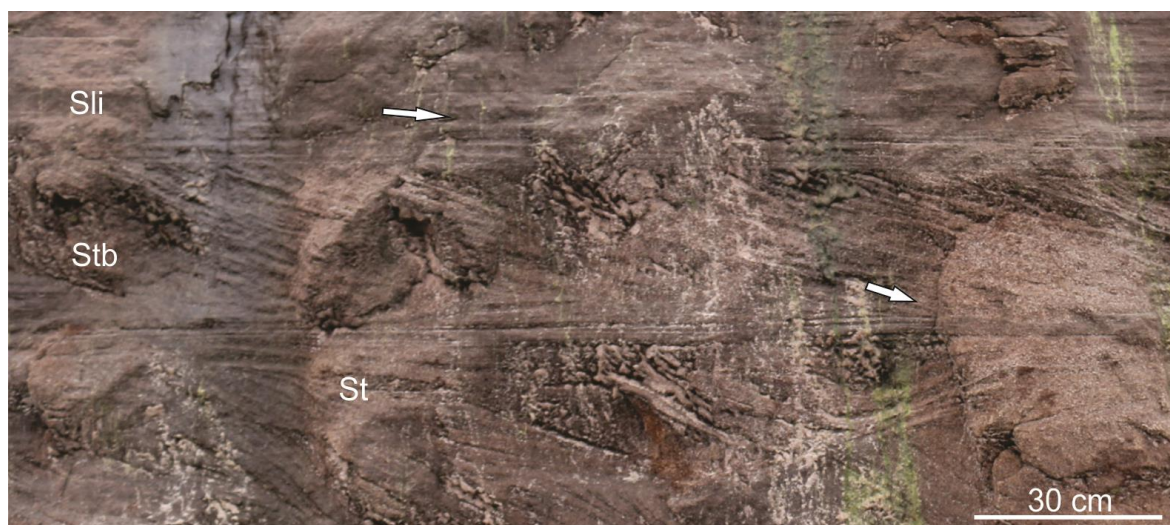


Figura 19: Fácies Stb com estratificação cruzada tangencial na base, as setas indicam a direção de mergulho das estratificações.

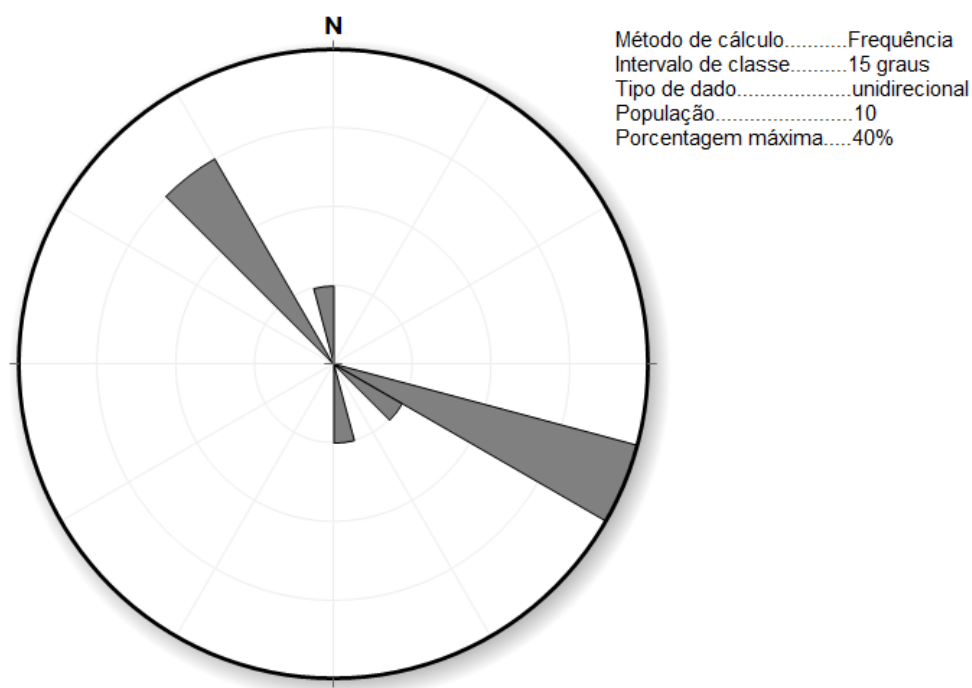


Figura 20: Diagrama em roseta mostrando direção preferencial para SE.

Esta fácies foi interpretada como originalmente sigmóide, com truncamento no topo por erosão posterior.

5.1.6. Areia com estratificação cruzada *swaley* (Fácies Ssc)

A fácies Ssc é formada por estratos que podem passar de 50 cm de espessura, compostos por areia fina a média, moderadamente selecionada e contatos inferiores e superiores erosivos. Nessa estrutura são observados truncamentos, produto de fluxo oscilatório gerados por ondas. Ocorre intercalada à fácies Sli (Figura 21).

Esta fácies foi interpretada como decorrente de fluxo oscilatório gerado por ondas, provavelmente de tempestade.



Figura 21: Fácies Ssc, com estratificação cruzada *swaley*.

5.1.7. Lama em *drapes* (Fácies Fm)

A fácies Fm é formada por estratos de 1 a 3 cm de espessura, constituída por argila maciça com presença, em algumas porções, de areia fina bem selecionada. Encontra-se na forma de *drapes*, apresenta estrutura maciça e está associada à fácies St (Figura 22).



Figura 22: Fácies Fm com argila em forma de *drapes* e em (o) presença de tubos de *Ophiomorpha*.

5.2. ICNOFÓSSEIS

Nos afloramentos foram identificados icnofósseis de *Ophiomorpha* atribuídos a *Callichirus major* (Suguio et al. 1984) (Figura 23).



Figura 23: Tubos de *Ophiomorpha* preenchidos por areia fina a média em posição vertical.

Os tubos apresentam superfície externa boitrodal e interna lisa, com diâmetros entre 3 e 6 cm. Os comprimentos variam de poucos centímetros, entre 4 e 5 cm, podendo chegar perto dos 2 metros. Os tubos são preenchidos por areia fina a média e encontram-se geralmente na posição vertical.

Para Suguio & Martin (1976a), o limite superior à zona de tubos indica a posição do nível médio da maré na época em que os organismos estavam vivos. Já para Suguio *et al.* (1985) a superfície de areia onde se iniciam os tubos, corresponde a aproximadamente o nível de maré baixa.

Em relação ao *habitat* atual, o *Callichirus major* é encontrado em ambientes de grau variável de exposição às ondas. Os sedimentos variam de granulação, mas nunca passam para a granulação muito grossa ou lama (Rodrigues 1966).

5.3. ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES E INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL

A descrição dos afloramentos, os processos sedimentares interpretados, a relação entre as fácies e suas associações permitiram agrupar dois ambientes deposicionais: face litorânea superior (US) e praia subaérea e inframaré (F) (Figura 24).

5.3.1. Face litorânea superior (*Upper shoreface*) – US

A associação face litorânea superior (US) é formada principalmente por fácies arenosas. Nesta associação predominam as camadas com estratificação cruzada acanalada (St), com intensa bioturbação na forma de tubos *Ophiomorpha* atribuídos a *Callichirus major* (Figuras 14 e 22). Subsidiariamente ocorre estratificação cruzada sigmóide (Ssg) com direção preferencial para SW (Figura 18). Esta associação foi interpretada como formada por correntes trativas de regime inferior, geradas por ondas na zona de arrebentação e surfe.

Sabendo-se que a direção atual da costa paranaense é N30E, a fácies Ssg que tem direções preferenciais paralelas à costa (SW), pode ter sido formada pelas correntes de deriva litorânea longitudinal nos canais da zona de surfe. A presença de *drapes* de argila associados à fácies St e Ssg, e de matéria orgânica à fácies Ssg, pode corresponder a processos influenciados por marés, o que indica a possível proximidade de uma desembocadura estuarina.

5.3.2. Praia subaérea e inframaré (*Foreshore*) – F

A associação praia subaérea e inframaré (F) é formada por fácies arenosas sem bioturbação. Nesta associação predominam as camadas com estratificação cruzada de baixo ângulo com laminação plano paralela (Sli), limitadas por superfícies erosivas que truncam os sets em ângulos de 1° a 2° (Figura 11). Na base desta associação ocorrem estratos desta com estratificação cruzada sigmóide (Ssg), acanalada (St) e tangencial na base (Stb), correspondentes a pequenos bancos e canais do pé de praia (*beach step*), na base da zona intermaré.

A fácies Sli corresponde a fluxos trativos de regime superior, relacionado ao espraiamento das ondas sobre a face praial. Esta fácies apresenta mergulhos

preferenciais para o mar (SE), correspondentes à face praial (*beach face*) e subordinadamente para a costa (NW), correspondente ao pós-praia (*backshore*). Em algumas porções, ocorrem fácies com estratificação cruzada planar de pequeno porte (Sp) (Figura 9). Localmente, encontram-se estratos com estratificação cruzada *swaley* (Ssc) intercalados com a fácies Sli (Figura 21). A fácies Ssc é típica da ação de eventos de alta energia, portando, ela foi interpretada como resultado de tempestade, em um dado momento onde houve a subida rápida do nível relativo do mar, atuando sobre a zona de espriamento das ondas.

6. DISCUSSÃO

6.1. DATAÇÕES DA BARREIRA PLEISTOCÊNICA NA COSTA BRASILEIRA

Segundo Bittencourt *et al.* (1979), houve uma Transgressão Antiga onde o nível relativo do mar estaria em torno de $8,0 \pm 2,0\text{m}$ acima do nível atual. Este episódio é conhecido como Transgressão Cananéia no estado de São Paulo (Suguio & Martin 1978a), Penúltima Transgressão, entre os estados da Bahia e Pernambuco (Bittencourt *et al.* 1979), Barreira Pleistocênica no estado do Paraná (Suguio *et al.* 2005), e Sistema Depositional Laguna-Barreira III no Rio Grande do Sul (Villwock *et al.* 1986). Segundo Tomazelli & Dillenburg (2007), o período interglacial ocorrido a 120.000 anos A.P., estaria representado principalmente por terraços marinhos, indicando níveis mais altos que o nível do mar atual de $7,0 \pm 1,0\text{m}$ (Martin *et al.* 1982) e $8,0 \pm 2,0\text{m}$ (Martin *et al.* 1988 e Suguio *et al.* 2005).

A idade de construção dos terraços pleistocênicos que formam as planícies costeiras paranaenses está relacionada ao último período interglacial no Pleistoceno, ocorrido há aproximadamente 120.000 anos A.P. (Pirazzoli 1996). No Brasil, os terraços correspondentes a esse período foram datados por Martin *et al.* (1982) pelo método Ia/U em fragmentos de corais do gênero *Siderastrea*, encontrados na base dos terraços costeiros no sul da Bahia, as idades fornecidas foram entre 122.000 e 142.000 anos A.P. Posteriormente, várias datações pelo método ^{14}C foram realizadas, obtendo idades superiores a 30.000, 35.000 ou 40.000 anos A.P., o que estaria relacionado as idades obtidas na costa sul da Bahia (Suguio *et al.* 1980, Martin & Suguio 1989, Martin *et al.* 1979/80, 1996 e Angulo *et al.* 2002).

Na costa paranaense, Angulo (1992, 2004), durante o mapeamento do Quaternário, delimitou a planície costeira com cordões litorâneos do Holoceno e Pleistoceno, e a planície paleoestuarina do Pleistoceno Superior ou Tardio. Próximo ao canal do Varadouro observa-se uma área com sedimentos paleoestuarinos contendo troncos e detritos vegetais. A datação de um fragmento desses troncos forneceu idades além do alcance do método ^{14}C (>40.000 anos A.P.), o que permitiu correlacionar os depósitos ao ciclo transgressivo-regressivo do último período interglacial no Pleistoceno (Angulo *et al.* 2002). O contato entre as duas barreiras foi determinado por datações de ^{14}C e sondagens (Souza 2005). Branco (2010), através

da datação de uma amostra de madeira, obteve idades superiores a 40.000 anos A.P., o que corrobora a correlação dos depósitos ao último período interglacial pleistocênico.

Os depósitos descritos na presente pesquisa foram correlacionados ao último período interglacial pleistocênico a partir dos dados publicados por outros autores na região.

6.2. ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES E INTERPRETAÇÃO PALEOAMBIENTAL

A descrição de fácies e suas associações permitiu o reconhecimento de um sistema marinho raso dominado por ondas e influenciado por maré.

A presença de argila está associada à deposição em períodos mais calmos, o que indica que as fácies foram depositadas, possivelmente, próximas de um *inlet*. Essa proximidade seria caracterizada pela presença de material estuarino/lagunar que foi transportado até o ambiente marinho raso dominado por ondas e influenciado pela maré. Porém, não foram encontrados indícios suficientes para atribuir a origem da argila a esse ambiente.

Branco (2010) descreveu uma camada de lama entre as paleoprofundidades de 9 e 8m, o que contemplava a existência de estuário/laguna. O autor comparou os dados de descrição de campo e sondagens com os modelos clássicos de Walker (1992), Davis & Fitzgerald (2004) e Nichols (2007), que descreveram a sedimentação de uma camada de lama localizada na parte anterior da barreira. Essa camada de lama indicaria que os depósitos deste ambiente foram sobrepostos por fácies arenosas mais profundas, referentes às fácies arenosas da face litorânea. Desse modo, a barreira pleistocênica teria que ser transgressiva. Porém, o autor também não achou indícios de que a lama fosse de origem estuarina/lagunar.

É possível que as fácies do ambiente estuarino/lagunar tenham se desenvolvido, porém, não foram encontradas na região. Outra hipótese seria que durante a evolução da barreira, não houvesse a preservação dos depósitos. A explicação para a presença de um paleoestuário na região seria pela existência da barreira transgressiva ou pelo crescimento de um esporão. Como não foram encontrados indícios da barreira transgressiva, a ideia de progradação de um esporão com vetores para NW (sentido continente) seria mais aceita (Branco 2010).

Estudando a plataforma interna paranaense, Oliveira (2015) descreveu areias

com grandes quantidades de lama entre 5 e 15 metros de profundidade, o que já corresponderia à face litorânea superior. Porém, o autor não identificou a origem da mesma. A primeira hipótese era que a lama seria de origem recente e que, provavelmente, a decantação seria resultante de algum evento geológico que permitisse um ambiente mais calmo. Eventos com essas características foram descritos por Veiga *et al.* (2004) e denominados como cercas de energia. A segunda hipótese seria o possível retrabalhamento do fundo pelas ondas, correspondendo à existência de uma lama mais antiga, o que possivelmente caracterizaria a existência de uma laguna no Pleistoceno.

Um aspecto importante na descrição da barreira pleistocênica paranaense foi a caracterização das fácies de praia, principalmente na identificação da fácies que corresponde ao pé de praia (*beach step*), caracterizado pela associação das estratificações cruzadas com laminações plano paralelas (Sli), com mergulhos para o mar (SE), com a estratificação cruzada sigmóide no pé da praia (Ssg). Esta associação também foi encontrada por Souza (2005) na barreira holocênica da região.

A associação descrita como praia subaérea e intermaré (F) tem como principal diferença a presença de estratificação cruzada *swaley* intercalada com estratificação cruzada de baixo ângulo com laminação plano paralela (Sli) (Figura 21). Souza (2005) interpretou a fácies Ssc como face litorânea média e inferior. Segundo Branco (2010), a estratificação cruzada *swaley* é interpretada como face litorânea superior.

A opção por interpretar a fácies Ssc na região de praia foi resultante da identificação de uma sequência de fácies parecida na região de Ilha Comprida, litoral sul da região de São Paulo (Guedes 2003 e Giannini *et al.* 2003). Os autores identificaram estratificações cruzadas *hummockys*, com presença de níveis de minerais pesados, intercaladas com laminações plano paralelas. A formação dessas *hummockys* foi relacionada a eventos de tempestade costeira, onde houve uma subida momentâneo do nível do mar, atuando sobre zona caracterizada por águas rasas (espraçamento de ondas).

A associação de fácies descrita como face litorânea superior é semelhante às descritas por Souza (2005) e Branco (2010). Nesta associação predominam as estratificações cruzadas acanaladas (St), com intensa bioturbação atribuída a *Callichirus major* e subordinadamente as estratificações cruzadas sigmóides.

6.3. MODELO PROPOSTO E COMPARAÇÃO COM OUTROS MODELOS

A interpretação das associações das fácies, na área de estudo, caracterizou uma sequência regressiva no Pleistoceno. O modelo evolutivo define a progradação da barreira no sentido do mar (SE).

Esta disposição difere da sugerida por Lessa *et al.* (2000) que propuseram a existência de uma barreira transgressiva no Holoceno com base na descrição das fácies de dois testemunhos (referidos como V#9 e V#10, figura 6). Nesses testemunhos foram identificadas duas fácies intercaladas, a primeira composta por areia grossa, mal selecionada, interpretada como formada em canal estuarino e outra composta por areia fina, bem selecionada interpretada como depositada em leques de sobrelavagem (*overwash*). Na costa paranaense e norte catarinense são comuns evidências de significativo componente de deriva longitudinal na formação das barreiras holocênicas (Angulo 1999, Souza *et al.* 2001), portanto, as fácies interpretadas como *overwash* poderiam ser reinterpretadas como fácies de preenchimento de canal, provavelmente associadas a uma desembocadura estuarina.

Souza (2005) elaborou um modelo evolutivo para a barreira holocênica onde houve a formação de esporões com crescimento para sudoeste, entre 7.000 e 5.000 anos A.P. durante o máximo nível do mar de $3,5 \pm 1,0$ (Angulo *et al.* 2006). Enquanto que no período regressivo subsequente, houve o crescimento de esporões para sudoeste quando a queda do nível do mar foi mais acelerada, até aproximadamente 4.000 anos A.P.. Logo após, houve a alternância entre progradação e crescimento de esporões para nordeste (de 4.000 a 2.500 anos A.P.), momento em que o nível relativo do mar estava mais estável e por último a formação de cordões regressivos após 2.500 anos A.P. A autora não achou evidências diretas e conclusivas da existência da barreira transgressiva, um dos pontos mais importantes que diferencia o modelo proposto pela autora do modelo proposto por Lessa *et al.* (2000) (Figuras 6 e 7).

Segundo o modelo evolutivo proposto por Branco (2010), a barreira pleistocênica estaria relacionada à progradação lateral de um esporão com vetores para NW. As fácies transgressivas também não foram encontradas na região de estudo.

Na região da planície costeira de Itapoá, litoral norte de Santa Catarina,

Souza *et al.* (2001) propuseram um modelo evolutivo no qual durante o máximo de transgressão teriam se formado ilhas-barreira com desembocaduras associadas às atuais desembocaduras dos rios Saí-Mirim e Saí-Guaçu, e durante a descida do nível do mar barreiras regressivas. Neste modelo também não foram encontrados evidências da barreira transgressiva.

Na planície do Rio Grande do Sul, Villwock *et al.* (1986) descrevem quatro sistemas deposicionais tipo laguna/barreira que teriam se formados durante ciclos transgressivos/regressivos, sendo três do Pleistoceno e um do Holoceno. A comprovação do modelo se deu pela presença de extensas lagunas e depósitos lagunares aflorantes na linha de costa atual. Porém, não foram descritas as fácies transgressivas da barreira.

Segundo Giannini *et al.* (2003), a evolução da planície costeira de Ilha Comprida, durante o Holoceno, teria sido condicionada pela alternância entre períodos de crescimentos de esporões e períodos de progradação.

Os dados são poucos e incompletos para a elaboração de um modelo deposicional confiável, porém, comparando todas as características encontradas na área de estudo, os modelos de Giannini *et al.* (2003) e Souza (2005) são os que mais se assemelham ao modelo proposto, pelo motivo de se tratar de uma barreira regressiva com períodos de progradação com sentido para o mar (SE).

7. CONCLUSÕES

Nessa pesquisa sete fácies sedimentares foram identificadas: areia com estratificação planar (Sp), areia com estratificação cruzada de baixo ângulo com laminação plano paralela (Sli), areia com estratificação cruzada acanalada (St), areia com estratificação cruzada sigmoidal (Ssg), areia com estratificação cruzada tangencial na base (Stb), areia com estratificação cruzada *swaley* (Ssc) e lama em drapes (Fm). A associação de fácies permitiu a interpretação de dois ambientes de deposição: face litorânea superior (US) e praia subaérea e inframaré (F).

Os dados obtidos a partir das descrições das fácies caracterizam um sistema marinho raso dominado por ondas com influência de maré. As estruturas observadas indicam ambientes com alta energia (eventos de tempestades) intercalados com ambientes de menor energia (deposição de materiais finos).

Os resultados obtidos nesse trabalho caracterizam uma sequência regressiva, com progradação da barreira com sentido para o mar (SE), para a barreira pleistocênica na região de Paranaguá.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSTAS

Os métodos utilizados nesse trabalho foram satisfatórios para a identificação e caracterização das fácies, porém, a não utilização de métodos como nivelamento de fácies, sondagens e datações permitiu a descrição de poucos metros da barreira.

A falta de informações impossibilita a proposta de um modelo deposicional mais preciso, sendo necessária a correlação com dados obtidos de outros autores, o que pode não representar a realidade da região estudada.

Estudos mais aprofundados precisam ser feitos na barreira pleistocênica da região de Paranaguá, a fim de reconstruir a evolução da barreira da forma mais real possível.

REFERÊNCIAS

- Angulo R.J. 1992. *Geologia da planície costeira do Estado do Paraná*. Tese de Doutorado. São Paulo, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 334pp.
- Angulo R.J. 1999. Morphological characterization of the tidal deltas on the coast of the State of Paraná. *Anais Acad.Bras.Ciênc.*, São Paulo, **71**(4-II):935-959.
- Angulo R.J. 2004. Mapa do Cenozóico do litoral do Estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, **55**:25-42.
- Angulo R.J., Lessa G.C., Souza M.C. 2006. A Critical Review of Mid- to Late Holocene Sea-level Fluctuations on the Eastern Brazilian Coastline. *Quaternary Science Reviews*, no prelo.
- Angulo R.J., Lessa G.C., Souza M.C. 2009. The Holocene barrier systems of Paranaguá and northern Santa Catarina coasts, Southern Brazil. *Lecture Notes in Earth Sciences*. Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil, p. 135–176.
- Angulo R.J., Pessenda L.C.R., Souza M. C. 2002. O significado das datações C14 do litoral paranaense na reconstrução de paleoníveis marinhos e na evolução das barreiras do Pleistoceno Superior Holoceno. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, **32**(1):95-106.
- Bigarella J.J. 1946. Contribuição ao estudo da planície litorânea do Estado do Paraná. *Arq. Biol. Tecn.*, Curitiba, **1**:75-11.
- Bigarella J.J. 1954. Os sambaquis na evolução da paisagem litorânea sul-brasileira. *Arq. Biol. Tecn.*, Curitiba, v.9-10. p.199-221.
- Bigarella J. J. & Doubek R. 1963. Folha geológica de Paranaguá (Estado do Paraná). Curitiba, Univ. Paraná, escala 1:50.000.
- Bigarella J.J., Doubek A., Salamuni R. 1957. Planta geológica provisória da Baía de Guaratuba. *Bol. Univ. Par. Geol.*, Curitiba, **8**:1-6.
- Bittencourt A.C.S.P., Martin L., Vilas-Boas G.S., Flexor J.M. 1979. Quaternary marine formations of the coast of the State of Bahia (Brazil) In: Suguio K., Fairchild T.R., Martin L., Flexor J.M.(Eds.). 1979. Proceedings of the International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary. p.232-253.

- Boyd R., Dalrymple R., Zaitlin B.A. 1992. Classification of clastic coastal depositional environments. *Sedimentary Geology*. v. 80, p.139–150.
- Branco J.C. 2010. *Associação de fácies de um setor da barreira pleistocênica em Paranaguá-PR, Sul do Brasil*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, 93pp.
- Branco J.C. 2010. Fósseis e Idade de um setor da barreira pleistocênica paranaense. *Caminhos da Geografia*, Uberlândia, v. 11, p. 69-80.
- Cowell P.J. & Roy P.S. 1988. *Shoreface transgression model: programming guide (outline, assumptions and methodology)*. Unpub. Report, Coastal Studies Unit, Marine Studies Centre, University Sydney, 23 p.
- Cowell P.J., Roy P.S., Jones R.A. 1991. Shoreface translation model: application to management of coastal erosion. In. Brierley G., Chappell J. (eds). *Applied Quaternary studies*. Canberra, Department of Biogeography and Geomorphology, ANU, 57-73.
- Cowell P.J., Roy P.S., Jones R.A. 1995. Simulation of large-scale coastal change using a morphological behaviour model. *Marine Geology*, Amsterdam, **126**:45-61.
- Curry J.R., Emmel F.J., Crampton P.J.S. 1969. Holocene history of a strand plain, lagoon coast, Nayarit, México. In. Castañeras A. A. & Phleger F. B. (eds). *Coastal Lagoons – a symposium*: Universidad Nacional Autónoma de México/UNESCO, México, p. 63-100.
- Dalrymple W.R. 2010. Interpreting sedimentary successions: Facies, Facies Analysis and Facies Models. In Noel P. James & Robert W. Dalrymple (eds). *Facies Models 4*. Department of Geological Sciences and Geological Engineering Queen's University, Canadá.
- Davis Jr. R. A. & Fitzgerald D. M. 2004. *Beaches and Coasts*. Blackwell Science, 419p.
- Dean R. G. & Dalrymple R. A. 2004. *Coastal Processes with Engineering Applications*. Cambridge University Press. New York. p. 475.
- Dillenburg S.R. & Hesp P.A. 2009. Coastal Barriers – An Introduction. *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil. Lecture Notes in Earth Sciences*. Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil, 107. Springer- Verlag, Berlin, p. 135–176.

- Dillenburg S.R., Roy P.S., Cowell P.J., Tomazelli L.J. 2000. Influence of antecedent topography on coastal evolution as tested by the shoreface translation-barrier model (STM). *Journal of Coastal Research*, Florida, **16**(1):71:81.
- Dominguez J.M.L., Bittencourt A.C.S.P., Martin L. 1981. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, **11**(4):227-237.
- Fasano J.L., Isla F. I., Schnack E.J. 1984. Movimientos relativos de la interfase continental/oceánica en el sector oriental de la Península Valdés, Chubut, Argentina. Evidencias aportadas por depósitos litorales cuaternarios. International symposium on sea-level and coastal evolution during late Quaternary. *Abstract*, IGCP 200-INQUA, Mar del Plata, p.32-35.
- Field M.E. & Tricard F. 1991. Regressive coastal deposits on Quaternary continental shelves: preservation and legacy. In. *Shoreline to Abyss*. SEPM Special Publ. n.46, p.107-122.
- Giannini P.C.F. 1987. *Sedimentação quaternária na planície costeira de Peruíbe-Itanhaém (SP)*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 2v., 234p., 3 mapas.
- Giannini P. C. F., Guedes C. C. F., Angulo R.J., Assine M. L., Souza M. C., Mori E. K. 2003. Geometria de cordões litorâneos e espaço de acomodação sedimentar na Ilha Comprida, litoral sul paulista. IX Congresso da associação brasileira de estudos do Quaternário, II Congresso do Quaternário de países de línguas ibéricas, II Congresso sobre planejamento e gestão da zona costeira dos países de expressão portuguesa, *Anais...*, Recife, ABEQUA/ABRH, 1:1-1 CD-Rom.
- Guedes C.C.F. 2003. *Os Cordões Litorâneos e as Dunas Eólicas da Ilha Comprida, Estado de São Paulo*. Tese de graduação. São Paulo, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 54pp.
- Hayes M.O., Hulmes L.J., Wilson S.J. 1974. Importance of tidal inlets in erosional and depositional history of barrier islands. Geological Society America. *Abstract with Programs*, **6**:785.
- Hesp P.A. & Short A.D. 1999. Barrier morphodynamics. In: Short AD (ed) *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. John Wiley & Sons, Chichester, p. 307–333.

- Isla F.I. 1998. Uniformitarismo transgressivo ?. *Boletim Paranaense de Geociências*, Curitiba, **46**:165-174.
- Kraft J.C. & Chazastowski M.J. 1985. Coastal stratigraphic sequences. In: Davis RA (ed) *Coastal sedimentary environments*. Springer-Verlag, New York, p. 625–663.
- Lessa G.C., Angulo R.J., Giannini P.C.F., Araújo A.D. 2000. Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier in south Brazil. *Marine Geology*, Amsterdam, **165**(1-4):87-108.
- Martin L., Bittencourt A.C.S.P., Vilas-Boas G.S. 1982. Primeira ocorrência de corais pleistocênicos na costa brasileira: datação do máximo da penúltima transgressão. *Rev. Ciências da Terra* **1**:16–17.
- Martin L., Dominguez J.M.L., Suguio K., Bittencourt A.C.S.P., Flexor J.M. 1983. Schéma de la sédimentation quaternaire sur la partie centrale du littoral brésilien. *Cahiers ORSTOM, Série Géol.*, vol. XIII, **1**:59-81.
- Martin L. & Suguio K. 1989. Excursion Route along the Brazilian Coast Between Santos (SP) and Campos (RJ) (North of State of Rio de Janeiro). In: International Symposium on Global Changes in South America During the Quaternary, Special Publication **2**:1-136.
- Martin L., Suguio K., Flexor J.M., Azevedo A.E.G. 1988. Mapa geológico do Quaternário costeiro dos Estados do Paraná e Santa Catarina. *Série Geol. DNPM*. Brasília, 28/18, pp.40.
- Martin L., Suguio K., Flexor J.M., Bittencourt A.C.S.P., Vilas-Boas G.S. 1979/80. Le quaternaire marin brésilien (littoral pauliste, sud fluminense et bahianais). *Cah. O.R.S.T.O.M Série Géologie* **11**:95-124.
- Martin L., Suguio K., Flexor J.M., Dominguez J.M.L., Bittencourt A.C.S.P. 1996. Quaternary sea-level history and variation in dynamics along the central Brazil Coast: consequences on coastal plain construction. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* **68**:303-354.
- Masselink G. & Lessa G.C. 1995. Barrier stratigraphy on the macrotidal central Queensland coastline, Australia. *Journal of Coastal Research*, **11**(2):454-477.
- Mccubbin D.G. 1992. Barrier-island and strand plain facies. In: Scholle P.A. & Spearing D. (eds). *Sandstone depositional environments*. The american association petroleum geologists, AAPG, p. 247-279.

- Miall A.D. 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In: Miall A.D. (ed). *Fluvial Sedimentology*. Can. Soc. Petrol. Geol. Mem., **5**:597-604.
- Miall A.D. 1996. *The Geology of Fluvial Deposits*. Berlin, Springer-Verlag, 582p.
- Nichols G. 2007. *Sedimentology & Stratigraphy*. BlackWell Publishing, London, 355p.
- Nielsen L.H. & Johannessen P.N., 2008. Are Some Isolated Shelf Sandstone Ridges in the Cretaceous Western Interior Seaway Transgressed, Detached Spit Systems? In: Hampson G.J., Stell R.J., Burgess P.M., Dalrymple R.W. (eds.): *Recent Advances in Models of Siliciclastic Shallow-Marine Stratigraphy*. SEPM. Special Publication, vol. 90, pp. 333–354.
- Nielsen L.H. & Johannessen P.N. 2009. Facies architecture and depositional processes of the Holocene–Recent accretionary forced regressive Skagen spit system, Denmark. *Sedimentology* **56**:935–968.
- Oliveira L. H. S. 2015. *Morfologia e sedimentologia da plataforma continental interna paranaense*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, 86pp.
- Petersen D., Deigaard R., Fredsoe J., 2008. Modeling the morphology of sandy spits. *Coastal Engineering* **55**:671-684.
- Pirazzoli P.A. 1996. *Sea-level changes: the last 20.000 years*. John Wiley & Sons, New York, 211 p.
- Reading H.G. 1980. Facies. In Reading H.G. (ed.): *Sedimentary Environments and Facies*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 4-14.
- Rivereau J.C., Fuck R.A., Muratori A., Trein E. 1968. *Ilha do Mel, folha geológica*. Curitiba, Comissão da Carta Geológica do Paraná. Escala 1:70.000.
- Rivereau J.C., Fuck R.A., Muratori A., Trein E. 1969b. *Guaratuba, folha geológica*. Curitiba, Comissão da Carta Geológica do Paraná. Escala 1:70.000.
- Rivereau J.C., Fuck R.A., Muratori A., Trein E. 1969c. *Paranaguá, folha geológica*. Curitiba, Comissão da Carta Geológica do Paraná. Escala 1:70.000.
- Rodrigues S. de A. 1966. *Estudos sobre Callianassa: sistemática, biologia e anatomia*. Tese de Doutorado. São Paulo, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 168pp.
- Roy P.S., Cowell P.J., Ferland M.A., Thom B.G. 1994. Wave-dominated coasts. In: Carter R.W.G. & Woodroffe C.D. (eds.), *Coastal evolution: late quaternary*

- Souza M.C. 2005. *Estratigrafia e evolução das barreiras holocênicas paranaenses, Sul do Brasil*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, 100 pp.
- Souza M.C., Angulo R.J., Assine M.L., Castro D.L. 2012. Sequence of facies at a Holocene storm-dominated regressive barrier at Praia de Leste, southern Brazil. *Marine Geology*, Amsterdam, **291-294** (2012):49–62.
- Souza M.C., Angulo R.J., Pessenda L.C.R. 2001. Evolução paleogeográfica da planície costeira de Itapoá, litoral norte de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Geociências* **31**:223-230.
- Suguio K., Angulo R.J., Carvalho A.M., Corrêa I.C.S., Tomazelli L.J., Villwock J.A., Vital H. 2005. Paleoníveis do mar e paleolinhas de costa. In: Souza C.R.G., Suguio K., Oliveira A.M.S., Oliveira P.E. (Eds.) *Quaternário do Brasil*. Holos Editora, Ribeirão Preto, São Paulo, pp. 114–129.
- Suguio K. & Martin L. 1976a. Brazilian coastline quaternary formations the States of São Paulo and Bahia littoral zone evolutive schemes. *Anais Academia Brasileira Ciências*, **48** (suplemento):325-334.
- Suguio K. & Martin L. 1976b. Mecanismos de gênese das planícies sedimentares quaternárias do litoral do Estado de São Paulo. In: CONGR. BRAS. GEOL., 29. Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto, SBG, v.1. p.295-305.
- Suguio K. & Martin L. 1978a. Formações quaternária marinhas do litoral paulista e sul fluminense. In: *Special Publication nº1, International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary* - The Brazilian National Working Group for the IGCP, Project 61, Instituto de Geociências da USP.
- Suguio K., Martin L., Bittencourt A.C.S.P., Dominguez J.M.L., Flexor J.M., Azevedo A.E.G. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário Superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, **15(4)**:273-286.
- Suguio K., Martin L., Flexor J.M. 1980. Sea level fluctuations during the past 6000 years along the coast of the state of São Paulo, Brazil. In: Möerner, N.A. (Ed) *Earth rheology, isostasy and eustasy*. Chichester, John Wiley & Sons 471-486.
- Suguio K., Rodrigues S. A., Tessler M.G., Lambooy E.E. 1984. Tubos de *Ophiomorpha* e outras feições de bioturbação na Formação Cananéia, Pleistoceno da planície costeira Cananéia-Iguape, SP. In: SIMP. RESTINGAS BRAS., 1. Niterói. *Anais...* Niterói, CEUFF. p.111-122.

- Tomazelli L. J. & Dillenburg S. R. 2007. Sedimentary facies and stratigraphy of a last Interglacial coastal barrier in south Brazil. *Marine Geology*, Amsterdam, **244**:33-45.
- Tomazelli L. J. & Villwock J. A. 2005. Mapeamento geológico de planícies costeiras: O exemplo do Rio Grande do Sul. *Gravel*, Porto Alegre, n.3, p. 109-115.
- Walker R.G. & James N.P. (eds) 1992. *Facies models: response to sea level change*. Geological Association of Canada, 454 pp.
- Veiga F. A., Angulo R. J., Sá F., Odreski L. L. R., Lamour M. R., Disaró S. T. 2004. Origin of mud deposits in a wave dominated shallow inner continental shelf of the State of Paraná coast, southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 39, Proceedings of the 8th International Coastal Symposium, Itajaí, SC, 1-4.
- Villwock J.A., Tomazelli L.J., Loss E.L., Dehnhardt E.A., Horn Filho N.O., Bachi F.A., Dehnhardt B.A. 1986. Geology of the Rio Grande do Sul coastal province. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*. Balkema, **4**:79-97.