UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

# CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA PRAIA-DUNA AO LONGO DA COSTA URUGUAIA, DE MONTEVIDEO A LA CORONILLA

VALÉRIA TERENCE

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini

## DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica

SÃO PAULO

2013

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

```
Terence, Valéria
Caracterização do sistema praia-duna ao longo da
Costa Uruguaia, de Montevideo a la Coronilla /
Valéria Terence. -- São Paulo, 2013.
101 p. : il. + anexos + apêndices
Dissertação (Mestrado): IGc/USP
Orient.: Giannini, Paulo César Fonseca
1. Geomorfologia litorânea : Uruguay 2. Dunas :
Uruguay 3. Sedimentologia : Uruguay I.
Título
```

## Sumário

Sumário i
ÍNDICE DE TABELASiii
ÍNDICE DE QUADROS iv
ÍNDICE DE FIGURAS iv
AGRADECIMENTOS
RESUMO ix
ABSTRACT
1. INTRODUÇÃO1
1.1. Deriva litorânea e seus métodos de estudo1
1.2. A deriva litorânea na costa uruguaia e sua influência na costa brasileira 2
1.3. Meta e objetivos
2. Caracterização da área costeira em estudo 4
2.1. Localização
2.2. Contexto geológico
2.3. Compartimentação fisiográfico-geomorfológica7
2.3.1. Geomorfologia da costa
2.3.1.1. Costa atlântica 10
2.3.1.2. Costa platense
2.4. Batimetria da plataforma continental 12
2.5. Dunas e vegetação 13
2.6. Dinâmica climática 14
2.7. Ventos e ondas na plataforma15
2.8. Marés
2.9. Variação do nível relativo do mar16
2.10. Fontes sedimentares potenciais no continente e na plataforma continental 17
2.10.1. Drenagens
2.10.2. Províncias de minerais pesados na plataforma continental
3. Métodos de análise de dispersão sedimentar costeira: uma revisão

	3.1. Indicadores geomórficos	. 19
	3.2. Variação granulométrica	. 21
	3.3. Variação de minerais pesados	. 22
	3.3.1. Fatores determinantes da assembleia	. 22
	3.3.2. Indices mineralógicos	. 24
	3.4 Deriva litorânea de sedimentos – métodos de estudo	. 25
4.	MATERIAIS E MÉTODOS	. 30
	4.1. Revisão bibliográfica	. 30
	4.2. Sensoriamento remoto	. 30
	4.3.Trabalhos de campo	. 30
	4.3.1. Amostragem	. 31
	4.3.2. Caracterização do sistema praia-duna	. 32
	4.4. Trabalhos de laboratório	. 34
	4.4.1. Análise granulométrica	. 34
	4.4.2. Mineralogia de pesados	. 34
	4.4.3. Infra-estrutura laboratorial	. 36
	4.5. Montagem de banco de dados sedimentológicos	. 36
	4.6. Tratamento gráfico-estatístico	. 36
	4.7. Inferência de rumo de transporte sedimentar	. 38
5.	RESULTADOS	. 39
	5.1. Indicadores geomórficos	. 39
	5.1.1. Características da linha de costa	. 39
	5.1.2. Deflexão de desembocaduras de arroios e lagunas	. 39
	5.2. Morfologia do sistema praia-duna	. 41
	5.2.1. Largura da praia	. 41
	5.2.2. Altura de duna frontal incipiente	. 41
	5.2.3. Declive de face praial, berma e pós-praia superior	. 42
	5.2.4. Altura de quebra de onda	. 45
	5.2.5. Classificação morfodinâmica	. 46
	5.2.6. Vegetação de duna frontal incipiente	. 49
	5.3. Granulometria	. 53
	5.3.1. Número de modas	. 53
	5.3.2. Exame geral das estatísticas da distribuição	. 53
	5.3.2.1. Diâmetro médio	. 53

5.3.2.2. Desvio padrão 54
5.3.2.3. Assimetria
5.3.3. Variação longitudinal
5.3.3.1. Setor 1
5.3.3.2. Setor 2
5.3.3.3. Setor 3
5.4. Minerais pesados
5.4.1. Teores
5.4.2. Assembleia mineralógica
5.4.3. Variação longitudinal
5.4.3.1. TZi
5.4.3.2. GSi
5.4.3.3. GCi
6. Discussão: rumos de deriva litorânea
6.1. Integração dos parâmetros analisados72
6.2. Setorização da costa74
6.3. Primeiro segmento: entre UR-01 e UR-24
6.4. Segundo segmento: entre UR-24 e UR-35
7. Conclusões
Referências bibliográficas
APÊNDICE 1: Contagem de minerais pesados em amostras de praias 103
APÊNDICE 2: Contagem de minerais pesados em amostras de dunas 104
APÊNDICE 3: Contagem de minerais pesados em amostras de rios 105
APÊNDICE 4: Classificação e imagens da vegetação das dunas frontais 106

## ÍNDICE DE TABELAS

tendências de variação das estatísticas granulométricas ao longo da costa uruguaia (UF	R-
01 a UR-24; UR-24 a UR-30 e UR-30 a UR-35), também em praias e dunas	67
Tabela 6.1.: Sentido de deriva para os parâmetros granulométricos, mineralógicos e	
geomorfológicos, entre pontos de amostragem adjacentes de UR-01 a UR-24	75
Tabela 6.2.: Sentido de deriva indicado pelos parâmetros granulométricos,	
mineralógicos e geomorfológicos, entre pontos de amostragem adjacentes, de UR-24 a	a
UR-35	85

## ÍNDICE DE QUADROS

intensidade na costa uruguaia listados, por estação de medida, de norte para sul 15 Quadro 4.1. Arroios amostrados na planície litorânea uruguaia e respectivos códigos e coordenadas de coleta	Quadro 2.1.: Azimutes de origem de ventos e ondas de maior incidência e maior
Quadro 4.1. Arroios amostrados na planície litorânea uruguaia e respectivos códigos e       32         Quadro 4.2. Síntese das características diagnósticas de cada classe de morfodinâmica       33         Quadro 5.1.: Localização dos principais rios e lagunas, orientação geral da linha de       33         Quadro 6.1: Integração dos resultados, e determinação do sentido de transporte regional,       40         Quadro 6.1: Integração dos principais, altura de duna, ângulo de face praial, ângulo de berma,       31	intensidade na costa uruguaia listados, por estação de medida, de norte para sul 15
coordenadas de coleta.32Quadro 4.2. Síntese das características diagnósticas de cada classe de morfodinâmicapraial.33Quadro 5.1.: Localização dos principais rios e lagunas, orientação geral da linha decosta onde desembocam, azimute do rio e de sua desembocadura com respectivadeflexão.40Quadro 6.1: Integração dos resultados, e determinação do sentido de transporte regional,dos parâmetros: largura de praia, altura de duna, ângulo de face praial, ângulo de berma,	Quadro 4.1. Arroios amostrados na planície litorânea uruguaia e respectivos códigos e
Quadro 4.2. Síntese das características diagnósticas de cada classe de morfodinâmica       33         praial.       33         Quadro 5.1.: Localização dos principais rios e lagunas, orientação geral da linha de       33         costa onde desembocam, azimute do rio e de sua desembocadura com respectiva       40         Quadro 6.1: Integração dos resultados, e determinação do sentido de transporte regional,       40         Quadro 6.1: Integração dos resultados, e determinação do sentido de transporte regional,       40	coordenadas de coleta
graial.33Quadro 5.1.: Localização dos principais rios e lagunas, orientação geral da linha decosta onde desembocam, azimute do rio e de sua desembocadura com respectivadeflexão.40Quadro 6.1: Integração dos resultados, e determinação do sentido de transporte regional,dos parâmetros: largura de praia, altura de duna, ângulo de face praial, ângulo de berma,	Quadro 4.2. Síntese das características diagnósticas de cada classe de morfodinâmica
Quadro 5.1.: Localização dos principais rios e lagunas, orientação geral da linha de costa onde desembocam, azimute do rio e de sua desembocadura com respectiva deflexão	praial
costa onde desembocam, azimute do rio e de sua desembocadura com respectiva deflexão	Quadro 5.1.: Localização dos principais rios e lagunas, orientação geral da linha de
40 Quadro 6.1: Integração dos resultados, e determinação do sentido de transporte regional, dos parâmetros: largura de praia, altura de duna, ângulo de face praial, ângulo de berma,	costa onde desembocam, azimute do rio e de sua desembocadura com respectiva
Quadro 6.1: Integração dos resultados, e determinação do sentido de transporte regional, dos parâmetros: largura de praia, altura de duna, ângulo de face praial, ângulo de berma,	deflexão
dos parâmetros: largura de praia, altura de duna, ângulo de face praial, ângulo de berma,	Quadro 6.1: Integração dos resultados, e determinação do sentido de transporte regional,
	dos parâmetros: largura de praia, altura de duna, ângulo de face praial, ângulo de berma,
ângulo de pós-praia, Altura de quebra de onda, granulometria (desvio padrão), TZi, GSi,	ângulo de pós-praia, Altura de quebra de onda, granulometria (desvio padrão), TZi, GSi,
GCi características da linha de costa (geomorfologia) 73	GCi, características da linha de costa (geomorfologia)73
	Sei, euroconsticus du fillitu de costu (geofficitologiu)

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Mapa Geológico do Uruguay com indicação das principais localidades o	da
costa	5
Figura 2.2: Terrenos do embasamento uruguaio.	6
Figura 2.3: Mapa de relevo do Uruguay	.7
Figura 2.4: Os dois setores fisiográficos principais da costa uruguaia: platense,	
localizada entre Nueva Palmira e Punta del Este, e atlântica, entre Punta del Este e a	
fronteira com o Brasil	9
Figura 2.5: Carta náutica da costa leste do Uruguay, com linhas batimétricas de 10 m e	;
20 m1	2

Figura 3.1:Esquema da linha de costa em espiral logarítmica de Yasso (1965)
Figura 4.1: Mapa de localização dos pontos de coleta de amostras
Figura 4.2: Montagem para separação de minerais pesados por sedimentação em líquido
denso
Figura 5.1: Variação de largura de praia ao longo da costa uruguaia, entre Montevideo e
La Coronilla (SW-NE)
Figura 5.2: Variação de altura de dunas frontais incipientes na costa uruguaia, entre
Montevideo e La Coronilla (SW-NE)
Figura 5.3: Variação da inclinação de face-praial, na costa uruguaia, entre Montevideo e
La Coronilla (SW-NE)
Figura 5.4: Variação de inclinação de berma ao longo da costa uruguaia, entre
Montevideo e La Coronilla (SW-NE)
Figura 5.5: Variação de inclinação de pós-praia ao longo da costa uruguaia, entre
Montevideo e La Coronilla (SW-NE)
Figura 5.6: Variação de altura de quebra de onda, ao longo da costa uruguaia, entre
Montevideo e La Coronilla (SW-NE)
Figura 5.7: Variação de classe morfodinâmica ao longo da costa em (A). Tendências de
variação ao longo da costa em (B)
Figura 5.8: Praia Intermediária-dissipativa (UR-01) com duna frontal incipiente de 6 m
de altura (figuras A e B). Praia dissipativa (UR-08) com formação de berma (figuras C e
D). Praia reflectiva (UR-11) com canaleta (figuras E e F)
Figura 5.9: Panicum racemosum e Senecio crassiflorus (A): Carpobrotus edulis (B):
Hydrocotyle bonarensis (C): Conyza pampeana (D): Cakile marítima (E): Paspalum
vaginatum (F): Spartina ciliata (G): Calvcera crassiflorus (H): Calvstegia soldanella (I).
Figura 5.10: Notar distinção entre o terço oeste da costa estudada, dominado por
Panicum racemosum, e o trecho restante, em que se destaca a presença de Spartina
ciliata
Figura 5.11: Variação das estatísticas de distribuiçao granulométrica de sedimentos de
praia ao longo da costa uruguaia, de Montevideo (URP-01) a La Coronilla (URP-35). 55
Figura 5.12: Variação das estatísticas de distribuição granulométrica de sedimentos de
dunas frontais incipientes, ao longo da costa uruguaia, de Montevideo (URD-01) a La
Coronilla (URD-35)
Figura 5.13: Variação das estatísticas granulométricas ao longo no trecho situado entre
UR-01 e UR-24, na costa uruguaia. Nas figuras A e B, variação no diâmetro médio, em
praias e dunas: nas figuras C e D, variação no desvio padrão em praias e dunas, e nas
figuras F e G, variação na assimetria em praias e dunas
Figura 5.14: Variação das estatísticas granulométricas ao longo no trecho situado entre
UR-24 e UR-30, na costa uruguaja. Nas figuras A e B, variação no diâmetro médio, em
praias e dunas: nas figuras C e D, variação no desvio padrão em praias e dunas, e nas
$f_{1}$ figuras F e G variação na assimetria em praias e dunas $f_{1}$
Figura 5 15: Variação das estatísticas granulométricas ao longo no trecho situado entre
UR-30 e UR-35, na costa uruguaia. Nas figuras A e B, variação no diâmetro médio, em
figuras F e G, variação na assimetria em praias e dunas

praias e dunas; nas figuras C e D, variação no desvio padrão em praias e dunas, e nas	
figuras F e G, variação na assimetria em praias e dunas	51
Figura 5.16 : Variação ao longo da costa uruguaia, de Montevideo a La Coronilla (URI	P-
35), da concentração em massa de minerais pesados na fração areia fina de amostras de	е
praia	52
Figura 5.17 : Variação, ao longo da costa uruguaia, de Montevideo a La Coronilla	
(URP-35), da concentração em massa de minerais pesados na fração areia fina de	
amostras de dunas frontais incipientes.	53
Figura 5.18: Variação longitudinal dos minerais pesados com maior ocorrência em	
número de praias	66
Figura 5.19: Variação longitudinal dos minerais pesados com maior ocorrência em	
número de praias	66
Figura 5.20: Variação do índice TZi em praias, ao longo da costa uruguaia (A) e	50
tendências de variação deste índice (B)	68
Figura 5.21: Variação do índice TZi em dunas, ao longo da costa uruguaia (A) e	50
tendências de variação deste índice (B)	69
Figura 5 22: Variação do índice GSi em praias, ao longo da costa uruguaia (A) e	57
tendências de variação deste índice (B)	70
Figura 5 23: Variação do índice GSi em dunas, ao longo da costa uruguaia (A) e	10
tendências de variação deste índice (B)	70
Figura 5 24: Variação do índice GCi em praias, ao longo da costa uruguaia (A) e	10
tendências de variação deste índice (B)	71
Figura 5 25: Variação do índice GCi em dunas, ao longo da costa uruguaia (A) e	/ 1
tendências de variação deste índice (B)	72
Figura 6 1: Indicação do sentido de transporte de sedimentos entre os pontos URP-03 e	- <i>-</i>
IIRP-04	- 76
Figura 6 2: Barreira artificial perpendicular à costa entre UR-03 e UR-04	70
Figura 6.3: Indicação do sentido de transporte de sedimentos entre os pontos URP-05 e	
IIRP.06	- 78
Figura 6 4: Indicação do sentido de transporte de sedimentos entre os pontos URP.07 e	70 a
IIRP.08 e à E deste	- 70
Figura 6 5: Indicação do sentido de transporte de sedimentos entre os pontos LIPP 03 e	, <i>,</i> ,
Tigura 0.5. Indicação do sentido de transporte de sedimentos entre os pontos OKI -05 e	- 70
Figura 6 6: Indicação do sentido de transporte de sedimentos entre os pontos LIPP 10 e	17 2
LIDD 11	5 00
Figura 6.7: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento onde situa s	50 20
Tigura 0.7. Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento onde situa-s	50 20
Eigure 6 8: Indigação do sontido do transporto do sodimentos no segmento endo situa s	30
Tigura 0.0. mulcação do sentido de transporte de sedimentos no segmento onde situa-s	יכ 21
Eigura 6 9: Indigação do sentido do transporto do sadimentos no segmento ende situa s	) I )
Tigura 0.2. mulcação do sentido de transporte de sedimentos no segmento onde situa-s	ری. 1 2
UNI - 14.	31
rigura 0.10. mulcação do sentido de transporte de sedimentos no segmento onde situa-	- 27
SE UIXI -1.J	ענ

Figura 6.11: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento onde situa-	-
se URP-22	33
Figura 6.12: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento entre os	
pontos URP-23 e URP-24 8	33
Figura 6.13: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento onde situa-	-
se URP-26	36
Figura 6.14: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento entre os	
pontos URP-27 e URP-28	36
Figura 6.15: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento entre os	
pontos URP-32 e URP-33	37
Figura 6.16: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento nos arcos	
praias a NE de Punta del Diablo	38
Figura 6.17: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento onde se	
situa o ponto UR-34	38
Figura 6.18: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento onde se	
situa o ponto UR-35	39
Figura 7.1.: Variação do sentido de transporte ao longo da costa uruguaia9	91

## AGRADECIMENTOS

Agradeço:

À CAPES, o financiamento.

Ao Prof. Paulo César Fonseca Giannini, a orientação.

À Carol e ao Caio, a grande ajuda que me deram com a confecção das lâminas, pela simpatia e prontidão.

À Jordana, as palavras de estímulo, por colaborar nas análises granulométricas, estar sempre disponível e pela amizade.

Ao Isaac, pelo apoio.

Ao pessoal da biblioteca do IGc, Sandra, Érica, Brenda e Madalena.

Ao Prof. José Rubens Pirani e ao Gustavo Heiden pela ajuda com as plantinhas.

Às amigas Euricléia, Eurídice e Nívea, por estarem sempre à disposição.

Ao amigo Herói Fung, pela constante atenção, gentileza e carinho.

À Oli, por me incentivar a recomeçar.

Ao Betinho, por tudo.

#### RESUMO

A costa leste do Uruguay, de Montevideo até La Coronilla, caracteriza-se, no seu lado platense (a W de Punta del Este), por praias arenosas restritas, com escarpas ativas, promontórios formados por rochas do embasamento e pequenas ilhas; e, no seu lado atlântico, pela presença de lagunas e praias mais extensas e homogêneas, com maior exposição à ação do vento e de ondas de tempestade.

A caracterização da cobertura vegetal e da morfodinâmica e sedimentologia do sistema praia - dunas frontais, incluindo rumo inferido de deriva litorânea longitudinal, permitiu estabelecer subdivisões desta costa em segmentos com características semelhantes.

Os dois segmentos diferenciados pela associação de espécies vegetais foram o de Montevideo a Cuchilla Alta, caracterizado pelo predomínio de *Panicum racemosum*, e o de Jaurreguiberry até La Coronilla, com alta concentração de *Spartina ciliata*. Esta subdivisão foi correlacionada a fatores abióticos, como salinidade e intensidade do vento.

Correlações estatísticas aplicadas a resultados de análise de variações granulométricas e mineralógicas dos sedimentos mostraram-se insuficientes para deduzir o rumo de deriva litorânea longitudinal. Critérios mais efetivos na determinação desse rumo foram os geomorfológicos, como deflexão das desembocaduras de arroios e lagunas e, principalmente, e assimetria dos arcos de praia com forma em espiral logarítmica.

Com base na variação de sentido de transporte litorâneo residual assim deduzido, a costa também foi subdividida em dois segmentos. O primeiro, entre Montevideo e as proximidades da laguna Garzón, apresenta transporte preferencial para SW. No segundo, entre laguna Garzón e a região de La Coronilla, a deriva toma rumo NE. Os principais fatores controladores desta inversão de deriva seriam a mudança de orientação da linha de costa e a refração de ondulações exercida por bancos sedimentares submersos, situados no prolongamento do estuário do rio de la Plata.

### ABSTRACT

The east uruguayan coast, between Montevideo and La Coronilla, is characterized, in the side corresponding to the La Plata River, by active scarps, promontories formed by basement rocks, and small islands. The Atlantic side, on the other hand, has lagoons and extense and homogeneous beaches, under more intense winds and storm waves action.

The characterization of the vegetal cover and the morphodynamic and sedimentology of the beach-foredune system, including the infered net longshore drift direction, allowed to divide this coast into sectors.

In the foredunes, we observed two distinct sectors as for the association of plant species. The first one is located between Montevideo and Cuchilla Alta and is characterized by the predominance of *Panicum racemosum*, whereas the second one is located between Jaurreguiberry and La Coronilla and presents a high concentration of *Spartina ciliata*. The distinction between these two sectors could be correlated to abiotic factors, as salinity and wind strenght.

Linear correlation applied to spatial variation of mineralogical and granulometric data has turned out to be insufficient to infere the net longshore drift direction, despite of its success in some regions. The most effective criteria in order to determine this direction were the geomorphological characteristics, mainly the deflection of rivers and lagoons mouths and the assimetry of logarithmic spiral beach lines.

By observing the net longshore drift, we identified two distinct sectors. The first one, between Montevideo and the region nearby Laguna Garzón, presents a preferential transport toward SW, whereas the second one, between Laguna Garzón and La Coronila, has longshore drift towards NE. The main factors controlling the longshore drift inversion would be the shifts of the coastline direction and the swell waves refraction exerted by submerse sedimentary bars in the eastern extension of La Plata Estuary.

## 1. INTRODUÇÃO

#### 1.1. Deriva litorânea e seus métodos de estudo

O transporte de sedimentos ao longo do litoral é induzido por ondas que incidem obliquamente à linha de costa. Em costas de mar aberto, as ondulações (*swell waves*), formadas a partir da coalescência de ondas geradas a dezenas ou centenas de quilômetros da costa, são as determinantes deste transporte. Acima do nível de base do fluxo oscilatório, variações na força e direção das frentes das ondulações originam alterações de intensidade e sentido do deslocamento de sedimentos, respectivamente. Na antepraia, o transporte sedimentar decorre tanto do vaivém dos grãos, com dado rumo resultante, como da formação eventual de correntes unidirecionais semi-confinadas entre barras submersas paralelas à costa. O efeito de ambos os processos é genericamente denominado deriva litorânea.

O rumo da deriva litorânea longitudinal, em determinado setor costeiro, pode ser inferido partir de diversos métodos, sejam oceanográficos, a geomorfológicos ou sedimentológicos. Entre os métodos típicos da abordagem oceanográfica e da engenharia costeira, destaca-se a medição sistemática, direta ou indireta, de direção de incidência e altura das ondulações (Pianca et al. 2010). A principal limitação deste método reside no intervalo de tempo de medição, geralmente entre um ano e poucas décadas, o que acaba por excluir ou sub-representar a importante influência de eventos extremos, de menor frequência, na sedimentação. Em contrapartida, os métodos geomorfológicos e sedimentológicos permitem avaliar respostas a processos ocorridos ao longo de prazos mais dilatados, na escala de décadas a milênios (Jacobsen & Schwartz 1981, Ponçano et al. 1999). Dentre os geomorfológicos, destacam-se as medidas de variação de inclinação e largura de praia, de rumo de desvio de desembocaduras fluviais ou de maré e de sentido de crescimento de esporões arenosos (Jacobsen & Schwartz 1981, Bentz & Giannini 2003), bem como a análise de variação de morfodinâmica do sistema praia-duna ao longo

do setor de interesse (Giannini & Santos 1996, Giannini 2007). Dentro do enfoque mais sedimentológico, os indicadores mais utilizados para inferir o rumo da deriva litorânea longitudinal dominante relacionam-se à variação espacial de propriedades texturais (granulométricas ou morfométricas) e mineralógicas dos sedimentos de praia (Giannini 1993, Giannini *et al.* 2003, 2009, Guedes 2009, Nascimento *et al.* 2005, Nascimento 2006, Mendes 2009, Guedes *et al.* 2011). Dentre as últimas, destaca-se o exame da distribuição, ao longo da costa, da assembleia de minerais pesados.

A análise de minerais pesados é uma ferramenta de múltiplo potencial em sedimentologia costeira: ajuda a determinar a proveniência primária e secundária dos depósitos sedimentares, dado que muitos dos minerais pesados possuem paragênese característica e específica (Mange & Maurer 1992, Morton & Hallsworth 1999); pode fornecer informações sobre a idade relativa do depósito, em vista do efeito progressivo da dissolução pós-deposicional em função do tempo de soterramento (Pettijohn 1941, Angulo et al. 1996, De Mio & Giannini 1997, Giannini et al. 1997a, b, Lessa et al. 2000, Giannini 2002); e permite inferir a dinâmica sedimentar de sistemas deposicionais recentes, haja vista a seleção hidráulica de minerais com diferentes densidades e hábitos (Guedes 2009, Guedes et al. 2011). Esta multiplicidade de usos da análise de pesados reflete a diversidade de fatores capazes de exercer controle sobre sua assembleia. Desse modo, estudos de minerais pesados oferecem certa complexidade de abordagem e precisam levar em conta, separadamente, todos os fatores de controle, e, especialmente, rocha fonte, intemperismo atuante tanto na área fonte como nos afloramentos, seleção hidro ou aerodinâmica e diagênese. Indicações sobre o rumo de transporte sedimentar subaquoso, por exemplo, podem ser obtidas a partir da variação espacial na concentração de minerais pesados com diferentes comportamentos hidráulicos e/ou com diferentes áreas fontes imediatas (Morton & Hallsworth, 1994, Guedes et al. 2011). A eficiência da indicação depende do quanto se consegue fixar ou isolar a influência de cada variável sobre a assembleia mineralógica.

#### 1.2. A deriva litorânea na costa uruguaia e sua influência na costa brasileira

Na costa atlântica uruguaia e sul-sudeste brasileira, a deriva litorânea longitudinal possui variação sazonal de rumo, já que há ondas provenientes de quadrantes tanto de sul como de norte, com intensidade variável ao longo do tempo. Considerando apenas as

ondulações em si, sem levar em conta a sua interação com eventuais obstáculos e com a morfologia local da costa, o sistema de ventos que origina as ondas de N, ligado ao Anticiclone Tropical Atlântico, é menos intenso e possui menor potencial no transporte litorâneo de sedimentos, do que o sistema de ventos de sul, este relacionado ao avanço do Anticiclone Polar Migratório e às frentes frias associadas (Tomazelli & Villwock 1992, Tessler 1988). Este fato explica o predomínio de deriva litorânea voltada para quadrantes de norte na porção da costa uruguaia a norte de La Paloma (Panario, 2005, 2006), pelo menos em escala regional, sem eliminar, porém, a possibilidade de inversões locais, o mesmo ocorrendo no litoral de Santa Catarina (Giannini 1993, 2002, Zular et al. 2012) e em praias do Paraná (Angulo 1992, Giannini et al. 2004). Na costa de São Paulo, analogamente, Souza (1997), ao caracterizar a morfodinâmica e granulometria de 64 praias, concluiu que, em sua maior parte, o transporte de sedimentos dirige-se para quadrantes de norte. No litoral sul do mesmo estado, Ponçano et al. (1999) detectaram o predomínio de deriva rumo NE, interrompida, porém, em alguns pontos, por desembocaduras fluviais. Já o litoral norte paulista apresenta, segundo os mesmos autores, comportamento distinto, devido à sua configuração irregular marcada por promontórios e praias de bolso, o que origina, com maior frequência, variações locais de rumo de transporte resultante. Torna-se claro, nestes exemplos, que a interação das correntes com a geometria de fundo da plataforma interna e com a linha de costa determina o padrão final do transporte sedimentar litorâneo. Também importante é a interrupção ou desvio local da deriva longitudinal por desembocaduras fluviais e lagunares, ou por deltas de vazante associados, como lembrado por Angulo (1992), Bentz & Giannini (2003) e Giannini et al. (2005, 2009). O franco domínio de deriva longitudinal para norte na costa sul brasileira, observado a partir do estudo do sistema estuarino Paranaguá-Laranjeiras, levaram Lessa et al. (2000) a aventar a hipótese da existência de uma megaderiva litorânea, o que permitiria extrapolar a influência da descarga sedimentar do estuário do rio de la Plata para a costa sul-sudeste do Brasil.

#### **1.3.** Meta e objetivos

A meta deste trabalho, dentro do contexto apresentado, é elaborar um modelo de deriva litorânea para a costa uruguaia, determinar seus fatores controladores e seus reflexos em termos de distribuição de feições deposicionais e composição de sedimentos. Para alcançar esta meta, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- 1. Levantar e interpretar os principais indicadores geomorfológicos de rumo de deriva litorânea longitudinal na região.
- 2. Verificar a influência rumo norte do aporte do rio de la Plata, por meio da obtenção de resultados texturais e mineralógicos ao longo da costa oriental do Uruguai; avaliar, desse modo, a hipótese de existência de uma megaderiva litorânea longitudinal induzida pelas ondulações de sul, ligadas ao avanço de massas de ar polares.
- 3. Obter amostras e resultados nos segmentos costeiros uruguaios a leste de Montevideo, em que se demonstra importante lacuna de dados sedimentológicos.
- 4. Fazer o tratamento gráfico-estatístico do conjunto de dados sedimentológicos, de modo a verificar padrões de distribuição segundo critérios geográficos (latitude) e geológico-geomorfológicos (tipo de morfodinâmica costeira, proximidade da área fonte primária, largura da planície holocênica, aporte fluvial direto, declive e largura da plataforma interna etc).

#### 2. Caracterização da área costeira em estudo

#### 2.1. Localização

A região estudada abrange toda a costa uruguaia a leste de Montevideo. Esta região está compreendida entre os paralelos 34,94°S e 33,83°S (Figura 2.1.). Esta costa divide-se em costa atlântica, a NE de Punta del Este, com direção geral da linha de costa NE-SW, e platense, deste ponto até Montevideu, a W de Punta del Este, a costa se configura como um grande arco com direção geral W-E (Jackson, 1995).

#### 2.2. Contexto geológico

O território uruguaio faz parte da plataforma sul-americana e inclui, entre suas unidades aflorantes: o embasamento pré-Cambriano, que se encontra, principalmente, na sua parte centro-sul e leste, estendendo-se por aproximadamente 45% do seu território; rochas vulcânicas cretácicas, e corpos intrusivos associados, da Bacia do Paraná, os quais ocorrem maioritariamente na região norte (Cironi, 2005); e depósitos sedimentares mesozóicos e cenozóicos, presentes no norte, na forma de cobertura supra-vulcânica, no oeste, junto à margem esquerda do rio de la Plata, e nas zonas costeiras platense e atlântica (Figura 2.1).



Figura 2.1: Mapa Geológico do Uruguay, com indicação das principais localidades da costa. Adaptado de Bossi *et al.* (1998).

O conjunto de rochas ígneas e metamórficas (granitos, gneisses, quartzitos, filitos, anfibolitos, micaxistos) de idade pré-cambriana decompõe-se nos quatro grandes terrenos geológicos do embasamento, delimitados por falhas transcorrentes que teriam sido reativadas no Cenozoico (Figura 2.2.), e designados Cuchilla Dionísio, Nico Pérez, Piedra Alta Tandilla (Bossi, 1991).



Figura 2.2: Terrenos do embasamento uruguaio. T.P.A.: Terreno Piedra Alta; T.N.P.:Terreno Nico Peréz; T.C.D.: Terreno Cuchilla Dionísio e T.T.: Terreno Tandilla. Fonte: Bossi (2011).

A evolução geológica uruguaia está relacionada ao soerguimento das serras Ballena e das Ánimas e das Tierras Altas, ocorrido a partir dos movimentos tectônicos do Jurássico-Cretáceo (Jackson, 1995) (Figura 2.3). Concomitantemente, ocorreu a subsidência do atual vale do rio Santa Lucia, da bacia da Laguna Merín e das Tierras Bajas.



Figura 2.3: Mapa de relevo do Uruguay. Destaque para as serras Ballena e das Ánimas, vale do rio Santa Lucia, bacia da laguna Merín, Tierras Altas, em vermelho, e Tierras Bajas, em azul. Adaptado de: http://www.prenader.gub.uy/coneat/doc/mdt.htm

#### 2.3. Compartimentação fisiográfico-geomorfológica

Segundo a classificação do litoral brasileiro proposta por Silveira (1964), baseada em critérios oceanográficos, climáticos e de fisiografia continental, o segmento que corresponde ao "litoral meridional ou subtropical", compreende a região ao sul de Laguna até o Arroio Chuí. Este segmento tem continuidade, com poucas modificações, no trecho do litoral uruguaio que vai até Cabo Polonio. Ele caracteriza-se por planície arenosa ampla, contínua e pouco acidentada, na forma de cristas praiais e ilhas barreiras cobertas por campos de dunas eólicas fósseis e ativas, com sistemas lagunares à retaguarda (Suguio & Martin 1987; Hesp *et al.* 2009; Tomazzelli & Villwock, 1992). Na região de Cabo Polonio, cuja extensão para o oceano coincide com o Alto de Polonio (alto estrutural relacionado aos eventos tectônicos ocorridos no Cretáceo) e limita as Bacias de Pelotas a

norte e a de Punta del Este a sul (Urien & Martins, 1978), neste trecho ocorre um ponto de inflexão na costa, cuja direção geral passa de NE, a norte, para ENE, a sul, até Punta del Este. Outra inflexão, mais acentuada, ocorre na região de Punta del Este, deste ponto até Montevideo a costa passa a ter direção geral W-E. O segmento a norte da inflexão é marcado pela presença de lagunas. Entre Punta del Este e Montevideo, região da desembocadura estuarina do rio de la Plata, a costa passa a apresentar uma sequência de arcos menores delimitados por promontórios rochosos, além de arroios que deságuam no estuário.

Villwock & Tomazelli (1985) consideram que a planície costeira do Rio Grande do Sul esteja constituída pela parte emersa e mais ocidental da Bacia de Pelotas, que se estende até Cabo Polonio. Esta bacia corresponde a sucessão de mais de 10.000 m de sedimentos acumulados, no Cenozoico, em consequência de sucessivos basculamentos em direção ao mar.

#### 2.3.1. Geomorfologia da costa

Para Aguilar *et al.* (2011), geomorfologicamente, a costa uruguaia entre Barra del Chuy e arroio Maldonado (7 km a NE de Punta Del Este) pode denominar-se Província Geomorfológica Costera del Este. Esta província inclui dois grandes elementos geológicos: o Embasamento Cristalino e a Bacia Laguna Merín-Pelotas, aos quais correspondem dois compartimentos geomorfológicos: as Tierras Altas, que agrupam elementos do embasamento indiferenciado; e as Tierras Bajas, compostas pela planície costeira e pela plataforma continental. Dentro deste segundo compartimento, a planície costeira é formada por planícies aluviais, barreiras e lagunas (laguna Negra, Castillos, Rocha, Garzón e José Ignacio, na ordem de norte a sul), as quais aumentam de tamanho e adquirem forma em planta mais equidimensional ou "arredondada" rumo norte. O controle morfogenético é predominantemente deposicional, produzido ao longo do Cenozoico, quando houve importantante taxa de acomodação sedimentar. Os sedimentos provenientes das Tierras Altas foram sendo distribuídos, por processos no litoral, durante pelo menos o Quaternário (Villwock & Tomazelli, 1995).

O trecho de arroio Maldonado até Punta del Este, banhado pelo oceano Atlântico, e o setor a W de Punta del Este, adjacente ao estuário do rio de la Plata, apresentam características geomorfológicas que os distinguem das observadas no segmento anterior

e que definem as Províncias Geomorfológicas del Centro y Oeste. Estas províncias encontram-se fortemente influenciadas pela estrutura geológica do embasamento, soerguida em Canelones e Montevideo, no setor central, e pela presença das formações Camacho (com conteúdo marinho e continental, do Mioceno tardio), em Colónia, e Fray Bentos (sucessão siliciclástica de origem continental, do Oligoceno tardio, retrabalhada no Quaternário), em San José (Bossi,1991). A exemplo da Província del Este, apresentam, nas Tierras Bajas, uma planície costeira composta por aluviões, barreiras e lagunas (Laguna del Sauce, Bañados de Carrasco, paleolagunas de Arazati localizados, nesta ordem, de E para W) (Aguilar *et al.* 2011).

A subdivisão da costa uruguaia em atlântica e platense (Aguilar *et al.*, 2011, Paz 2006) coincide aproximadamente com a divisão de províncias geomorfológicas citada por Aguilar *et al.* (2011), ainda que o limite seja comumente adotado em Punta del Este, por se tratar de promontório rochoso com forte mudança de orientação da costa. Assim, a costa atlântica, com cerca de 230 km de extensão, localiza-se entre Barra del Chuy, no extremo norte do Uruguay, e Punta del Este, e é banhada pelo oceano Atlântico. Por sua vez, a costa platense, com aproximadamente 470 km, situa-se entre Punta del Este e Nueva Palmira (Aguilar 2011), sendo adjacente ao rio e ao estuário de la Plata (Figura 2.4).



Figura 2.4: Os dois setores fisiográficos principais da costa uruguaia: platense, localizada entre Nueva Palmira e Punta del Este, e atlântica, entre Punta del Este e a fronteira com o Brasil. Fonte: http://www.fao.org/fi/oldsite/FCP/es/URY/body.htm

#### 2.3.1.1. Costa atlântica

No trecho da costa atlântica uruguaia entre Barra del Chuy e La Coronilla, continuidade continental do extremo sul da Bacia de Pelotas, o substrato cristalino está a maiores profundidades. Não ocorrem afloramentos rochosos e as praias são retilíneas. Dunas livres e "dois cordões pleistocênicos" isolam o complexo lagunar Patos-Merín do oceano (Jackson, 1985) (Figura 2.1).

Em Santa Tereza (Figura 2.1), localizada a SW de La Coronilla, uma série de pontas rochosas delimita pequenos arcos de praia com extensões que variam entre aproximadamente 0,4 km e 2 km.

A costa ao sul de Santa Teresa tem como característica uma sequência de arcos de praia com extensões mínima de aproximadamente 2km e máxima de cerca de 40 km, os quais são delimitados por promontórios rochosos, além de desembocaduras lagunares e campos de dunas. O embasamento cristalino pouco profundo, condicionado principalmente à herança geológica de zona costeira vizinha a paleoalto cretácico, aflora em muitos pontos, e é responsável pela largura reduzida da planície (menos de 4 km), cujo desenvolvimento foi maior nos locais onde a subsidência, devido à ativação de falhas tectônicas no Terciário, foi mais pronunciada (Bossi & Montaña, 1999). A herança estrutural dessas falhas é refletida nos vales incisos responsáveis pela configuração das lagunas existentes nesta costa. São também comuns unidades planas de origem relictual, que refletem a estrutura tabular das camadas sedimentares da Formação Chuy, consituída por depósitos transgressivo-regressivos com espessura máxima de 60 m, que marcam a sedimentação no litoral em três momentos interglaciais do Quaternário, em praticamente toda a costa uruguaia (Pivel, 2006). Nas planícies costeiras, adjacentes às faixas de praia, é comum a ocorrência de escarpas com alturas que podem atingir 12 m (Pivel, 2006) e que materializam erosão em processo, atingindo cerca de 32% da costa (Aguilar et al. 2011).

Entre Punta Palmar e Cabo Polonio, a planície costeira é mais larga que no trecho vizinho a NE e há campos de dunas mais desenvolvidos, principalmente entre Cerro de la Buena Vista e Punta Palmar, onde ocupam uma faixa que chega a atingir cerca de 1km de largura. Este setor diferencia-se também por não apresentar grandes escarpas marinhas, como as que ocorrem nos trechos mais ao norte. Na sua parte sudoeste, deságua o arroyo Valizas, cuja desembocadura não é permanente (Pivel, 2006) (Figura 2.1).

No trecho entre Cabo Polonio e Cabo de Santa María, há dois arcos de praia, separados por Punta Rubia (La Pedrera). Nele ocorrem as maiores escarpas da costa atlântica. O arco existente entre Punta Rubia e Cabo Polonio possui aproximadamente 30km de extensão (Pivel 2006) (Figura 2.1).

No trecho entre Cabo Santa María e Punta del Este, o embasamento cristalino encontrase próximo à superfície (Pivel, 2006) e aflora em alguns pontos, interrompendo os arcos de praia. Neste segmento, estão as lagunas José Ignácio, Garzón e Rocha, que ocupam antigos vales incisos inundados, isolados do oceano por barreiras do Pleistoceno. Abremse, atualmente, de forma natural ou por manejamento em períodos não determinados (Pivel 2006) (Figura 2.1).

#### 2.3.1.2. Costa platense

A costa platense estende-se de Nueva Palmira a Punta del Este (Figura 2.4). Inclui parte dos departamentos de Colonia e Maldonado e a totalidade da zona costeira de San José, Montevideo e Canelones. Para Aguilar (2011), tem sido afetada, em particular, por processos erosivos e, como reflexo disto, em quase metade de sua extensão encontram-se escarpas ativas com alturas métricas a decamétricas. Caracterizam este trecho, também, pequenas ilhas, promontórios e plataformas de abrasão. Sua configuração morfológica é resposta à evolução sedimentar e à dinâmica do litoral que ocorreu desde a transgressão pós-glacial no Pleistoceno Tardio e Holoceno, condicionada a mudanças climáticas e ao paleorelevo existente. Pode-se distinguir, segundo Aguilar (2011), dois "ambientes morfológicos" distintos: um pré-holocênico e outro holocênico. Na costa de Canelones, o "ambiente pré-holocênico" apresenta planícies costeiras altas com pontas do embasamento, paleorelevo ondulado que alcança a cota +10 m e vales fluviais (Carrasco, Pando, Solis Chico, Solis Grande) de direção NNW-SSE, ortogonais à estrutura das rochas proterozóicas. No "ambiente morfológico holocênico", há formas típicas de mar alto como planícies costeiras de ambiente de estuário, que alcançam cotas entre +10 e +2 m, integradas por sistemas laguna-barreira, com seus cordões de dunas e praias recortados por canais que conectam paleolagunas costeiras, como os Bañados de Carrasco, ou "microestuários" como os arroios Pando e Sólis Grande (Aguilar 2011).

#### 2.4. Batimetria da plataforma continental

A plataforma continental leste uruguaia apresenta fundo relativamente homogêneo, apesar da presença de paleovales e terraços marinhos. A declividade acentua-se apenas próximo ao talude continental, onde atinge a profundidade de até 120 m (Côrrea *et al.* 2008).

A curva batimétrica de -20 m, entretanto, varia de largura ao longa da costa, passando de mais de 25 km a W de Montevideo para menos de 20 km entre Punta del Este e Cabo Polónio. A elevação do fundo a W de Punta del Este pode ser atribuída ao aporte de sedimentos do estuário do rio de la Plata. No entanto, bancos sedimentares alcançando profundidades menores que 20m ocorrem também na plataforma vizinha ao setor Punta del Este – La Paloma, a mais de 100 km da linha de costa. O alinhamento destes bancos e fundos altos segundo a orientação geral SW-NE pode ser um fator de refração das ondulações vindas de S, com desvio em tese para NW. A largura da faixa batimétrica mais rasa que 20m volta a aumentar a N de Cabo Polónio, onde chega a alcançar mais de 30 km.



Figura 2.5: Carta náutica da costa leste do Uruguay, com linhas batimétricas de 10 m e 20 m. Adaptado de http://www.sohma.armada.mil.uy/cartas-nauticas.htm. Notar afastamento das isóbatas em relação à costa a oeste de Punta del Este e a norte de Cabo

Polónio. Notar também o fundo sedimentar sobrelevado, a cerca de 100 km da costa, no trecho entre Punta del Este e La Paloma.

#### 2.5. Dunas e vegetação

A grande maioria das praias da costa uruguaia a leste de Montevideo apresenta dunas frontais incipientes, com diferentes graus de desenvolvimento, desde terraços centimétricos até cordões de vários metros de altura. Esta variação no grau de desenvolvimento de dunas frontais relaciona-se com a disponibilidade de sedimentos da praia ao transporte pelo vento, esta dependente, entre outros fatores, da deriva litorânea longitudinal (Giannini & Santos 1996). As dunas frontais são responsáveis pela manutenção da morfologia costeira, atuando como barreiras (Cordazzo 2009) e como estoque de sedimentos para as ondas (Giannini 2007). Desse modo, o grau de cobertura pela vegetação e as espécies presentes dependem não só da taxa de aporte de sedimentos eólicos, mas da frequência de exposição a ondas, bem como a umidade e salinidade associadas. Assume-se que em sistemas de dunas bem preservados, exista uma zonação na vegetação, relacionada às características geomorfológicas e sedimentológicas do ecossistema (Acosta *et al.* 2007).

O conjunto de plantas que compõem a vegetação típica das dunas frontais está diretamente ligado ao estágio evolutivo em que estas se encontram. Além disso, existem relações entre a morfodinâmica das dunas frontais incipientes e as espécies pioneiras responsáveis pela sua fixação, ou seja, aquelas que primeiro se instalam. Nas gramíneas pioneiras estudadas no Rio Grande do Sul, e que, em parte, são as mesmas existentes na costa uruguaia, Cordazzo (2009) relaciona a presença de *Panicum racemosum*, cujos nós internos longos e hastes bastante espaçadas são capazes de reduzir substancialmente o fluxo de vento, à maior deposição de areia, com incremento na altura da duna. Já *Spartina ciliata* cresce segundo nós internos curtos, com agrupamento de hastes, o que favorece a formação de dunas monticulares (*hummocks*).

Para Delfino y Masciadri (2005), as principais espécies encontradas em dunas eólicas ativas, em Cabo Polonio, são *Panicum racemosum, Senecio crassiflorus, Hidrocotyla bonariensis, Spartina ciliata* e *Calycera crassiflorus*. Ainda segundo estes autores, as dunas frontais da costa uruguaia sofreram grandes modificações, especialmente nos últimos 50 anos, como efeito da introdução de espécies exóticas, associada à ocupação,

urbanização e paisagismo. Esta introdução acontece de quatro modos principais: a partir da "galhação", ou seja, restos de poda ou jardinagem; por espécies invasoras com capacidade de adaptação às condições de equilíbrio locais; por cultivo intencional de plantas específicas, destinado à fixação das areias; e por germinação acidental, a partir de lixo doméstico (Rosa & Cordazzo, 1980).

#### 2.6. Dinâmica climática

Entre as latitudes 20° e 34°S, dois sistemas de massas de ar predominam e condicionam a circulação atmosférica, o Anticiclone Tropical Atlântico (ATA) e os Anticiclones Polares Migratórios (APM). Ambos proporcionam a base para o entendimento dos centros geradores das ondulações que se dirigem para o litoral. O ATA, com pressões máximas entre 1020mb e 1023mb, é responsável pela formação dos ventos alísios, que, na faixa latitudinal de 10°S a 40°S, tomam azimutes entre NE e NW junto à costa, conforme o giro de sua célula. Nesta região, a atuação do ATA favorece temperaturas elevadas, estabilidade do tempo e ondulações de norte, que se tornam porém cada vez mais fracas e menos frequentes rumo sul. O deslocamento de frentes polares, relacionadas a avanço do APM para norte, modificam esta situação, ocasionando tempo nebuloso e mudança na direção de incidência dos ventos e das ondulações predominantes, que agora vêm do sul (Ponçano *et al.*, 1999). Estes ventos são geralmente os mais intensos nesta região, tanto na costa como sobre o oceano (Quadro 2.1).

Segundo Framiñan & Brown (1996), a circulação geral atmosférica na região do rio de la Plata é controlada pela influência das altas pressões (quasi-permanentes) do Pacífico sul que gera ventos de SW e S e do sistema de altas pressões que periodicamente direciona massas de ar frio do Atlântico para a área do litoral. Esta circulação geral é modificada pela ação das pressões relativamente mais baixas da parte norte do Uruguai, que se deslocam na direção NW-SE e geram ventos de NE e SE. Característica importante também nesta região são os sistemas frontais, com trajetórias SW-NE, que interagem com as baixas pressões do litoral.

Esta interação pode gerar fortes ventos, ocasionais, de SE (sudestada) a SW, principalmente durante o inverno, com velocidades acima de 30 m/s em eventos extremos que podem afetar a área por vários dias seguidos.

Geralmente, os ventos são de E, variando de NE a SE. A sazonalidade é bem marcada, com predominância de ventos de E no verão e de SE no inverno (Framiñan, 1993).

#### 2.7. Ventos e ondas na plataforma

A média das medidas de origem de ventos e ondas, tomadas entre 2006 e 2012, para cada estação do ano, obtidos com o programa NWW3 (NOAA Wave Watch III), em várias localidades da plataforma continental adjacente à costa em estudo, encontram-se no Quadro 2.1.

Quadro 2.1: Azimutes de origem de ventos e ondas de maior incidência e maior intensidade na costa uruguaia listados, por estação de medida, de norte para sul. Fonte: de http://pt.surf-forecast.com. Notar maior intensidade dos ventos e ondulações de quadrantes de sul. Eles dominam também quanto à frequência de incidência, exceto no que se refere aos ventos (alísios) de primavera e verão.

Praia	Coordenadas	Orientação	Distância	Estação do	Ventos (origem)		Ondas (origem)	
		da linha de	do ponto	ano	Maior	Maior	Maior	Maior
		costa	de		incidência	intensidade	incidência	intensidade
			medição					
Barra del	33,7563/	NE-SW	25 km	Verão	NE	SW	E	SE e E
Chuy	53,3860			Outono	NE e SW	SW	SSE e E	SSE
				Inverno	SW	SW	SSE e E	SSE
				Primavera	NE e NNE	SW e NNE	E	E
Cabo	34,4022/	NE-SW	15 km	Verão	NNE	SW	S	S
Polonio	53,7950			Outono	SW	SW	S	S
				Inverno	WSW	SW	S	S
				Primavera	NE	SW e NNE	S	S
La	34,6396/	NE-SW	21 km	Verão	NE	SW	SSE	SSE
Aguada	54,1548			Outono	SW	SW	SSE	SSE
				Inverno	SW	SW	SSE	S e SSE
				Primavera	NE	SW	SSE	S e SSE
Montoya	34,9658/	NNW-SSE	19 km	Verão	NNE	SSW	SSE	SSE
	54,9477			Outono	-	SSW	SSE	SSE
				Inverno	WSW	SW	SSE	SSE
				Primavera	NE	SW	SSE	SSE
Parque	34,7669/	ENE -WSW	33 km	Verão	NE e SE	WSW	SSE e ESE	SSE
del Plata	55,7140			Outono	-	SW	SSE	SSE
				Inverno	WSW e	SW	SSE	SSE
				Primavera	NE	SW	SE	SSE

#### 2.8. Marés

A região estudada está submetida a regime de micromarés, ou seja, amplitude de marés astronômica de sizígia inferior a 2 m, com marés semi-diurnas. Esta amplitude pode apresentar acréscimo meteolorógico devido à passagem de frentes frias, que podem atuar durante várias horas. Marés com poucas dezenas de centímetros de amplitude, no sul da área, devem-se à localização desta parte da costa próximo a dois pontos anfidrômicos do Atlântico Sul (Ré & Menendéz 2003).

Para Cavallotto (2005), as marés astronômicas, no rio de la Plata, são semi-diurnas e variam entre 0,46 e 0,52 m.

As correntes de marés no rio de la Plata são da ordem de 0,5 m/s, atingindo valores máximos na costa sul, na área de Punta Piedras, em Punta del Este, e são fortemente influenciadas pelas condições meteorológicas. Quando sopram os ventos de SE elas atingem velocidades de até 1,5 m/s. As correntes no rio, perto da costa uruguaia, alcançam, mais a montante, velocidades de 1,7 a 2 m/s (Urien, 1972 *apud* Framiñan, 1993).

#### 2.9. Variação do nível relativo do mar

Não se dispõem de levantamentos de indicadores tempo-espaciais diretos de nível relativo do mar no Uruguai. Na falta destas informações, os dados disponíveis para o Sul do Brasil são a melhor referência para comparação. O levantamento detalhado mais próximo é o da região do cabo de Santa Marta, apresentado por Angulo et al. (1999).

A reinterpretação de dados de mais de uma centena de trabalhos sobre indicadores de paleonível do mar na costa brasileira, no Holoceno, foi feito por Angulo *et al.* (2006). Dentre esses dados, apenas uma pequena parte (30%), referentes a vermetídeos, apresentaram precisão suficiente para serem utilizados como indicadores de níveis relativos do mar, no que diz respeito à localização temporal e espacial (Angulo, 2006), incluindo os de Angulo *et al.* (1999). Segundo esta interpretação, o nível relativo do mar na costa brasileira entre Santa Catarina e sul do Rio Grande do Norte apresentou declínio após o último máximo holocênico de 2 a 3,5 m, alcançado entre 7000 e 5000 AP.

# **2.10.** Fontes sedimentares potenciais no continente e na plataforma continental

#### 2.10.1. Drenagens

Aproximadamente 70% do aporte total mundial de sedimentos para os oceanos é dado pelos rios (Milliman, 1991). Dentro desse contexto, cabe, neste trabalho, avaliar a contribuição dos rios que deságuam no oceano, na costa em estudo.

No Uruguay, as lagunas destacam-se como reservatórios e fontes de troca mútua de água e sedimentos com o oceano. As seis lagunas costeiras mais importantes do país estão na costa atlântica, em um trecho praticamente retilíneo de 150 km de extensão, desde Punta del Este até Cabo Polonio, com leve desvio para N a partir do Cabo de Santa Maria (Conde 2003). São elas: a Merín, com apenas 100 km<sup>2</sup> localizados no território uruguaio, mas que tem continuidade no Brasil (sob o nome Mirim), onde abrange área de 3300 km<sup>2</sup>; a Negra, com 142 km<sup>2</sup>; a de Castillos, com 90 km<sup>2</sup>; a Rocha, com 72 km<sup>2</sup>; a Garzón, com 18 km<sup>2</sup>; e a José Ignacio, com 13 km<sup>2</sup>. Apenas as últimas quatro mantêm conexão com o oceano atualmente. A laguna Castillos faz esta conexão pelo arroio Valizas. As outras três são separadas do mar por barreiras arenosas, no entanto, conectam-se a ele por meio de canais artificiais, abertos periodicamente de modo a permitir o intercâmbio bidirecional continente-oceano. Segundo Conde (2003), a abertura artificial de desembocaduras lagunares na costa atlântica uruguaia é realizada sistematicamente, sem levar em conta as modificações físico-químicas que possa induzir no sistema lagunar. Tem o intuito de solucionar problemas específicos e pontuais, sem contar com nenhum tipo de informação técnico-científica, ou cronograma prévio.

No intercâmbio dinâmico do oceano com o continente, as lagunas da costa atlântica funcionam como "armadilhas" para o material proveniente da lavagem do solo e das bacias de drenagem (Conde 2003). Esta retenção sedimentar diminui sua profundidade, fazendo com que, localmente, adquiram características de brejo ou banhado (Bird 1994).

Na costa platense, a laguna del Sauce, com 50 km<sup>2</sup>, é a mais importante e deságua, indiretamente, no estuário do rio de la Plata, através da laguna del Potrero. O aporte de águas fluviais ocorre a partir da bacia do rio de la Plata, segunda maior em extensão na América do Sul, que é constituída pelas sub-bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai. Alcança 3.100.000 km<sup>2</sup>, incluindo áreas bastante distantes, como as nascentes do rio Pilcomayo, no noroeste boliviano, e as serras do nordeste de Brasília, distantes mais de 2.500km de sua foz. O fluxo de águas pluviais do Sudeste brasileiro, impedido de fluir para o oceano pela serra do Mar, é desviado para a bacia do rio de la Plata, para a partir daí chegar ao oceano.

#### 2.10.2. Províncias de minerais pesados na plataforma continental

A proveniência e distribuição de minerais pesados sobre a plataforma continental sulbrasileira, entre Torres e Chuí, e da uruguaia e norte-argentina, foram determinadas por Corrêa et al. (2008). A partir de análise multivariada, com destaque para a técnica de agrupamento, componentes principais e vetoriais modo Q-R, os autores obtiveram quatro fatores principais de distribuição que estabelecem os vetores de proveniência e dispersão de minerais pesados na área. O primeiro componente, marcado pela presença de augita, ocorre predominantemente na parte sul deste trecho da plataforma continental, o que indica origem pampeano-patagônica, e sua dispersão dá-se a partir da costa argentina no sentido NE. O segundo componente, composto principalmente por hornblenda e, secundariamente, por hiperstênio, ocorre na parte centro-norte do trecho de plataforma continental estudado, entre Bojuru e Lagoa Mangueira, e tem origem nas paleodrenagens dos rios Jacuí, Camaquã, Jaguarão e Cebollati. O terceiro componente obtido corresponde à associação turmalina, estaurolita, epídoto e cianita, minerais típicos do escudo sul-riograndense e uruguaio, principalmente rochas de metamorfismo de contato, e concentrase na parte norte da plataforma continental, entre Chuí e Torres. Um quarto componente, influenciado por apatita, zircão e sillimanita, ocorre no setor centro-sul e está relacionado a sedimentos de dispersão platense, com fonte também no escudo sul-rio-grandense e uruguaio. Para estes autores, a dispersão dos sedimentos na plataforma parece estar fortemente relacionada à paleodrenagem, especialmente ao rio de la Plata e seus

tributários, que drenam uma parte do oeste do Sul do Brasil, Uruguay e Argentina, e aos rios Cebollati, Jaguarão, Piratini, Camaquã e Jacuí, que, por sua vez, drenam o leste do rio Grande do Sul e Uruguay.

Para Cavallotto *et al.* (2005), que trataram da planície costeira junto à cabeceira do rio de la Plata, as associações mineralógicas das areias das diferentes unidades que se localizam na região revelam que a fonte de aporte clástico da sequência deposicional Puelches mascara o material proveniente dos rios Uruguay e Paraná. A sequência deposicional Puelches, do Plioceno-Quaternário (Parker *et al.*, 2008) é composta por areias maduras, de cor amarelo-acinzentado a esbranquiçadas, com intercalações de cascalhos e seixos em seus níveis inferiores. A composição mineralógica desta sequência é essencialmente quartzosa (87-93%), com algum feldspato. Os minerais pesados mais abundantes são os opacos, dentre os quais se encontram magnetita, hematita, ilmenita e leucoxênio, Entre os transparentes, relata-se a presença de epídoto, turmalina, estaurolita, granada, rutilo, zircão, cianita e hornblenda (Cavallotto *et al.* 2005).

#### 3. Métodos de análise de dispersão sedimentar costeira: uma revisão

#### 3.1. Indicadores geomórficos

Para Dominguez *et al.* (1983), as características geomorfológicas são os mais confiáveis indicadores de rumo de deriva litorânea residual se comparadas aos traçadores de curto termo ou dados de ondas, na determinação do sentido dessas correntes. O crescimento de esporões, que começam a se desenvolver primeiramente abaixo da linha de água, e evoluem, podendo vir a emergir sucessivamente, no sentido de transporte dos sedimentos, talvez seja o mais confiável indicador geomorfológico de deriva litorânea longitudinal. Barreiras artificiais e estáveis podem funcionar como armadilhas para sedimentos, ocasionando seu acúmulo no lado localizado a barlamar. A migração ou deflexão de desembocaduras fluviais no oceano representam também importante testemunho do transporte de sedimentos. Ademais, se o rumo de transporte, em certo local, prevalece por longo tempo, a tendência é de acúmulo de sedimentos na extremidade a sotamar da célula

de deriva, ocasionando o aumento da largura da praia nesse ponto e erosão na extremidade oposta, já que conforme a energia envolvida no transporte é dissipada, o sedimento que estava sendo carreado tende a depositar-se em quantidades inversamente proporcionais à energia envolvida do processo naquele instante. Costas com falésias vivas, verticais e sem vegetação poderiam indicar a extremidade barlamar de uma célula de deriva. No rumo da deriva longitudinal, estas falésias tendem a apresentar graduais aumento de vegetação e redução da inclinação. As praias com formas espirais logarítmicas (figura 3.1), definidas por Yasso (1965), são um outro indicador confiável de rumo de corrente (Jacobsen & Schwartz 1981). De acordo com aquele autor, se a incidência de ondas é oblíqua em uma das extremidades, associada a um pontão rochoso, a refração e difração neste pontão ocasiona redemoinho e erosão de forma côncava no trecho da praia a barlamar, atenuado para uma curva suave a sotamar.



Figura 3.1: Esquema da linha de costa em espiral logarítmica de Yasso (1965).

No litoral do Estado de São Paulo, Ponçano *et al.* (1999) determinaram as tendências regionais de transporte de sedimentos utilizando as características geomorfológicas dos arcos costeiros, com ênfase para a configuração espiral logarítmica, chamada pelos autores de "espiral em meio coração", e para as deflexões de desembocaduras fluviais existentes na área.

Indicadores geomorfológicos também foram utilizados por Dominguez *et al.* (1983) para inferência do sentido de transporte de sedimentos nas planícies costeiras próximas às

desembocaduras dos rios São Francisco, Jequitinhonha, Doce e Paraíba do Sul. Entre os indicadores citados pelos autores, destacam-se esporões arenosos em processo de formação, migração de desembocaduras de rios e pontais arenosos, isto é, "línguas" de areia desenvolvidas a partir de um ponto de enraizamento na linha de costa. Citam-se ainda ilhas arenosas, com forma de meia lua, relacionadas ao retrabalhamento de barras de desembocaduras pelas ondas: a refração ao redor do obstáculo gera formas encurvadas, cujas extremidades tendem a se alongar segundo sentido influenciado pela deriva. Segundo os mesmos autores, também pode-se utilizar, para determinar o sentido preferencial do transporte sedimentar, a orientação dos feixes de cordões litorâneos, que constituem antigos testemunhos das linhas de costa; pois como a tendência, ao longo da costa, é o aumento da largura da praia no sentido da deriva, essa sucessão de cordões litorâneos, mostraria, uma forma que se assemelharia, grosso modo, a um leque semi-aberto, com a empunhadura a barlamar.

#### 3.2. Variação granulométrica

Entre os métodos mais efetivos de avaliação de dispersão sedimentar, baseados em análise granulométrica, destaca-se o de McLaren e Bowles (1985), amplamente utilizado, baseado na análise de padrões de variação de medidas estatísticas da distribuição de frequências. Segundo este método, ao longo do rumo do transporte, o sedimento tende a tornar-se "mais grosso, melhor selecionado e com assimetria mais positiva" ou, então, "mais fino, melhor selecionado e com assimetria mais negativa", (referidos neste trabalho como padrões "McLaren 1" e "McLaren 2", respectivamente) sendo esta gradação relacionada com a maior ou menor energia envolvida no transporte, respectivamente. McLaren & Bowles (1985) baseiam-se nas premissas de que a fonte de sedimento seja única (amostra unimodal), que a probabilidade de transporte de finos seja maior que a de grossos e que a deposição destes seja maior que a dos primeiros. Se essas premissas forem satisfeitas, e segundo Jacobsen & Schwartz (1981), em condições ideais, ou seja, com definição clara de uma área de erosão, uma de transporte e outra de deposição, o método é confiável. Outras limitações do método de McLaren & Bowles (1985) é que ele não determina a distância máxima entre amostras, a fim de evitar-se a sub-amostragem, tão

pouco prevê a utilização de malhas amostrais que forneçam uma média representativa da área e que reflita sua realidade.

Um segundo método para avaliar a dispersão sedimentar é o de Taggart & Schwartz (1988), que se baseia na variação longitudinal de estatísticas granulométricas (diâmetro médio e desvio padrão) e parâmetros morfológicos (largura e inclinação) das praias.

O método de Gao & Collins (1992) visa corrigir a limitação do método de McLaren & Bowles (1985) referente à malha amostral por meio do uso do conceito de rede de vetores de transporte, no qual cada ponto amostrado é comparado a todos os pontos adjacentes, a partir da variação das estatísticas utilizadas por McLaren & Bowles (1985). Este método é composto por quatro etapas: 1- análise dos dados texturais; 2- combinação das tendências de variação de estatísticas granulométricas; 3- estabelecimento dos vetores de transporte; e 4- prova estatística da significância dos vetores. A distância adotada entre os pontos utilizados para comparação das três estatísticas granulométricas é selecionada pelo usuário.

#### 3.3. Variação de minerais pesados

#### 3.3.1. Fatores determinantes da assembleia

A análise de variação da assembleia de minerais pesados é uma das principais ferramentas para determinar o rumo de transporte sedimentar, incluindo a deriva litorânea longitudinal em praias atuais.

Os fatores de controle da variação da assembleia de minerais pesados incluem, além da área fonte, intemperismo, abrasão mecânica e seleção hidráulica.

A abrasão mecânica durante o transporte teria, segundo Morton & Hallsworth (1999), importância menor como modificador da assembleia de minerais pesados. Mesmo os minerais menos resistentes mecanicamente não seriam perdidos durante o transporte, mas apenas teriam sua granulometria diminuída.

Os processos hidráulicos seriam os mais relevantes na alteração da assembleia de pesados durante o transporte sedimentar, já que fracionariam a abundância relativa dos minerais
com diferentes comportamentos hidráulicos (Morton & Hallsworth 1999), ou seja, segundo seus contrastes de forma e/ou densidade. Rubey (1933) introduziu o conceito de equivalência hidráulica durante o transporte sedimentar, que se baseia no fato de grãos menores de minerais mais densos serem depositados juntamente com grãos maiores de componentes menos densos. Este conceito relaciona-se com a observação de que os minerais pesados, por terem alta densidade, possuem tendência para concentrarem-se nas frações mais finas que as frações modais dos minerais leves comuns, como quartzo e feldspato. Durante o transporte sedimentar, quanto maior a distância, menor tende a ser a relação entre a quantidade de grãos de minerais pesados e de grãos de minerais leves. Pode-se explicar esta relação através dos modelos de rolamento e saltação, nos quais os grãos mais leves são mais facilmente removidos do fluxo de sedimentos, restando como resíduo ou carga de fundo os mais pesados (Lowright, 1972).

A forma do grão também tem papel importante na velocidade do transporte e na seleção hidráulica: minerais placoides e prismáticos transportam-se em suspensão mais facilmente que minerais equidimensionais, de maneira que praticamente se equivalem hidraulicamente a minerais menos densos de formas mais regulares (Rubey, 1933, Rittenhouse, 1943, Pettijohn *et al.* 1972).

Já em seu depósito final, após o soterramento, os minerais pesados passam por processos de diagênese. Frente à ação destes processos, a estabilidade de cada tipo mineral dependerá da temperatura e composição dos fluidos percolantes, da intensidade de percolação e da profundidade e do tempo de soterramento. O reconhecimento destas condições é primordial para o entendimento da variação pós-deposicional da assembleia mineralógica. Estes processos, por serem em tese tão mais realçados quanto maior o período de tempo envolvido, são supostamente pouco efetivos nos sedimentos quaternários. Apesar disso, a diferenciação entre depósitos pleistocênicos e holocênicos como efeito da maior dissolução pós-deposicional nos primeiros é admitida desde o trabalho pioneiro de Pettijohn (1941), havendo indícios de sua influência nos sedimentos do Quaternário costeiro do Brasil (De Mio & Giannini, 1997, Giannini *et al.*, 1997a, b).

A distinção entre diferentes gerações de areias regressivas, cordões litorâneos ou dunas eólicas pôde ser feita por Giannini *et al.* (1997a, b) estudando os sedimentos na costa sulsudeste brasileira. As assembleias médias de minerais pesados de terraços do Pleistoceno Superior e do Holoceno foram diferenciadas, encontrando-se, na maior parte dos casos, um aumento de concentração de minerais mais instáveis nas areias mais novas. Este fato pode ser explicado pela proporcionalidade entre o efeito de dissolução e eliminação pósdeposicional de minerais menos estáveis e o tempo decorrido no soterramento dos sedimentos, como já notado por Pettijohn (1941).

#### 3.3.2. Indices mineralógicos

O índice mais utilizado em estudo de maturidade é o ZTR, definido por Hubert (1962) como a concentração de minerais resistentes química e mecanicamente (zircão, turmalina e rutilo) dentre os pesados transparentes não micáceos. Como já destacado pélo próprio autor, a interpretação deste índice deve levar em conta também a influência da fonte e da história pós-deposicional. Enfatizando este último aspecto, De Mio & Giannini (1997) destacam o possível significado do índice ZTR como indicador de dissolução intraestratal, o que permite seu uso na distinção entre diferentes gerações quaternárias de areias regressivas, cordões litorâneos ou dunas eólicas, na costa sul-sudeste brasileira.

Em vista da variedade de processos que atuam na seleção e modificação da assembleia de minerais pesados, Morton e Hallsworth (1994) propuseram, também, o uso de índices que facilitassem a avaliação da proveniência e dispersão e que, genericamente, são representados pela equação 1,

$$AB_i = 100 \left(\frac{A}{A+B}\right)$$
 (Equação 1)

onde A e B são minerais com características específicas semelhantes em dois aspectos, dentre equivalência hidráulica, persistência pós-deposicional e fonte, porém contrastantes, e, portanto, com significado quanto ao terceiro aspecto. Para avaliar as modificações relativas a áreas fonte, propuseram a utilização de pares de minerais que tivessem o mesmo comportamento hidráulico durante o transporte sedimentar e que fossem afetados de um mesmo modo por mudanças diagenéticas. Em estudos sobre transporte sedimentar, o par de minerais pesados teria que possuir fonte e estabilidade química semelhantes, mas equivalência hidráulica distinta.

Outros índices podem ser utilizados para estimar a idade relativa dos sedimentos. No entanto, os minerais utilizados têm que ser provenientes da mesma área fonte e fácies e terem sido submetidos ao mesmo tipo de processo deposicional, o que do contrário poderia alterar a assembleia mineralógica e tornar equivocadas as interpretações de maturidade e idade relativa (Guedes, 2009).

#### 3.4 Deriva litorânea de sedimentos – métodos de estudo

Análise granulométrica, sobretudo quando integrada com exame da variação de minerais pesados e/ou avaliação de características geomorfológicas, tem-se mostrado ferramenta efetiva na inferência do rumo de transporte litorâneo em depósitos do Quaternário.

Muitos trabalhos têm sido realizados nesta linha de abordagem. Souza (1997) caracterizou a morfodinâmica de 64 praias e inferiu as células de deriva litorânea na costa do Estado de São Paulo, a partir de indicadores estabelecidos por Jacobsen & Schwartz (1981) e Taggart & Schwartz (1988). Entre os indicadores utilizados, incluem-se: variações de largura e inclinação da praia, variação granulométrica, morfologia de falésias, forma de baías e enseadas, estruturas que funcionam como armadilhas para sedimentos, crescimento de pontais arenosos, migração de desembocaduras fluviais e/ou lagunares, feições deposicionais associadas a essas desembocaduras, morfologia de cúspides praiais e barras costeiras. Além deste conjunto de indicadores, utilizou-se em paralelo do método de McLaren & Bowels (1985). Obteve-se como resultado que, em sua maior parte, o transporte de sedimentos dentro de supostas células de deriva no litoral paulista dirige-se para quadrantes de Norte. Em adição aos indicadores já aceitos na literatura, a autora incluiu ainda a curtose da distribuição granulométrica, a fim de definir a variação no nível de energia das ondas dentro de cada célula de deriva litorânea admitida.

Ponçano (1999) fundamenta-se também em Taggart & Schwartz (1988), porém utilizando adicionalmente parâmetros arrolados por Silvester (1974), como largura e inclinação da praia, diâmetro médio dos sedimentos e análise da forma de enseadas e baías, para inferir sentido de transporte sedimentar. Para o autor, as linhas de costa constituídas por enseadas ou baías refletem um tipo específico de equilíbrio sedimentar obtido pela deriva litorânea,

conforme originalmente notado por Yasso (1965). Segundo Ponçano (1999), estes parâmetros são indicativos de tendências de movimentação de sedimentos a longo prazo; alterações sazonais ou isoladas podem modificar o rumo de transporte de sedimentos, mas sem afetar a tendência regional resultante.

Mendes (2009), reanalisando arco praial estudado por Giannini (1987) em Peruíbe, confirmou os resultados de sentido de transporte previamente encontrados por aquele autor. A tendência de afinamento dos grãos e a diminuição no desvio padrão, demonstrada pela análise granulométrica dos sedimentos estudados nestes dois trabalhos, indicou transporte rumo NE.

As praias de Una e Jureia, nos municípios de Peruíbe e Iguape, litoral sul de São Paulo, foram estudadas por Ferreira (2003), Bentz & Giannini (2003) e Bentz (2004), que, utilizando análises granulométricas e mineralógicas, bem como análise morfológica do sistema praia-duna, concluíram ser NE o sentido de deriva regional predominante na região, com inversões locais na parte sul, tanto da praia do Una como da praia da Jureia. Na praia do Una, a inversão local da deriva litorânea longitudinal é atribuída por Bentz (2004) ao efeito de difração das ondas de S e SE no costão limítrofe sul da praia (ponta do Grajaúna). Na praia da Jureia, a inversão seria decorrente do efeito de molhe natural, ou sombra hidrodinâmica, exercido pela desembocadura do rio Ribeira de Iguape e seus deltas de vazante (Barra do Ribeira), localizados imediatamente a sul (Bentz & Giannini 2003). A existência de zona de erosão decadal em toda porção centro-sul desta mesma praia seria, segundo os autores, influenciada também pela readaptação, em andamento, do perfil de equilíbrio costeiro, após o fechamento natural, no Holoceno superior, de uma antiga desembocadura do rio Ribeira, a norte da atual, e que também gerava inversão local de deriva por efeito molhe. Com o abandono desta desembocadura, a deriva local teria retomado o rumo regionalmente dominante, NE, suscitando erosão da cúspide de sedimentos acumulada a SW da antiga desembocadura.

Segundo Ferreira (2003), o sistema praia-duna da planície do Una caracteriza-se por aumento de dissipatividade e largura da praia e de altura das dunas frontais rumo NE, resultante de aporte sedimentar, o que pode ser interpretado como evidência de deriva longitudinal predominante neste rumo. A distribuição de freqüências granulométricas nos sedimentos de praia leva à mesma interpretação, com observação de padrão de McLaren & Bowles (1985) mais fino, melhor selecionado e mais negativo; o padrão de variação granulométrica encontrado repete-se nas dunas frontais, excetuando-se a assimetria. A autora descreve ainda decréscimo na quantidade de minerais pesados no suposto rumo de deriva, atribuído à retenção hidráulica seletiva a barlamar. Na Jureia, os resultados granulométricos sugerem que há divergência de células de deriva em seu segmento centro-sul, o que confirma a vocação erosiva desta região, contínua em escala de décadas.

Estudando o sistema de alinhamentos de cordões litorâneos de Ilha Comprida, Giannini *et al.* (2003) concluíram que sua formação se deu no Holoceno a partir do sucessivo retrabalhamento e avanço das areias do próprio sistema deposicional, no sentido da deriva longitudinal, para NE, sobre os depósitos da desembocadura lagunar. A assembleia de minerais pesados é mais imatura no nordeste da ilha do que na parte sudoeste, podendo esta característica ser atribuída à idade mais nova de seus sedimentos a NE e também à influência do rio Ribeira de Iguape (Giannini *et al.* 2003, 2009, Guedes 2009, Guedes *et al.* 2011).

Nascimento (2006) e Giannini *et al.* (2009), com base na variação longitudinal de estatísticas de distribuição granulométrica (diâmetro médio, desvio padrão e assimetria) da praia de Ilha Comprida, encontraram tendência geral para afinamento dos grãos, melhora de seleção e assimetria mais negativa rumo NE, indicativa de deriva longitudinal regional nesse rumo. Mesmo padrão de variação é encontrado no extremo sul da ilha, a até 10 km de distância da desembocadura de Cananeia, porém em sentido SW, indicando divergência de células de deriva longitudinal nesta área, atribuída ao efeito de sombra hidrodinâmica exercido pela desembocadura de Cananeia e seu respectivo delta de maré vazante.

Para a planície costeira de Paranaguá, litoral central do Paraná, Lessa *et al.* (2000), no âmbito do estudo estratigráfico do sistema de barreiras arenosas costeiras, localiza a antiga foz do estuário, durante a última inundação do Holoceno, 10km ao sul de sua posição atual. Em vista disso, levantam a hipótese de uma megaderiva para NE, a influenciar a distribuição dos sedimentos costeiros de toda a Região Sul do país.

Também na região da planície costeira de Paranaguá, Noernberg *et al.* (2007) analisaram a variabilidade das correntes costeiras e sua capacidade em transportar sedimentos por tração a partir de dados de dois fundeios, localizados a aproximadamente 3,5 km da costa, e encontraram transporte sedimentar litorâneo orientado preferencialmente para NE. Mihály & Giannini (1997) e Mihály (1997) caracterizaram a sedimentologia da praia do extremo sudoeste da Ilha do Cardoso (SP), o corpo lagunar localizado atrás desta ilha e as praias oceânicas das ilhas de Superagui e das Peças, no litoral norte paranaense. A

partir de resultados de análises granulométricas e de quantificação de minerais pesados, incluindo variação do índice ZTR de Hubert (1962), identificaram padrão de variação geográfica caracterizados por melhora da seleção granulométrica e enriquecimento em minerais menos densos e mais estáveis no sentido NE, interpretado como indicador do sentido da deriva longitudinal predominante.

São escassos os estudos sobre a deriva litorânea no Rio Grande do Sul, principalmente sob o aspecto da quantificação de parâmetros sedimentológicos. No entanto, a partir da geomorfologia da costa e do regime de ondas, é possível extrair conclusões sobre rumo residual de deriva longitudinal. Segundo Motta (1967, *apud* Villwock & Tomazelli, 1995), a deriva ocorre em ambos os sentidos, porém com resultante para NE, o que reflete o regime de ondas incidentes sobre costa SW-NE praticamente retilínea, sem grandes reentrâncias capazes de induzir divergência de ondas.

Segundo Tomazelli & Villwock (1992), as características geomorfológicas da região confirmam a resultante NE da deriva de sedimentos ao longo desta costa. Desembocaduras não estabilizadas de rios, arroios e lagunas deslocam-se no sentido do transporte preferencial. Por exemplo, a barra do Arroio Chuí migrou para NE, causando problemas de demarcação de fronteiras entre os territórios brasileiro e uruguaio; os molhes de contenção da desembocadura do rio Grande, construídos em 1911, acarretaram deposição acentuada de areia a SSW da foz e erosão a NNE dela. No início da década de 1960, foi construído um guia de correntes ao longo da margem nordeste da desembocadura da laguna Tramandaí, para conter seu rápido deslocamento, que chegava a 200 m por ano. A desembocadura livre da Lagoa do Peixe desloca-se permanentemente no sentido NE, interrompendo-se por completo, via assoreamento, em períodos de estiagem.

Para Figueiredo & Calliari (2006), a desembocadura do rio Mampituba, no norte da costa gaúcha, também é exemplo da migração por efeito da deriva longitudinal resultante para NE.

Ainda no Rio Grande do Sul, Dillenburg *et al.* (2000), baseando-se na alternância de direção na linha de costa e largura da barreira costeira, definiram cinco setores na linha de costa: Chuí-Verga, Verga-Estreito, Estreito-Mostardas, Mostardas-Tramandaí e Tramandaí-Torres, de sul para norte. A linha de costa no segundo e quinto trechos apresenta concavidade suave para o mar, e, nos outros, ela é convexa. A comparação

desses trechos com a plataforma interna adjacente mostrou haver coincidência entre os segmentos de linha de costa convexa e zonas de incremento de declividade na plataforma interna, variação esta relacionada a refração e dissipação da energia de onda, na plataforma continental adjacente. Alinhamentos de cordões litorâneos evidenciariam o caráter progradante nos trechos côncavos da barreira, em contraste ao caráter transgressivo ou estacionário dos trechos convexos. As projeções e reentrâncias desta costa, com comportamento erosivo e deposicional, respectivamente, são explicadas, pelo autor, com base no modelo de May & Tanner (1973). Segundo este modelo, as ondas refratadas tendem a concentrar energia nas convexidades da linha de costa e a dispersar energia nas concavidades, o que resultaria em deposição e erosão respectivamente.

Panario (2005, 2006) subdivide a costa uruguaia de acordo com a variação de sentido da deriva litorânea longitudinal de sedimentos, a quase totalidade das praias é caracterizada por um rumo dominante controlado pelos ângulos de incidência de ondulações (*swells*). O ponto de inflexão da costa localiza-se no trecho entre Cabo Polonio e Punta del Diablo. A SW de Cabo Polonio, o sentido de deriva longitudinal, segundo o autor, é para SW ou W, com exceção de um trecho com rumo NE, entre La Pedrera e La Paloma. De Punta del Diablo para NE, a deriva processa-se no sentido NE até pelo menos o extremo sul do Brasil.

Em estudo sobre a progradação da costa uruguaia, na faixa que compreende os 80 km localizados na região a norte de Punta del Este, até La Paloma, Teixeira (1998) afirma que o transporte de sedimentos ao longo deste trecho é mínimo, já que a resultante anual do fluxo de energia de ondas é essencialmente perpendicular à costa. O autor baseou-se em dados de altura, período e direção de ondas do *UK Met. Office's Main Global Marine Data Banks*, obtidos por navios mercantes durante o período de 01/1949 a 06/1996. Os dados de altura foram comparados a registros de satélites fornecidos pelos *Center for Astrodynamics Research da University of Colorado* registrados pelos satélites ERS e Topex/Poseidon em um período de 15 meses, a partir de julho de 1996. Os dados de propagação de ondas foram tratados no modelo de refração e difração de ondas OLUCA-RD, desenvolvido pelo grupo de Engenería Costera de la Universidad de Cantábria.

# 4. MATERIAIS E MÉTODOS

# 4.1. Revisão bibliográfica

A revisão bibliográfica foi feita a partir da consulta de bancos de teses, livros e periódicos de geologia costeira e sedimentologia e da consulta a palavras-chave em sítios eletrônicos de busca acadêmica. Os temas centrais consultados foram o transporte litorâneo na costa uruguaia e sul e sudeste do Brasil e o emprego de minerais pesados em estudos de proveniência e dispersão sedimentar.

## 4.2. Sensoriamento remoto

Na etapa de sensoriamento remoto, foi feito uso das imagens de satélite com acesso livre do sítio eletrônico *Google Earth*. A finalidade principal da análise foi o levantamento de indícios geomorfológicos de deriva litorânea longitudinal, utilizando-se para isso dos critérios descritos por Jacobsen & Schwartz (1971), Dominguez *et al.* (1983), Tessler & Mahiques (1993) e Bentz & Giannini (2003), conforme apresentado nos itens 3.1 e 3.4.

## 4.3.Trabalhos de campo

Os trabalhos de campo, na costa uruguaia, foram realizados no inverno de 2012, entre 29 de agosto e 3 de setembro.

#### 4.3.1. Amostragem

Realizaram-se 35 pontos de amostragem no sistema praia-duna, com coleta pareada, uma na crista da duna frontal incipiente (código URD) e outra a meio caminho entre a linha de espraiamento no momento da coleta e a base da duna (código URP). Em cada ponto, mediram-se a distância (D) entre o espraiamento e a base da duna, com passo e trena, e os ângulos de mergulho ( $\alpha_n$ ) ao longo do perfil transversal à praia, com clinômetro (leitura mínima de 1°). As medidas de distância foram corrigidas em relação ao zero da tábua de marés, consultado em www.tabuademares.com, com base na data e horário de cada medida. Para esta correção, somou-se à distância D, medida em campo, o  $\Delta D$  entre a linha de espraiamento no momento da medição e a linha de espraiamento na maré zero da tábua. Este  $\Delta D$  foi calculado por trigonometria, conforme a equação 1, onde  $\Delta H$  é a diferença entre a altura de maré no momento da medida e a maré zero da tábua e  $\alpha$  é o ângulo de mergulho da face praial.

$$\Delta D = \frac{\Delta H}{sen\alpha} \quad (\text{Equação 2})$$

A amostragem foi feita em sedimentos superficiais, à profundidade de até 10 cm, na quantidade aproximada de 1 kg, em todos os arcos praiais com mais de 2 km de extensão. Para arcos com mais de 4 km, coletou-se mais de uma amostra, em quantidade proporcional à extensão da praia, procurando-se manter um espaçamento interamostral mínimo de 2 km. As amostras foram numeradas em ordem crescente de Montevideo a La Coronilla (Figura 4.1). Também foram amostrados os leitos de oito arroios (código URR), a distâncias inferiores a 4 km da praia, sendo sete deles na costa platense (de URR-01 a URR-07) e um na costa atlântica (URR-08).



Figura 4.1: Mapa de localização dos pontos de coleta de amostras. Pontos com o código UR (em amarelo) correspondem a coletas no sistema praia-duna (URP e URD, respectivamente). Pontos com código URR (em azul) são de amostragem em leito de rios.

Código	Setor da costa	Nome do arroio	Coordenadas		
URR-01	platense	Pando	34,785/ 55,890		
URR-02	platense	Solis Chico	34,750/55,702		
URR-03	platense	El Bagre	34,750/55,594		
URR-04	platense	La Tuna	34,778/ 55,558		
URR-05	platense	La Coronilla	34,786/ 55,524		
URR-06	platense	Solis Grande	34,779/ 55,397		
URR-07	platense	El Potrero	34,869/ 55,080		
URR-08	atlântico	Maldonado	34,950/ 54,873		

Quadro 4.1. Arroios amostrados na planície litorânea uruguaia e respectivos códigos e coordenadas de coleta.

# 4.3.2. Caracterização do sistema praia-duna

Para a caracterização morfofitoecológica do sistema praia-duna em cada ponto de amostragem, foram identificadas e quantificadas as diferentes espécies de plantas (Figura

5.9 e APÊNDICE 4). A quantificação das plantas foi feita através de estimativa visual da área de cobertura, em partes por 20, ou seja, de 5 em 5%, sendo que se definiram como "quantidade traço" os valores menores que 5%. Também foram utilizados nesta caracterização parâmetros hidrodinâmicos (altura de quebra de onda instantânea, no momento da amostragem), morfométricos (inclinação de berma e face praial, presença ou não de canaleta e de falésia, largura da praia, altura da duna frontal incipiente) e sedimentológico (tamanho médio de grão). As 35 praias analisadas foram classificadas, de modo qualitativo, em quatro categorias morfodinâmicas: dissipativa (D), intermediária-dissipativa (I-D), intermediária-reflexiva (I-R) e reflexiva (R). As características usadas como diagnósticas de cada uma destas classes morfodinâmicas, e outras características a elas associadas nas praias estudadas, encontram-se resumidas no Quadro 4.2.

Classe de	Características morfológicas	Características		
morfodinâmica praial	essenciais	morfológicas, dinâmicas		
		e sedimentológicas		
		associadas		
Dissipativa (D)	Ausência de pós-praia (berma)	Inclinação da face praial		
	e/ou presença de falésia	menor que 5°, duna frontal		
		de até 7m, areia média a		
		fina (1 a 3 Φ)		
Intermediária-	Presença de berma e canaletas,	Inclinação da face praial		
dissipativa (I-D)	cúspides ausentes ou suaves	de até 12°, mergulho da		
		berma de até 4°, duna		
		frontal de até 6m, areia		
		média a fina (1 a 3 $\Phi$ )		
Intermediária-	Presença de berma e canaletas,	Inclinação da face praial		
reflexiva (I-R)	cúspides proeminentes	entre $3^{\circ}$ e $15^{\circ}$ , mergulho		
		da berma de até 4°, duna		
		frontal de até 4 m, areia		
		muito grossa a fina (-1 a 3		
		Φ)		
Reflexiva (R)	Presença de berma com face	Face praial com inclinação		
	praial íngreme	maior que 10°, mergulho		
		da berma de até 7°, duna		
		frontal de até 1 m, areia		
		grossa (0 a 1 Φ)		

Quadro 4.2. Síntese das características diagnósticas de cada classe de morfodinâmica praial.

Mediram-se, em imagens de satélite disponíveis no *sotware Google Earth*, os azimutes do curso inferior dos principais rios, a uma distância entre cerca de 0,5 e 2 km da costa,

bem como de suas respectivas desembocaduras, no 0,5 km final. A comparação entre estas duas medidas permitiu obter o rumo e o ângulo de deflexão do rio ao aproximar-se da praia, a ser avaliada como indício de deriva litorânea longitudinal.

## 4.4. Trabalhos de laboratório

#### 4.4.1. Análise granulométrica

Em laboratório, após quarteadas até massas de aproximadamente 50 g, as amostras foram elutriadas e postas em estufa a 60°C. Posteriormente, foi feito ensaio granulométrico com a técnica de difração de laser, no equipamento Malvern Mastersizer 3000.

#### 4.4.2. Mineralogia de pesados

Depois de feita a análise granulométrica em todas as amostras, separaram-se os minerais pesados da fração entre  $2\Phi$  e  $3\Phi$  (0,250 a 0,125mm), por flutuação-afundamento em tribromometano (CHBr<sub>3</sub>, d=2,85), com utilização da montagem representada na figura 4.2. Após a separação, os minerais foram lavados com álcool etílico, para a retirada dos resíduos de bromofórmio. Depois de secas em capela, as frações flutuada e afundada de cada amostra foram pesadas em balança de precisão. Com um ímã de mão, foram retirados, da fração pesada, os magnéticos. Seguiu-se com a montagem das lâminas permanentes de grãos, utilizando-se bálsamo do Canadá natural como meio de imersão, com cozimento por cerca de 5 minutos em placa aquecedora. Para a identificação e contagem dos minerais pesados, foi feita a observação sob microscópio óptico de luz polarizada, de acordo com o método de contagem de grãos descrito em Galehouse (1971). Ao longo de uma ou mais linhas marcadas na lâmina, contaram-se no mínimo 300 grãos, começando com a contagem de todos os tipos de minerais (incluindo opacos e carbonato bioclástico), quando foram totalizados 100 grãos, e passando-se em seguida à contagem apenas dos minerais pesados terrígenos transparentes não micáceos. Os grãos que não puderam ser identificados devido a perda de propriedades ópticas por dissolução foram classificados como alteritas. Os resultados foram expressos em porcentagem de frequência de contagem.



Figura 4.2: Montagem para separação de minerais pesados por sedimentação em líquido denso. a) Estrutura de apoio. b) Vidro de relógio. c) Funil de separação. d) Minerais leves. e) Líquido de separação. f) Suporte do funil. g) Tubo de borracha. h) Minerais pesados. i) Pinça de Mohr. j) Suporte do funil. k) Funil de filtração raiado. l) Erlenmeyer de recuperação do líquido denso. Adaptado de Mange e Maurer (1992) por Dias (2004).

Depois de obtidos os resultados de porcentagens de contagem de minerais pesados em cada amostra, o método utilizado para auxiliar na determinação do sentido de transporte ao longo da costa foi o dos índices de pares mineralógicos AB<sub>i</sub> (Morton & Hallswort, 1994), conforme item 3.3.4.

O principal índice utilizado foi o turmalina/zircão (TZi), visto que se trata de dois minerais com estabilidades químicas similares (ambos ultraestáveis), porém com densidades diferentes (3,2 e 4,7, respectivamente) e, consequentemente, comportamento hidro e aerodinâmico distinto. Assim, a premissa de trabalho é de que TZi aumente no rumo de transporte sedimentar. Os índices granada/sillimanita (GSi) e granada/cianita (GCi) foram também calculados, especialmente no lado atlântico da costa, onde se

observam concentrações elevadas de granada. Sendo este mineral mais denso e equidimensional que cianita e sillimanita, a premissa de trabalho é de redução destes índices no rumo de transporte sedimentar, sem se descartar, porém, a possibilidade de ambos os índices terem controle pelo tipo de rocha metamórfica primária.

## 4.4.3. Infra-estrutura laboratorial

A análise granulométrica por difração de laser foi realizada no Laboratório de Caracterização Tecnológica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

A separação dos minerais e montagem das lâminas de minerais pesados foram feitos no Laboratório de Sedimentologia "Armando Márcio Coimbra" (Labsed), do Instituto de Geociências (IGc) da Universidade de São Paulo (USP).

A identificação e contagem de minerais pesados e a aquisição de imagens digitais foram executados em microscópio óptico de luz polarizada Zeiss Axioplan, com analisador de imagens Leica QWin, pertencentes ao Laboratório de Petrografia Sedimentar (Labpetro) do IGc-USP.

# 4.5. Montagem de banco de dados sedimentológicos

Os resultados quantitativos de análise granulométrica e mineralógica de amostras de praias do Uruguai foram reunidos em planilha de cálculo *Microsoft Excel*. Esse dados foram utilizados para a elaboração dos gráficos de variação espacial de atributos sedimentológicos e inferência de rumo de transporte em toda a costa objeto deste estudo.

## 4.6. Tratamento gráfico-estatístico

Para a execução desta etapa de trabalho, foram utilizados as planilhas eletrônicas *Microsoft Excel* e o programa *Minitab*. Ao final das análises de granulometria de cada amostra, calcularam-se os valores percentuais das frações granulométricas de 0,125 $\Phi$ , o que permitiu obter estatísticas descritivas (diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose), pela técnica analítica dos momentos de Pearson. Com os resultados de diâmetro médio, desvio padrão e assimetria das amostras, construíram-se gráficos de dispersão em função da distância geodésica  $\Delta\sigma$  ao longo da costa, calculada, a partir das latitudes e longitudes obtidas em campo, pela Equação 2, onde  $\theta_{1,2}$  é a latitude e  $\varphi_{1,2}$  a longitude dos pontos entre os quais se deseja saber a distância e  $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ ,  $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ , e ( $\theta_1, \varphi_1$ ) e ( $\theta_2, \varphi_2$ ),

$$\Delta \sigma = 2 \sin^{-1} \sqrt{\sin^2 \left(\frac{\Delta \theta}{2}\right) + \cos \theta_1 \cos \theta_2 \sin^2 \left(\frac{\Delta \varphi}{2}\right)} \qquad \text{Equação 2}$$

A variação espacial das três primeiras estatísticas da distribuição granulométrica foi avaliada com aplicação de correlação, com determinação do coeficiente de correlação linear de Pearson (r) e o respectivo nível de significância (p ou erro tipo I) calculado pelo t de Student. Este nível mede a probabilidade de a correlação ser inexistente. Foram aceitas apenas as correlações com valor de p<0,2.

Aos resultados de variação granulométrica aceitos estatisticamente, aplicou-se o método de McLaren & Bowles (1985), na tentativa de identificar um dos dois padrões de variação de granulometria considerados nesse método indicadores seguros de transporte: "mais fina, melhor selecionada e com assimetria mais negativa" e "mais grossa, melhor selecionada e com assimetria mais positiva" (conforme item 3.2), aqui identificados como padrão 1 e 2, respectivamente. Quando não se obteve nenhum destes padrões, utilizou-se a diminuição de desvio padrão como indício de rumo de deriva longitudinal. Hugues (2005) objecta que o padrão 2 pode ser inconclusivo nos casos em que a variação de desvio padrão for mínima, o que, no entanto, já está indiretamente contemplado no método de McLaren & Bowles (1985), na medida em que ele exige um teste de consistência da variação das estatísticas. Por esse artifício, variações pequenas nas medidas granulométricas, isto é, sem significado estatístico, não são levadas em consideração.

O mesmo procedimento de análise de dispersão, correlação e teste t de consistência estatística foi realizado com os resultados de quantificação de minerais pesados e de medidas morfométricas e de dinâmica das praias, buscando obter as tendências de variação espacial, em função da sua distribuição geográfica, o que auxiliou na determinação dos rumos de transporte sedimentar.

## 4.7. Inferência de rumo de transporte sedimentar

Segundo Jacobsen & Schwartz (1981), o uso de indicadores geomorfológicoas seria o mais confiável para estabelecer rumos de deriva, se comparado a marcadores de mais curto termo, como variações sedimentológicas, mineralógicas ou dados de ondas. Alguns outros métodos também bastante utilizados, como retenção de sedimentos, em curtos períodos, por barreiras físicas, traçadores artificiais e cálculo de ondas a partir de dados de ventos não levam em conta as variações que ocorrem a longo prazo nas correntes costeiras, nem a possibilidade de o transporte principal de sedimentos ter ocorrido em eventos extremos e relativamente raros. O resultado obtido com base nestes métodos pode ser, então, de correntes sazonais e não de correntes residuais. Para um resultado seguro, que permita a compreensão dos fenômenos de circulação costeira e a determinação da proveniência sedimentar em escala ampla, torna-se recomendável a utilização da combinação de vários desses métodos, que registrem todas ou muitas das variáveis envolvidas. No entanto, indicadores de longo prazo, como os morfológicos seriam os mais indicados, pois fornecem o registro concreto do rumo de transporte sedimentar.

Para a caracterização do comportamento espacial dos sedimentos neste trabalho, em primeiro lugar identificaram-se os trechos de costa onde houvesse indícios geomorfológicos de sentido de deriva litorânea, como morfologia de arcos praiais em espiral logarítmica e variação de largura de praia e altura de dunas, bem como de inclinação de face praial, berma e pós-praia. Após essa análise, buscou-se identificar trechos da costa que possuíssem características sedimentológicas semelhantes e/ou tendências contínuas de variação longitudinal. A estes trechos, aplicou-se o teste estatístico baseado no coeficiente de correlação linear r e no nível de significância p, conforme item 4.6.

# **5. RESULTADOS**

## 5.1. Indicadores geomórficos

# 5.1.1. Características da linha de costa

De Cabo Polonio até Montevideo, como já relatado por Panario (2006), arcos de praia em forma de espiral logarítmica, conforme definida por Yasso (1965), indicam transporte de E para W. Variação local observa-se no segmento que abrange o trecho entre os pontos UR-29 e UR-31, onde os rumos se invertem para SW. Entre Punta del Este e Montevideo, as praias com forma log-espiral ocorrem em maior número e menores dimensões. Partindo de Cabo Polonio até La Coronilla, extremo norte da área, esses arcos evoluem no sentido contrário, indicando transporte para NE.

## 5.1.2. Deflexão de desembocaduras de arroios e lagunas

Os resultados obtidos pela observação, em imagens de satélite, da deflexão das desembocaduras dos principais rios e lagunas do trecho de costa uruguaia estudado estão sintetizados no Quadro 5.1.

Nome do rio/laguna	Coordenadas	Orientação da costa	Azimute do rio	Azimute da desembocadura	Deflexão aproximada
Pando	34,797/55,861	WNW-ESE	ESE	Е	22,5°
Sólis Chico	34,764/55,702	WNW-ESE	SSE	WSW	90°
	34,772/55,619	WSW-ENE	SSE	Е	67,5°
El Bagre	34,771/55,603	WNW-ESS	W	SW	45°
La Tuna	34,784/55,565	WNW-ESE	SW	WSW	22,5°
Sólis Grande	34,790/55,400	W-E	SSW	W	67,5°
Pan de azúcar	34,802/55,375	W-E	S	W	90°
El Potrero	34,877/55,107	WSW-ENE	SE	ENE	67,5°
Maldonado	34,918/54,863	NE-SW	SE	SE	0°
Laguna Garzón	34,802/54,570	NE-SW	(1)	SW	90°
Laguna de Rocha	34,666/54,245	NNW-SSE	(2)	ENE	90°

Quadro 5.1.: Localização dos principais rios e lagunas, orientação geral da linha de costa onde desembocam, azimute do rio e de sua desembocadura, e respectiva deflexão.

(1): Laguna Garzón. (2): Laguna Rocha

Nos oito arroios examinados no setor platense da costa, a deflexão varia entre 22,5° e 90°. Não foi observada tendência azimutal predominante de deflexão, sendo que em quatro deles a desembocadura dobra-se mais para E e nos quatro restantes mais para W, o que sugere variações locais no transporte litorâneo.

No lado atlântico da costa, o único arroio, Maldonado, não sofre deflexão. Já as desembocaduras das lagunas Garzón e Rocha apresentam deflexão de 90° para SW e NE, respectivamente.

## 5.2. Morfologia do sistema praia-duna

## 5.2.1. Largura da praia

A largura das praias varia entre 31,1m (URP-26) e 107,3m (URP-06), com média de 57 m. Não existe tendência única de variação da largura ao longo da costa, mas sim decréscimo no trecho que vai de Montevideo (UR-01) ao ponto UR-09 (r=0,512; p=0,1), aumento entre UR-09 e UR-13 (r=0,769; p=0,05), e novamente decréscimo nos trechos de UR-13 a UR-24 (r=0,405; p=0,1) e de UR-25 a UR-35 (r=0,437; p=0,1).



Figura 5.1: Variação de largura de praia ao longo da costa uruguaia, entre Montevideo e La Coronilla (SW-NE), com indicação, no gráfico da direita, das retas de regressão em trechos da costa.

## 5.2.2. Altura de duna frontal incipiente

A altura mínima observada em dunas frontais incipientes é de 0,3m (URD-04) e a máxima, de 7,0m (URD-02). A média encontrada para este parâmetro é de 1,9m.

Existe tendência de decréscimo da altura de duna de Montevideo (UR-01) às proximidades da Laguna Garzón (UR-24) (r=0,416; p=0,025). No trecho restante, de Laguna Garzón (UR-24) a La Coronilla (UR-35), a leve tendência linear de incremento de altura não tem consistência estatística (r=0,158; p=0,4).



Figura 5.2: Variação de altura de dunas frontais incipientes na costa uruguaia, entre Montevideo e La Coronilla (SW-NE), com indicação, no gráfico da direita, das retas de regressão em trechos da costa.

Em estudos ao longo de um mesmo arco praial, aumento de altura das dunas frontais incipientes, ou transformação de dunas frontais em dunas sem vegetação, têm sido encontrados, com frequência, no rumo da deriva litorânea longitudinal (Giannini & Santos 1996, Ferreira 2003, Martinho 2004, Bentz 2004, Nascimento 2006). Esta tendência é atribuída ao aumento de estoque de areia disponível ao retrabalhamento eólico (Giannini & Santos 1996, Giannini 2007). Se o mesmo raciocínio puder ser extrapolado a sucessões de arcos praiais vizinhos, então o incremento na altura das dunas frontais incipientes de UR.24 para UR.01 aponta deriva litorânea longitudinal para W, nesse trecho da costa uruguaia. Este resultado reforça a inferência feita com base no aumento da largura da faixa arenosa, no mesmo trecho e rumo.

## 5.2.3. Declive de face praial, berma e pós-praia superior

Os ângulos de inclinação de face praial variam entre menos de 1° (em UR-29) e 19° (em UR-18), com valor médio de 6,5°. Observa-se incremento desta inclinação entre Montevideo (UR-01) e as proximidades da Laguna del Diario (UR-18), imediatamente a W de Punta del Este (r=0,606; p=0,005). Entre este ponto (UR-18) e La Coronilla (UR-35), a tendência é oposta, de diminuição (r=0,527; p=0,025).

O ângulo da face praial é um indicador inverso do grau de dissipatividade da praia. Em estudos feitos ao longo de um mesmo arco praial, este grau aumenta no rumo de transporte

litorâneo longitudinal (Ferreira 2003, Bentz 2004, Nascimento 2006), provavelmente devido à maior saturação da antepraia submersa e da face litorânea em sedimentos arenosos (Giannini 2007). Caso seja válida a extrapolação desta relação para sucessões de arcos praias vizinhos, a redução de ângulo de face praial de UR.18 para UR.01, indica aumento de dissipatividade, e, por extensão, deriva litorânea nesse rumo. Este resultado é compatível com o rumo de deriva deduzido com base na largura da faixa arenosa e da altura da duna frontal.



Figura 5.3: Variação da inclinação de face-praial, na costa uruguaia, entre Montevideo e La Coronilla (SW-NE), com indicação, no gráfico da direita, das retas de regressão em trechos da costa.

O ângulo de mergulho da berma para o continente varia entre o mínimo de menos de 1° (em UR-04, UR-14, UR-20 e UR-27) e o máximo de 7° (em URP-18), com média de 1,9°. As tendências de variação observadas são de incremento de Montevideo (UR-01) até as proximidades do ponto UR-10 (r=0,768; p=0,01) e de decréscimo ao longo do trecho seguinte; este, no entanto, pode-se subdividir em outros dois segmentos, ambos com tendência de decréscimo, um entre UR-10 e UR-17 (r=0,622; p=0,05) e outro entre UR-18 e UR-35 (r=0,617; p=0,005).

O ângulo da berma guarda relação direta com o ângulo da face praial, ambos aumentando nas praias mais reflexivas. Assim, seguindo o mesmo raciocínio utilizado na interpretação da variação de inclinação da face praial, a redução de declividade da berma seria um indicador de aumento de dissipatividade e, portanto, de maior estoque sedimentar no prisma submerso da praia, por efeito da deriva litorânea. Com isso, a redução desta declividade entre UR.10 e UR.01 representaria deriva longitudinal para W neste trecho. Já a leste, a indicação dada por este parâmetro é de deriva para E, sobretudo a partir de UR.18.



Figura 5.4: Variação de inclinação de berma ao longo da costa uruguaia, entre Montevideo e La Coronilla (SW-NE), com indicação, no gráfico da direita, das retas de regressão em trechos da costa.

A inclinação para o mar do pós-praia superior ou antepraia superior (primeira zona de declive contínuo ao pé da duna frontal ou falésia) varia entre menos de 1°(UR-17) e 9° (UR-26), com média de 3,5°. O gráfico de variação longitudinal desta inclinação evidencia tendência de incremento, a partir de Montevideo (UR-01) até a cidade de La Paloma (UR-26) (r=0,453; p=0,025), seguido de decréscimo de La Paloma (UR-26) até La Coronilla (UR-35) (r=0,527; p=0,025).

Não se conhecem estudos prévios tentando relacionar a variação do declive da zona de pé de duna frontal à deriva litorânea longitudinal. Na costa estudada, entretanto, nota-se que esse ângulo aumenta grosso modo com o aumento dos ângulos de berma e face praial e com a redução de largura da praia, configurando-se assim num indicador inverso de dissipatividade e de estoque de areia no prisma submerso. Desse modo, a redução deste ângulo de UR-26 para UR-01 e do mesmo ponto para UR-35 indicaria os rumos de deriva longitudinal nesses dois trechos.



Figura 5.5: Variação de inclinação de pós-praia ao longo da costa uruguaia, entre Montevideo e La Coronilla (SW-NE), com indicação, no gráfico da direita, das retas de regressão em trechos da costa.

## 5.2.4. Altura de quebra de onda

A altura mínima de quebra de onda observada na costa uruguaia foi de 0,1m (em UR-14 e UR-20). A altura máxima, encontrada em quatro pontos de amostragem (UR-18, UR-22, UR-23 e UR-24), foi de 1,5m. A média situa-se em 0,7m.

Observam-se duas tendências opostas de variação de altura de quebra de onda ao longo da costa: diminuição entre Montevideo (UR-01) e o ponto situado no penúltimo arco praial a W de Punta del Leste (UR-17) (r=0,340; p=0,1) e incremento entre URP-18, imediatamente a W de Punta del Este, e La Coronilla (UR-35) (r=0,280; p=0,2).



Figura 5.6: Variação de altura de quebra de onda, ao longo da costa uruguaia, entre Montevideo e La Coronilla (SW-NE), com indicação, no gráfico da direita, das retas de regressão em trechos da costa.

## 5.2.5. Classificação morfodinâmica

Os parâmetros hidrodinâmicos (altura de quebra de onda instantânea no momento da amostragem), morfométricos (inclinação de berma e face praial, presença ou não de canaleta e falésia, largura da praia, altura da duna frontal incipiente) e sedimentológicos (tamanho médio de grão) das praias estudadas encontram-se listados na Tabela 5.1, que contém também a classificação morfodinâmica (criada especialmente para este trabalho) de cada praia de acordo com os critérios apresentados no Quadro 4.2.

De acordo com essa classificação morfodinâmica, apresentada na última coluna da tabela 5.1, o trecho de costa amostrado possui nove (25,7%) praias dissipativas (D), 15 (42,8%) intermediárias-dissipativas (ID), nove (25,7%) intermediárias-reflexivas (I-D) e duas (5,7%) reflexivas (R).

Localização	Largura de praia (m)	Altura de duna (m)	Canaleta	Falésia	Inclinação de face praial	Inclinação de berma (°)	Inclinação de pós-praia (°)	Quebra de onda (m)	Diâmetro médio do grão (Ф)	Estágio Morfodinâmico
UR-01	116,5	6			1	1	1	0,3	1,77	I-D
UR-02	111	7			4	-	5	1	2,17	D
UR-03	86,1	4	Х		5	1	3	0,5	1,91	I-D
UR-04	70,2	0,3			2 a 3	0a1	2	0,3	1,88	I-D
UR-05	64,6	0,4			2	3	-	0,3	1,90	I-D
UR-06	117,8	1,8			3	1	3	0,2	0,34	I-D
UR-07	86,9	3,9			7 a 8	0a1	1	0,4	2,01	I-D
UR-08	76,9	1			1	1	1	0,3	2,08	I-D
UR-09	62,9	1,2			1	1	-	0,3	1,96	D
UR-10	47,1	1,2	Х		6	5	5	0,4	1,89	I-R
UR-11	66,9	1,6	Х		9	3	1	0,35	1,79	I-R
UR-12	92,6	1,3			1	-	1	0,3	1,78	D
UR-13	98,5	1	Х		13	2	1	0,2	1,89	I-D
UR-14	122,3	0	Х		2	0a1	1	0,1	1,59	I-D
UR-15	47,4	0,9			11	1	1	0,15	2,10	I-R
UR-16	40,7	1			3	1	4	0,7	1,54	I-R
UR-17	91,9	2,5			9	1	0a1	0,15	2,03	I-R
UR-18	45,1	0			19	7	7	1,5	0,17	R
UR-19	64,9	4,1	Х		7	4	4 a 5	0,1	1,63	I-D
UR-20	69,6	2,1	Х		6	0a1	1	0,8	1,45	I-D
UR-21	60,3	1			11	1	4	1,5	0,64	R
UR-22	69,7	1,2	Х		14	4	6	1,5	0,56	I-R
UR-23	46,4	1,4			15	1	1	0,5	1,48	I-R
UR-24	40,3	0,5	Х		7	1	6	1	-0,81	I-R
UR-25	86,3	3,6			10	2	4	1	-0,28	I-R
UR-26	38,2	2,1	Х		4	2	9	0,5	-0,74	I-R
UR-27	78,7	1,3			2	-	0a1	1	2,39	I-D
UR-28	74,2	1,2			12	-	6	0,8	0,11	R
UR-29	81,5	1,5			0a1	-	5	0,8	2,00	I-D
UR-30	71,4	1,2	Х		12	2	5	1	1,53	I-D
UR-31	68,7	2,8			10	1,5	-	1,3	1,72	I-D
UR-32	136,5	2,3	Х		10	-	1	1,5	2,28	D
UR-33	36,5	2,9		Х	2	-	-	1,1	2,14	D
UR-34	76,4	3,1			1a2	-	-	1,4	2,32	D
UR-35	45,6	0,5			4	-	4	1,2	2,17	D

Tabela 5.1: Características morfo-hidrodinâmicas e sedimentológicas da costa uruguaia.

A distribuição dos estágios morfodinâmicos permitem subdividir a costa em nove trechos, em que se alternam praias mais dissipativas (estágios D ou I-D) e praias mais reflexivas (estágios R ou I-R). As praias com estágio morfodinâmico D ou I-D foram: UR-01 a UR-09 e UR-29 a UR-31, com orientação de costa WSW-ENE; UR-12 a UR-14, UR-20, UR-27 e UR-32 a UR-35, com orientação SW-NE; e UR-19, orientada segundo NW-SE. Com estágio morfodinâmico R ou I-R, tem-se: UR-10 a UR-11 e UR-15 a UR-18, ambos os trechos com orientação W-E, e UR-21 a UR-26, e UR-28, com orientação WSW-ENE.

A variação da classe morfodinâmica, ao longo da costa, pode ser observada na Figura 5.7. As tendências mostram aumento de dissipatividade, provavelmente como efeito do rumo residual de transporte, de UR-21 a UR-01 e de UR-22 a UR-35.



Figura 5.7: Variação de classe morfodinâmica ao longo da costa em (A). Tendências de variação ao longo da costa em (B). Para a construção do eixo Y, foram atribuídos os valores: 1=R; 2=I-R; 3=I-D e 4=D.



Figura 5.8: Praia intermediária-dissipativa (UR-01) com duna frontal incipiente de 6 m de altura (figuras A e B). Praia dissipativa (UR-08) com formação de berma (figuras C e D). Praia reflectiva (UR-11) com canaleta (figuras E e F).

# 5.2.6. Vegetação de duna frontal incipiente

Observam-se, no trecho de costa amostrado, dois grandes segmentos principais quanto à distribuição da flora em dunas frontais incipientes: o primeiro segmento abrange os pontos localizados entre Montevideo (URD-01) e a cidade de Cuchilla Alta (URD-10) e caracteriza-se, principalmente, pela presença constante de *Panicum racemosum* (P.Beauv.) Spreng e *Senecio crassiflorus* (Poir) DC, além de *Paspalum vaginatum* Sw., em 80% das observações, e de *Hydrocotyle bonariensis* Lam, em 50%. Em concentrações inferiores a 5% e em apenas um ponto de observação, encontram-se *Conyza pampeana* 

(Parodi) Cabrera, *Cakile marítima* Scop. e *Carpobrotus edulis* (L.) l. Bolus, estas duas últimas, espécies exóticas.



Figura 5.9: *Panicum racemosum* e *Senecio crassiflorus* (A); *Carpobrotus edulis* (B); *Hydrocotyle bonarensis* (C); *Conyza pampeana* (D); *Cakile marítima* (E); *Paspalum vaginatum* (F); *Spartina ciliata* (G); *Calycera crassiflorus* (H); *Calystegia soldanella* (I). Fonte: A,B,C,E,H e I são fotos feitas no campo; D foi obtido em http://www.cuencarural.com/agricultura/77072-nuevas-experiencias-en-control-de-conyza-spp/ e F em: http://www.playasdereta.com.ar/flora.html

O segundo trecho, de URD-12 a URD-35, caracteriza-se pela presença de *Spartina ciliata* em todos os pontos de coleta, com exceção de UR-17, com concentração sempre superior a 30% e média de 82,5%. Outras espécies deste segmento, na ordem decrescente de frequência de ocorrência, são: *Calycera crassiflorus*, em 40% dos pontos de descrição, com quantidade entre 5% e 30%; *Paspalum vaginatum*, em 37% das localidades, com concentração entre quantidade traço (ou seja, <5%) e 60%; *Hydrocotyle bonarensis*, em 34% das observações, com concentração entre quantidade traço e 10%; *Calystegia soldanella*, em 20% das observações, metade dos casos em quantidade traço; *Senecio crassiflorus*, em 16% das observações, variando entre 15% e 40%; e *Panicum racemosum*, presente em apenas um ponto de coleta (UR-35), em quantidade traço.

O ponto de coleta URD-17, onde a única espécie encontrada foi *Carpobrotus edulis* (L.) 1. Bolus, é exceção geral quanto à composição florística neste trecho. Esta espécie foi descrita na África do Sul (<u>http://www.tropicos.org</u>) e, provavelmente tenha sido introduzida na costa uruguaia com fins ornamentais. Esta interpretação baseia-se no fato de que o ponto URD-17 situa-se junto a um centro hoteleiro e, apenas neste local, observou-se cobertura de toda a extensão da duna por uma só espécie. Ademais, no seu outro ponto de ocorrência (URD-07), *Carpobrotus edulis* encontra-se em quantidade traço.



Figura 5.10: Distribuição espacial das espécies de vegetação pioneira em dunas frontais incipientes ao longo da costa uruguaia, de Montevideo (UR.01) e La Coronilla (UR.35). Notar distinção entre o terço oeste da costa estudada, dominado por *Panicum racemosum*, e o trecho restante, em que se destaca a presença de *Spartina ciliata*.

Em ambos os trechos, a vegetação caracteriza-se por presença importante de gramíneas responsáveis pela fixação de dunas. No primeiro trecho, onde se observaram as dunas mais altas da costa, a maior ocorrência de *Panicum racemosum*, gramínea de hastes longas e rígidas, com arranjo espaçado (item 2.4), favorece a desaceleração rápida do fluxo de vento, e assim, o empilhamento de areia. Já o segundo trecho, que abrange as praias da porção mais exterior do estuário do rio de la Plata e as da costa atlântica, caracteriza-se pela presença de *Spartina ciliata*. Esta planta, que forma hastes mais curtas, flexíveis e agrupadas, é responsável pela formação de dunas monticulares.

Costa *et al.* (1996), em estudo sobre a relação entre a distribuição da vegetação nas dunas e o nível de distúrbios que ocorrem na costa do Rio Grande do Sul, agrupou as espécies encontradas em quatro associações distintas, das quais, uma tinha o predomínio de *Panicum racemosum* e outra, de *Spartina ciliata*. Essas associações foram relacionadas com diferenças entre variantes abióticas utilizadas no estudo. A associação caracterizada por *Panicum racemosum*, quando comparada à caracterizada por *Spartina ciliata*, ocorreu em locais com maior largura da praia, areia mais fina, maior altura de duna, menor inclinação no perfil praial e ângulo de incidência de ventos mais próximos da perpendicularidade à costa, o que gera ação mais direta e, portanto, impactante, sobre a vegetação pioneira. Essas mesmas diferenças foram observadas entre os trechos estudados na costa uruguaia, caracterizados por *Panicum racemosum* (entre UR-01 e UR-10) e *Spartina ciliata* (entre UR-12 e UR-35).

Diferenças de salinidade, temperatura, umidade e gradientes de nutrientes podem explicar variações no número de espécies e composição das associações vegetais (Costa *et al.* 1996). No trecho de costa estudado, o único destes parâmetros cuja variação é bem conhecida é a salinidade e é possível que a diferença de associação florística encontrada entre os dois trechos tenha relação com esta variação. Assim, o primeiro trecho, na parte mais interior do estuário e, consequentemente menos exposto à salinidade vinda do oceano, poderia proporcionar condições mais favoráveis à fixação e desenvolvimento do *Panicum racemosum* do que o segundo trecho.

## 5.3. Granulometria

#### 5.3.1. Número de modas

Os ensaios granulométricos mostraram haver distribuição aparentemente bimodal em amostras de praia (URP-24, URP-25 e URP-26), de duna frontal (URD-24) e na quase totalidade das de rios (URR-02, URR-03, URR-05, URR-06, URR-07 e URR-08). Este fato pode estar relacionado ao aporte por mais de uma fonte. No caso dos rios, a bi ou polimodalidade explica-se pela heterogeneidade de aporte sedimentar a partir de diferentes afluentes e distintas rochas fontes, ao longo de seu curso. No caso das amostras bimodais de praia e dunas, a explicação é sua localização próximo à Laguna Garzón (UR-24) e à Laguna de Rocha (UR-25 e UR-26), as quais forneceriam um aporte granulometricamente diferenciado daquele que vem da plataforma e/ou por *by pass* litorâneo.

#### 5.3.2. Exame geral das estatísticas da distribuição

#### 5.3.2.1. Diâmetro médio

O diâmetro médio, nas amostras de praia, varia entre 2,4 $\Phi$  e -0,8  $\Phi$ , incidindo, portanto, nas classes entre areia fina e areia muito grossa. A predominância é de diâmetro médio areia média (51,4% dos casos), seguido de areia fina (28,6%), areia grossa (17,1%) e areia muito grossa, este último encontrado em apenas três pontos de coleta (8,6% dos casos), adjacentes entre si e localizados no lado atlântico da costa (URP-24, URP-25, URP-26).

Nas dunas frontais, o diâmetro médio varia analogamente entre areia fina  $(2,4 \Phi)$  e areia muito grossa (-0,8 $\Phi$ ), porém existe igualdade na proporção de casos (45,7%) de areia fina e areia média. Areia grossa foi encontrada em duas amostras (5,7%), uma na costa platense e outra na atlântica, e areia grossa em apenas uma duna (2,8%), localizada na costa atlântica. Existe assim ligeira tendência de as areias de dunas frontais apresentarem tamanhos de grão mais finos que as de praia.

#### 5.3.2.2. Desvio padrão

O desvio padrão dos sedimentos de praia varia entre 0,4  $\Phi$  e 0,9  $\Phi$ , ou seja, bem selecionados e moderadamente selecionados segundo Folk & Ward (1957) com grande concentração de casos (85,0%) na faixa entre 0,4  $\Phi$  e 0,6  $\Phi$ . Os dois maiores valores encontrados (0,8  $\Phi$  e 0,9  $\Phi$ ) correspondem a pontos situados na região a E de Punta del Este, URP-20 e URP-21.

Nas amostras de dunas frontais, o desvio padrão varia entre  $0,4\Phi e 0,7\Phi$ , entre bem selecionados e moderadamente selecionados, conforme Folk & Ward (1957), com 68,6% das amostras concentradas no intervalo de 0,4  $\Phi$  a 0,6  $\Phi$ . Os valores mínimos correspondem a pontos situados na costa platense. Os valores máximos, assim como ocorreu nas amostras de praia, correspondem à região a E de Punta del Este (URD-20).

#### 5.3.2.3. Assimetria

A assimetria nas amostras de praia varia entre -0,5 e 0,6. Conforme os critérios de Folk & Ward (1957), a maioria das amostras (26 ou 74,3%) classifica-se como aproximadamente simétrica, sendo que 17 (48,6%) pertencem à costa platense e nove (25,7%) à costa atlântica. Cinco amostras (14,3%) apresentam assimetria positiva, sendo uma na costa platense e quatro na costa atlântica, e duas amostras (5,7%) apresentam assimetria muito positiva. Assimetrias negativa e muito negativa foram encontradas em apenas uma amostra cada (2,8%), situadas no setor platense e no atlântico, respectivamente.

Dentre as amostras de dunas frontais, a assimetria apresentou valores entre -0,2 e 1,4. A exemplo do encontrado nos sedimentos de praia, 26 (74,3%) dos casos são de distribuição aproximadamente simétrica, 17 (48,6%) deles no setor platense e nove (25,7%) no setor atlântico. Apresentaram assimetria negativa cinco amostras (14,3%), duas no lado platense e três no atlântico. No lado atlântico, ocorrem ainda três amostras (8,6%) com assimetria muito positiva. Há, assim, ligeira tendência das dunas frontais em apresentarem maior número de casos e valores mais elevados de assimetrias positivas, em comparação com as praias. A assimetria positiva indica prolongamento da cauda de

finos da distribuição granulométrica, o que deve estar relacionado com a seleção exercida pelo vento, retirando frações mais finas da areia de praia.

## 5.3.3. Variação longitudinal

Os gráficos de distribuição das estatísticas granulométricas ao longo de todo o trecho de costa amostrado (Figuras 5.11 e 5.12) não evidenciam uma tendência única, regular e constante, de variação. No entanto, pôde-se identificar três setores com tendências distintas de variação destas estatísticas, confirmadas por testes de correlação linear de Pearson (r) e nível de significância (p): de UR-01 a UR-24 (setor 1), de UR-24 a UR-30 (setor 2) e de UR-30 a UR-35 (setor 3). Apesar da existência de semelhanças na tendência de variação do diâmetro médio e do desvio padrão nos setores 2 e 3, a assimetria, em cada um destes setores, mostrou comportamento oposto; optou-se então, pela análise independente desses dois trechos.



Figura 5.11: Variação das estatísticas de distribuiçao granulométrica de sedimentos de praia ao longo da costa uruguaia, de Montevideo (URP-01) a La Coronilla (URP-35).



Figura 5.12: Variação das estatísticas de distribuição granulométrica de sedimentos de dunas frontais incipientes, ao longo da costa uruguaia, de Montevideo (URD-01) a La Coronilla (URD-35).

# 5.3.3.1. Setor 1

O setor 1, entre Montevideo (UR-01) e Laguna Garzón (UR-24), apresenta tendência regional de engrossamento de diâmetro médio em sedimentos de praia (r=0,554; p=0,005) e de duna (r=0,580; p=0,005), piora de seleção, também tanto em praias (r=0,197797; p=0,2) como em dunas (r=0,362; p=0,05), e assimetria mais positiva, esta só nos sedimentos de duna (r=0,310; p=0,1).



Figura 5.13: Variação das estatísticas granulométricas ao longo no trecho situado entre UR-01 e UR-24, na costa uruguaia. Nas figuras A e B, variação no diâmetro médio, em praias e dunas; nas figuras C e D, variação no desvio padrão em praias e dunas, e nas figuras F e G, variação na assimetria, em praias e dunas.

O afinamento dos grãos, acompanhado de melhora no grau de seleção nos sedimentos de praia, rumo W (de UR-24 para UR-01) é um indício de transporte de sedimentos nesse

sentido. Já nas dunas, o padrão encontrado de UR.24 para UR.01 é o 1 de McLaren, o que fortalece, para este setor, a hipótese da tendência regional de transporte de NE para SW.

## 5.3.3.2. Setor 2

No setor 2, entre Laguna Garzón (UR-24) e o ponto situado a NE de La Pedrera (UR-30), observam-se tendências de afinamento de diâmetro médio (r=0,653, com p=0,1, em sedimentos de praia; r=0,647, com p=0,1, nos de duna), e de queda de assimetria (r=0,688, com p=0,05 nas praias; r=0,683, com p=0,05 nas dunas) e de desvio padrão, este com correlação estatística satisfatória apenas nas dunas (r=0,420, com p=0,2).


Figura 5.14: Variação das estatísticas granulométricas ao longo no trecho situado entre UR-24 e UR-30, na costa uruguaia. Nas figuras A e B, variação no diâmetro médio, em praias e dunas; nas figuras C e D, variação no desvio padrão, em praias e dunas, e nas figuras F e G, variação na assimetria, em praias e dunas.

Neste setor, a fraca correlação do desvio padrão com a distância ao longo as costa, sobretudo nas amostras de praia, não permite inferir rumo de transporte. Já nas amostras de dunas, observou-se tendência estatisticamente consistente de transporte rumo NE a partir dos resultados combinados de variação de diâmetro médio, desvio padrão e

assimetria, os quais configuram o padrão 1 de McLaren. A não verificação do mesmo padrão nas amostras de praia deve-se possivelmente à maior influência, nos seus sedimentos, do aporte de sedimentos oriundos da Laguna de Rocha, situada entre os pontos UR-25 e UR-26; é justamente neste trecho que se pode observar um "salto" nas medidas de diâmetro médio e desvio padrão, o que pode estar mascarando a tendência de transporte na região com base em granulometria.

## 5.3.3.3. Setor 3

No setor 3, entre La Pedrera (UR-30) e La Coronilla (UR-35), as tendências são de afinamento de diâmetro médio (r=0,839 e p=0,025, para praias; r=0,647 e p=0,1, para dunas), de queda de desvio padrão (r=0,682 e p=0,025, para praias; r=0,840 e p=0,025, para dunas) e de aumento de assimetria (r=0,546 e p=0,2, para praias; r=0,604 e p=0,2, para dunas).



Figura 5.15: Variação das estatísticas granulométricas ao longo no trecho situado entre UR-30 e UR-35, na costa uruguaia. Nas figuras A e B, variação no diâmetro médio, em praias e dunas; nas figuras C e D, variação no desvio padrão, em praias e dunas, e nas figuras F e G, variação na assimetria, em praias e dunas.

Neste setor, o mesmo comportamento foi observado nas amostras de praias e dunas. A tendência de afinamento e de melhora na seleção indica transporte para NE, porém sem configurar padrão de McLaren.

## 5.4. Minerais pesados

#### 5.4.1. Teores

Nas amostras de praia, a concentração em massa de minerais pesados na fração areia fina varia entre 0,04% e 39,20%. A grande maioria das amostras (85,7%) apresenta concentrações inferiores a 1,00%, sendo exceções os pontos URP-11 (2,09%), URP-12 (10,91%), URP-15 (39,20%), URP-28 (1,33%) e URP-35 (6,18%). O teor médio de minerais pesados para o total das amostras de praia é de 1,95% (Figura 5.16).



Figura 5.16: Variação ao longo da costa uruguaia, de Montevideo a La Coronilla (URP-35), da concentração em massa de minerais pesados na fração areia fina de amostras de praia.

Para as areias de dunas frontais, as concentrações de minerais pesados variam entre 0,08% e 18,66%. Em 57,1% delas, a concentração é menor que 1,00%. Especialmente altas foram as concentrações de pesados nas amostras URD-08 (18,70%), URD-12 (28,30%)

e URD-18 (10,70%). O teor médio de minerais pesados do conjunto total de amostras de dunas é de 2,65% (Figura 5.17). Os teores acima da média estão principalmente na metade oeste do trecho de costa estudado.



Figura 5.17: Variação, ao longo da costa uruguaia, de Montevideo a La Coronilla (URP-35), da concentração em massa de minerais pesados na fração areia fina de amostras de dunas frontais incipientes.

Quando comparados os teores de minerais pesados nas amostras pareadas (praia/duna), observa-se como regra (82,3% dos casos) maior concentração nas dunas. As exceções encontram-se em UR-05, UR-06, UR-11, UR-15, UR-27 e UR-35. O maior teor de pesados nas dunas em relação às praias verifica-se também na comparação das médias dos dois conjuntos de amostras (2,65% x 1,95%). Este resultado poderia ser atribuído a presença de fácies deflacionares nas dunas amostradas, mas esta hipótese é contrariada pelos dados de campo, bem como pela observação de tamanhos médios de grão menores nas dunas. A hipótese alternativa é que o ligeiro afinamento da granulometria das dunas, em comparação com as praias, seja o suficiente para deslocar a moda da distribuição granulométrica de minerais pesados para dentro da classe textural analisada mineralogicamente (areia fina).

As amostras de rios apresentam concentrações em massa de minerais pesados variáveis entre 0,15% e 3,85%. A média para os oito rios amostrados é de 1,57%. Para o lado platense, a média encontrada é de 1,74%, enquanto que o único rio amostrado pertencente à costa atlântica possui concentração mais baixa, 0,40%.

A alta concentração de minerais pesados nas amostras UR-11 e UR-12 pareceria, à primeira vista, estar relacionada à proximidade desses pontos com o rio Jaurreguiberry (URR-06) e com um segundo rio, de menores dimensões, que desemboca poucas centenas de metros a E de UR-12. No entanto, uma análise mais atenta permite descartar essa hipótese, já que a quantidade destes minerais em URR-06 (0,32%) não seria suficiente para elevar a sua concentração nos dois pontos de amostragem do sistema praia-duna. Não foram coletadas amostras do riacho a E de UR-12, mas também considerou-se inviável a hipótese de elevação de minerais pesados em UR-12 por aporte a partir desse rio, dadas as suas pequenas dimensões. Porém, afloram no local, rochas de idade arqueozóica, constituídas por gnaisses, xistos, migmatitos (incluídos granitos e suas diferenciações), e também de idade proterozóica, compostas por xistos, quartzitos, filitos e mármores (Preciozzi & Vargas, 1985), o que poderia explicar a variação abrupta na composição das amostras.

Analogamente, a grande concentração de minerais pesados em UR-15 parece ser de origem local, visto que não há, nas proximidades, nenhuma drenagem que pudesse contribuir para essa elevação. Ademais, afloram, também, neste ponto, as rochas arqueozoicas já referidas. A grande concentração de minerais pesados (10,7%), em UR-18, poderia ter como fonte direta o material proveniente da Laguna del Diario.

Também em URP-35 o pico na quantidade de minerais pesados pode resultar da influência de um pontão rochoso, onde afloram as rochas arqueozóicas já encontradas em outras localidades da costa com concentração elevada de pesados.

O lado platense da costa apresentou maiores concentrações de minerais pesados quando comparado com o lado atlântico. Essa tendência foi observada em amostras de praias, dunas e rios.

#### 5.4.2. Assembleia mineralógica

Os principais minerais pesados transparentes encontrados (apêndices 1 e 2), por ordem de abundância média decrescente foram: epídoto (teor médio de 18,49%; presente em 100% das praias e dunas), turmalina (teor médio de 13,29%; presente em 100% de praias e dunas), estaurolita (teor médio de 10,76%; presente em 97,1% das praias e em 100% das dunas), granada (teor médio de 10,75%; presente em 97,1% das praias e 100% das dunas), hornblenda (teor médio de 7,99%; presente em 100,00% das praias e em 97,1% das dunas), cianita (teor médio de 5,40%; presente em 100% das praias e dunas), zircão (teor médio de 3,08%; presente em 77,1% das amostras de praia e em 100% das dunas), sillimanita (teor médio de 2,75%; presente em 91,4% das praias e em 97,1% das dunas) e augita (teor médio de 1,22%; presente em 60% das praias e em 97,1% das dunas). Com concentrações médias inferiores a 1%, ocorrem: rutilo (0,71%), andalusita (0,54%), apatita (0,52%), tremolita (0,02%), diopsídio (0,02%) e anatásio (0,01%).

#### 5.4.3. Variação longitudinal

Observou-se importante variação na distribuição média de certos minerais entre os lados platense e atlântico da costa e entre os setores (1, 2 e 3) determinados anteriormente através das tendências de distribuição granulométrica. Destaca-se o incremento nas quantidades relativas de epídoto (nas praias) e granada, rumo NE, em detrimento das concentrações de estaurolita, sillimanita e hornblenda (Tabela 5.2, figuras 5.18 e 5.19).



Figura 5.18: Variação longitudinal, em sedimentos de praia, dos minerais pesados com maior ocorrência em número de arcos praias.



Figura 5.19: Variação longitudinal, em sedimentos de dunas frontais incipientes, dos minerais pesados com maior ocorrência em número de arcos praiais.

Destaca-se ainda, na comparação entre os setores 1, 2 e 3, quantidades médias inferiores de estaurolita no setor 2, em praias e dunas, e no setor 3, em praias. Há que se levar em conta ainda, no setor 2, as grandes quantidades de granada e, em contrapartida, as pequenas quantidades de hornblenda.

Tabela 5.2: Frequência média de contagem de minerais não micáceos em praias e dunas, no lado platense e atlântico, e nos três setores estabelecidos através das tendências de variação das estatísticas granulométricas ao longo da costa uruguaia (UR-01 a UR-24; UR-24 a UR-30 e UR-30 a UR-35), também em praias e dunas.

Frequência média de contagem de minerais pesados não micáceos (%)												
Facies/setor	Zircão	Turmalina	Estaurolita	Epídoto	Cianita	Sillimanita	Granada	Hornblenda	Augita			
Praia/total	3,4	13,0	9,6	17,6	6,5	3,7	8,6	10,2	1,1			
Praia/platense	3,9	12,9	10,9	13,0	6,8	3,1	5,8	9,9	1,0			
Praia/atlântica	2,9	12,7	8,1	23,1	6,1	4,5	12,1	10,6	1,1			
Duna/total	2,2	14,0	12,1	19,3	4,4	2,2	12,9	6,6	1,6			
Duna/platense	2,8	12,7	15,2	20,5	3,8	2,1	7,4	5,9	2,1			
Duna/atlântica	1,4	15,5	8,4	17,8	5,1	2,3	19,5	7,4	1,1			
Praia/Setor 1	3,4	12,1	10,4	14,6	6,3	1,4	7,3	12,7	1,2			
Duna/Setor1	2,8	12,5	13,2	18,9	4,3	2,2	10,7	6,1	2,2			
Praia/Setor 2	3,0	13,4	9,8	20,8	6,3	3,2	15,3	4,6	0,9			
Duna/Setor 2	1,4	14,0	7,1	19,5	4,8	2,5	21,9	3,4	0,3			
Praia/Setor 3	2,7	14,7	8,0	29,4	7,4	4,3	7,6	6,1	0,9			
Duna/Setor 3	2,8	12,5	13,2	18,9	4,3	2,2	10,7	6,1	2,2			

## 5.4.3.1. TZi

Com base no comportamento do índice TZI, a costa estudada pode ser dividida em quatro trechos (Figura 5.19.B): URP-01 a URP-15, com tendência de decréscimo (r=0,56; p=0,025); URP-15 a URP-22, com tendência de aumento (0,632; p=0,05); e URP-22 a URP-26 e URP-26 a URP-35, com tendências de decréscimo (r=0,472) e de aumento (r=0,123), respectivamente, porém a valores de p acima de 0,2.

O decréscimo de TZi no primeiro trecho indica transporte seletivo preferencial do componente menos denso para W e portanto deriva longitudinal nesse sentido. O pico

negativo secundário em URP-12 poderia estar relacionado a um provável aporte diferencial localizado, neste ponto, onde aflora o embasamento cristalino.

Dentro do segundo trecho, de URP-15 a URP-22, ocorre um pico positivo de TZi em UR-18. Além do afloramento das rochas do embasamento, existentes nesse ponto, este pico pode ser atribuído à influência do aporte a partir da Laguna del Sauce, localizada a N de UR-17.

No terceiro segmento, não se obtiveram estatísticas satisfatórias, o que poderia ser explicado pelo aporte de sedimentos mais imaturos para a praia, a partir da Laguna Garzón, entre UR-23 e UR-24, e da Laguna de Rocha, entre UR-25 e UR-26. Do mesmo modo, no quarto segmento, a falta de tendência contínua de variação estaria relacionada com a localização dos pontos UR-31 e UR-32 próximos à laguna de Castillos, que é conectada ao oceano pelo Arroyo Valizas. Não pode ser descartada, apesar da inexistência de correlação estatisticamente satisfatória, a hipótese de transporte para NE.



Figura 5.20: Variação do índice TZi em praias, ao longo da costa uruguaia (A) e tendências de variação deste índice (B).

A partir do Índice TZI das amostras de dunas, estabeleceram-se dois trechos (Figura 5.20.B) com tendências distintas de variação para leste: decréscimo, entre URD-01 e URD-12 (r = 0.38; p=0.2), e aumento entre URD-12 e URD-35 (r = 0.50; p=0.01).



Figura 5.21: Variação do índice TZi em dunas, ao longo da costa uruguaia (A) e tendências de variação deste índice (B).

#### 5.4.3.2. GSi

Nas praias, o índice GSi possibilitou estabelecerem-se quatro setores distintos (Figura 5.21.B). O primeiro, entre URP-01 e URP-15, apresenta tendência de aumento (r=0,71; p=0,005); o segundo, entre URP-15 e URP-20, de decréscimo (r=0,83; p=0,025); no terceiro, entre URP-20 e URP-28, novamente o índice tende a aumentar (r=0,70; p=0,025); e, no último setor, entre URP-28 e URP-35, não existe variação linear contínua.

Considerado o índice GSi como indicador inverso de transporte sedimentar, haja vista a maior densidade e equidimensionalidade de granada em comparação com sillimanita, sua variação regional indicaria transporte litorâneo para SW, entre UR-01 e UR-15, e para NE, entre UR-15 e UR-20. Entre URP-20 e URP-28, embora a tendência de variação regional pudesse indicar deriva rumo SW, as "quebras" de tendência observadas nas amostras URP-22, URP-24, URP-26 (Figura 5.21.B), ou seja, o aumento da quantidade relativa de granada, sugerem que o resultado é influenciado pelo aporte de material proveniente das lagunas, hipótese reforçada pela distribuição bimodal em URP-24, URP-25 e URP-26 e pela presença de granada rosada, além da incolor, apenas nesse trecho.

Os menores valores de índice GSi foram observados no setor 1: 0 para praias e 40% para dunas. Os maiores valores pertencem a amostras do setor 2 e atingem 100% em praias e dunas.



Figura 5.22: Variação do índice GSi em praias, ao longo da costa uruguaia (A) e tendências de variação deste índice (B).

Nas dunas frontais, a variação do índice GSi apresentou tendência mais ou menos contínua de aumento ao longo de todo o trecho de costa estudado (r=0,41; p=0,01).



Figura 5.23: Variação do índice GSi em praias, ao longo da costa uruguaia (A) e tendências de variação deste índice (B).

Nas dunas, a tendência de aumento rumo E ao longo do trecho de costa estudado reflete aparentemente apenas a maior influência de fontes ricas em granada na costa platense. A compartimentação em setores deixa de ser clara, provavelmente mascarada pela seleção aerodinâmica de minerais de diferentes densidades, no transporte da praia à duna.

#### 5.4.3.3. GCi

A variação espacial do índice GCi em sedimentos de praia apresenta tendência estatisticamente aceitável em três setores da costa: aumento entre URP-01 e URP-15 (r=0,76; p=0,005), decréscimo entre URP-15 e URP-20 (r=0,83; p=0,025) e novamente incremento entre URP-20 e URP-28 (r=0,3922; p=0,2). O último trecho a NE, entre URP-28 e URP-35, apresenta decréscimo, porém sem significância estatística (r=0,1067; p>0,4) (Figura 5.24.B).

Os três primeiros segmentos são idênticos aos delimitados com base no índice GSi e apresentam também as mesmas tendências de variação. A semelhança de comportamento entre estes dois índices explica-se pelas características hidráulicas similares da sillimanita e da cianita.



Figura 5.24: Variação do índice GCi em praias, ao longo da costa uruguaia (A) e tendências de variação deste índice (B).

Nas dunas frontais, a variação de GCi permite estabelecer três setores distintos (Figura 5.24.B), com tendências definidas, correlacionáveis às encontradas nos sedimentos de praia. Assim, o índice aumenta entre URP-01 e URP-08 (r=0,70; p=0,025), diminui entre URP-08 e URP-20 (r=0,30; p=0,2) e volta a crescer entre URP-20 e URP-25 (r=0,70; p=0,05). No trecho de URP-26 a URP-35, a tendência linear de diminuição para NE não apresentou coeficiente de correlação aceitável.



Figura 5.25: Variação do índice GCi em dunas, ao longo da costa uruguaia (A) e tendências de variação deste índice (B).

## 6. Discussão: rumos da deriva litorânea

## 6.1. Integração dos parâmetros analisados

A análise conjunta das tendências de rumo de transporte inferidas a partir de cada um dos parâmetros estudados no item 5 (Quadro 6.1) permitiu observar que, as indicações de deriva, por cada um destes parâmetros, em escala regional, nem sempre são coincidentes entre si. Quando se compara o rumo de deriva longitudinal indicado pela assimetria de arcos log-espirais e desembocaduras de arroios e lagunas, considerado o mais confiável (Jacobsen & Schwartz, 1985), com os rumos indicados por demais parâmetros utilizados neste trabalho, existe coerência completa entre todos eles, no trecho entre os pontos UR-01 e UR-09. Entre UR-09 e UR-13, o rumo indicado pela geometria da linha de costa é contrariado pelos parâmetros largura de praia e ângulo de berma; em UR-13 e UR-14, pelo ângulo de berma; entre UR-15 e UR-17, pelo ângulo de berma e os índices mineralógicos (TZi, GSi, GCi); e, de UR-18 até UR-20, além deles, pelo ângulo de face praial e a altura de quebra de onda. A partir de UR-20 até UR-24, a tendência de transporte indicada pelos índices mineralógicos volta a coincidir com a dos indicadores geomórficos. Em UR-25 e UR-26, não são coincidentes com os rumos deduzidos a partir dos indicadores geomórficos os indicados por ângulos de pós-praia, largura de praia e índices mineralógicos; e, nos pontos UR-27 e UR-28, os indicados por largura de praia e índice TZi. A partir de UR-29 até UR-35, o único parâmetro que difere dos demais é a largura de praia.

5			•			•		•	•		
UR-3	*	-1-	.1.	.1.	.1.	-1-	.1.	.1.	-1-		-1-
UR-34	→	<b></b>	1	1	1	←	<b></b>	1	<b>^</b>	'	<b>^</b>
UR-33	*	1	1	1	1	1	1	1	1	'	1
UR-32	+	1	1	1	1	1	1	↑	1	'	<b>^</b>
UR-31	*	1	↑	↑	1	1	1	↑	1	•	<b>^</b>
UR-30	+	↑	≁	≁	1	↑	1	≁	1	•	1
UR-29	+	1	1	1	↑	÷	•	1	1	•	4
UR-28	<b>→</b>	4	4	1	1	4	•	1	<b>←→</b>	•	4
UR-27	+	4	4	1	1	÷	•	4	+	•	4
UR-26	+	↑	≁	≁	\$	↑	•	\$	+	+	4
UR-25	<b>→</b>	÷	÷	1	+	÷	•	+	+	+	4
UR-24	+	\$	↑	↑	4	↑	↓	≁	+	+	<b>←→</b>
UR-23	4	+	1	1	+	1	¥	¥	4	+	4
UR-22	+	+	1	1	+	1	+	*	+	+	+
UR-21	+	+	≁	≁	+	↑	+	≁	+	+	+
UR-20	→	→	4	4	≁	4	¥	4	→←	≯	+
UR-19	+	+	1	≁	+	4	+	1	4	1	+
UR-18	4	¥	\$	≁	¥	1	¥	≁	1	≁	4
UR-17	4	¥	≁	≁	≁	1	¥	≁	4	≁	4
UR-16	4	4	¥	≁	4	4	4	≁	4	≁	4
UR-15	→	→	¥	4	≁	→	¥	4	€	1	+
UR-14	+	4	4	≁	4	+	+	\$	<b>←</b>	\$	+
UR-13	→←	¥	¥	≁	≁	→	¥	¥	+	≁	+
UR-12	≁	+	4	≁	4	4	+	4	4	4	+
UR-11	↑	+	≁	≁	+	+	+	≁	+	+	+
UR-10	÷	→	¥	\$	4	÷	¥	¥	<b>→</b>	4	+
UR-09	\$	+	+	≁	•	+	+	•	+	•	+
UR-08	+	+	≁	+	+	+	+	≁	+	+	+
UR-07	+	+	≁	≁	•	+	+	≁	*	•	+
UR-06	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
UR-05	+	+	+	+	4	+	+	+	4	4	+
UR-04	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
UR-03	+	+	+	+	+	+	+	+	4	+	4
UR-02	+	+	4	≁	4	+	+	4	+	4	+
UR-01	*	+	≁	≁	+	+	≁	≁	+	+	+
_	Largura de Praia	Altura de duna	Ângulo de face praial	Ângulo de berma	Ângulo de pós-praia	Altura de quebra de onda	Granulometria-desvio	Tzi	GSi	90	G eomorfologia

## 6.2. Setorização da costa

Obtiveram-se dois segmentos principais, ao longo da costa, com padrões distintos de transporte sedimentar, com variações locais. O primeiro, entre URP-01 e URP-24 apresenta evidências de transporte preferencial para SW; no segundo, localizado entre e de UR-24 a UR-35, o transporte é para NE. Todos os resultados obtidos foram utilizados na inferência desses rumos, no entanto, privilegiaram-se, nesta ordem, as características geomorfológicas, os dados granulométricos e os mineralógicos. O sentido de deriva longitudinal indicado por cada parâmetro analisado, entre todos os pontos adjacentes, encontram-se resumidos nas tabelas 6.1 e 6.2.

# 6.3. Primeiro segmento: entre UR-01 e UR-24

Tabela 6.1: Sentido de deriva litorânea longitudinal indicado pelos parâmetros granulométricos, mineralógicos e geomorfológicos, entre pontos de amostragem adjacentes, de UR-01 a UR-24.

Código da amostra	Diâmetro	Desvio	Assimetria	Curtose	Padrão de Mc Laren	Sentido de transporte	Tzi	Sentido de transporte	Gsi	Sentido de transporte	Gci	Sentido de transporte	Geomorfologia
URP-01	1,77	0,56	0,10	2,47			100,0		33,3		8,0		
					2	↑		↑		↓		↓	1
URP-02	2,17	0,56	0,03	2,47			70,8		20,0		5,3		
					-	↑		↑		1		1	1
URP-03	1,91	0,61	-0,07	2,59			76,0		60,0		25,0		
	4.00	0.50	0.07	0.05	2	Ļ	00.0	+		Ļ		<b></b>	Ļ
URP-04	1,88	0,53	-0,07	2,65			93,3	•	0,0	•	0,0	•	
	1.00	0.51	0.04	2.61	-	Ļ	60.6		50.0		25.0		-
0147-05	1,30	0,01	0,04	2,01	1	<b>↑</b>	03,0	1	50,0	↑.	20,0	↑	↑.
URP-06	0.34	0.68	0.56	3.51			84.2	+	87.5		58.3		
	-,	-,	-,	-,	1	.l.	<b>•</b> .,=		,-	↑		↑	
URP-07	2,01	0,46	0,07	2,59		*	69.2		44,4		57,1		
		-		-	1	Ļ		↓				↓	↓
URP-08	2,08	0,45	0,07	2,59			84,0		60,9		53,9		
					-	↓		↓		↓		↓	
URP-09	1,96	0,42	0,04	2,66			90,2		23,5		13,8		1
					1	↑		↑		↑		↑	
URP-10	1,89	0,48	0,05	2,64			90,0		70,0		31,8		
	4 = 0				-	↓		↑		↑		↑	1
URP-11	1,79	0,41	0,02	2,74		•	76,2	•	92,9	1	70,3	•	
	1 79	0.46	0.02	2.69	-	T	36.0		99.0	Ļ	94.2		-
011-12	1,70	0,40	0,02	2,00	_	1	30,0	1	00,3	1	04,2	1	↑
URP-13	1 89	0.38	0.05	2 71		¥	79.4	÷	66.7	÷	50.0	¥	
0.0 20	.,00	0,00	0,00	_,	-	↑	, .	↑		↑	00,0	↑	
URP-14	1,59	0,42	0,01	2,67			66,7	-	71,4		62,5		
					-	↓		↑		↑			
URP-15	2,10	0,40	0,02	2,71			14,3		100,0		88,0		↑
					-	↑		↓		↓		↓	
URP-16	1,54	0,53	-0,06	2,66			85,7		50,0		80,0		
				0.74	-	↓		Ļ	10.0	Ļ		Ļ	Ļ
URP-17	2,03	0,38	0,02	2,71	4		95,0		40,0		28,6		
	0.17	0.71	0.21	2.20	1	T	100.0	+	60.0	T	75.0	1	
UKF-10	0,17	0,71	0,31	2,39	1	1	100,0	^	00,0	1	73,0	1	1
I IRD-19	1.63	0.56	0.10	2 50		+	85.7		22.2	+	16.7	+	+
010 15	1,00	0,00	0,10	2,00	-	↑ (	00,1	1		1	10,1	=	
URP-20	1,45	0,81	-0,51	2,84			88.9	*	15,8	×	16,7		
					1			$\downarrow$		↑		↑	1
URP-21	0,64	0,90	0,14	2,31			94,7		50,0		64,7		
					-	Ļ		Ļ		↑		↑	↑ (
URP-22	0,56	0,64	0,05	2,50			100,0		85,7		92,3		
					-	Ļ		↑		Ļ		Ļ	
URP-23	1,48	0,49	0,01	2,62			53,3		61,1		73,3		
					2	Ļ	407.7	Ļ	407.7	1	a= -	1	1
URP-24	-0.81	0,48	0,52	3,23	1	1	100,0		100,0		87.5		

A presença de uma sucessão de barreiras artificiais construídas entre UR-02 e UR-04, as quais retêm o sedimento proveniente de ESE, auxilia na constatação no sentido de deriva, neste segmento, para WNW (Figuras 6.1 e 6.2).



Figura 6.1: Indicação do sentido de transporte de sedimentos entre os pontos URP-03 e URP-04, em Villa Argentina. Note-se que as barreiras, dispostas perpendicularmente à linha de costa, retêm o sedimento provenientes de ESE. Fonte da imagem: *Google Earth*.



Figura 6.2: Barreira artificial perpendicular à costa entre UR-03 e UR-04, praia de Villa Argentina, com rumo de deriva para WNW (seta amarela).

A configuração da foz dos arroios Solis Chico (próximo a UR-05), amostrado no ponto URR-02, e Sarandi (próximo a UR-06), desviados em ângulo de quase 90° para WSW e W, respectivamente, é sugestiva de transporte longitudinal nestes rumos, o que se confirma pelo padrão, 1 de McLaren, de variação das estatísticas granulométricas de praia e dunas frontais, e pela redução dos índices GSi e GCi, na praia, e incremento de TZi, nas dunas frontais. Esta interpretação é reforçada pela retenção de sedimentos no lado leste das barreiras artificiais existentes entre estes dois pontos (Figura 6.3).



Figura 6.3: Indicação do sentido de transporte de sedimentos entre os arroios Solis Chico e Sarandi, pontos URP-05 e URP-06. Fonte da imagem: *Google Earth*.

Nos sedimentos de praia, entre os pontos UR-07 e UR-08, o registro de padrão 1 de McLaren & Bowles (1985) e de aumento de índice TZi, sentido E, indicam transporte neste rumo, o que é corroborado pela deflexão, nesse sentido, do pequeno arroio localizado entre esses dois pontos. No entanto, estes índicios mostraram-se bastante frágeis, devido às pequenas dimensões desse arroio e a maneira como ocorre sua deflexão (antes do ponto em que ele encontra a faixa de areia). Por outro lado, a presença de sedimento retido na margem leste do arroio El Bagre, o de maior porte nesta área, situado a E de UR-08, e a curva pronunciada de sua desembocadura para W, indicam transporte em rumo oposto (Figura 6.4).



Figura 6.4: Indicação do sentido de transporte de sedimentos entre os pontos URP-07 e URP-08 e a E do arroio El Bagre. Fonte da imagem: *Google Earth*.

A orientação da desembocadura do arroio La Tuna, próximo ao ponto UR-09, associada à presença de esporão arenoso na sua margem esquerda e ao aumento da largura para NW da praia a E da foz, indicam deriva longitudinal para W (Figura 6.5).



Figura 6.5: Indicação do sentido de transporte de sedimentos junto ao arroio La Tuna, região do ponto UR.09. Fonte da imagem: *Google Earth*.

Os resultados granulométricos nos sedimentos de praia dos pontos UR-10 e UR-11 indicam transporte para ENE. Os índices mineralógicos, entretanto, mostram o contrário,

o que se confirma pela deflexão para WNW do arroio Solis Grande, situado a aproximadamente 500m a E de UR-11 (Figura 6.6).



Figura 6.6: Indicação do sentido de transporte de sedimentos entre os pontos URP-10 e URP-11, a W do arroio Solis Grande. Fonte da imagem: *Google Earth*.

Na região do arroio Pan de Azúcar, o aumento da largura da praia e o desvio da desembocadura deste arroio, perto do ponto UR-12 (não amostrado), para W, evidenciam rumo de transporte neste rumo (Figura 6.7).



Figura 6.7: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento junto a arroio Pan de Azúcar, onde se situa URP-12. Fonte da imagem: *Google Earth*.

No arco de praia Hermosa, ao qual pertence UR-13, o rumo de transporte é evidenciado pelo aumento da largura da faixa arenosa, sentido NW (Figura 6.8).



Figura 6.8: Indicação do sentido de transporte de sedimentos na praia Hermosa, onde se situa URP-13. Fonte da imagem: *Google Earth*.

Em Piriápolis (UR.14), molhes transversais à praia retêm o sedimento que vem de SE, o que evidencia sentido de transporte para NW (Figura 6.9).



Figura 6.9: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento onde se situa URP-14, junto a Piriápolis. Fonte da imagem: *Google Earth*.

No segmento de praia de UR-15, o aumento da largura da faixa de areia para WNW, observado em imagem de satélite, permite inferir transporte litorâneo nesse sentido (Figura 6.10)



Figura 6.10: Indicação do sentido de transporte de sedimentos na praia San Francisco, onde se situa URP-15. Fonte da imagem: *Google Earth*.

No arco praial entre Santa Mônica e José Ignacio, a deflexão da desembocadura da laguna Jose Ignácio e a forma de espiral logarítmica da praia, com concavidade a E, indica transporte para SW (Figura 6.11).



Figura 6.11: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento entre Santa Mónica e José Inácio, onde se situa URP-22. Fonte da imagem: *Google Earth*.

Entre os pontos UR-23 e UR-24, a deflexão da desembocadura da Laguna Garzón indica rumo SW (Figura 6.12).



Figura 6.12: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento entre os pontos URP-23 e URP-24, adjacente à laguna Garzón. Fonte da imagem: *Google Earth*.

Em suma, de URP-01 a URP-24, a tendência de grãos mais grossos e pior selecionados nesse rumo, juntamente com as caraterísticas geomorfológicas da área, ou seja, a ocorrência de arcos de praia em forma de espiral logarítmica "desenrolando-se" para SW e a deflexão observada nas desembocaduras dos rios e riachos, preferencialmente para W, leva à interpretação de que haja uma célula de deriva litorânea regional neste trecho. A variação de parâmetros como largura de praia e altura de dunas, que sofrem decréscimo ao longo desse segmento, de URP.01 para URP.24, fortalece essa hipótese. A proveniência das ondas, que vêm preferencialmente de SSE, conforme medidas tomadas nas estações de Montoya e Parque del Plata (Quadro 2.1), combinada com a direção geral da linha de costa, a qual varia entre WSW-ENE, de UR-01 a UR-10, WSW-ENE a SSE-NNW, de UR-10 a UR-19 e SW-NE, entre UR-19 a UR-24, é coerente com esse rumo interpretado de transporte.

## 6.4. Segundo segmento: entre UR-24 e UR-35

Entre UR-24 e UR-35, a deriva litorânea longitudinal determinada é para NE, conforme verificado, principalmente, através da geomorfologia da área, e, secundariamente, através da variação sedimentológica e mineralógica. Neste trecho, o aporte sedimentar a partir das lagunas dificulta a interpretação através da análise dos sedimentos de praia-duna.

Código da amostra	Diâmetro	Desvio	Assimetria	Curtose	Padrão de McLaren	Sentido de transporte	Tzi	Sentido de transporte	Gsi	Sentido de transporte	Gci	Sentido de transporte	Geomorfologia
URP-24	-0,81	0,48	0,52	3,23			100,0		100,0		87,5		
					1	$\downarrow$		$\uparrow$		$\downarrow$		$\downarrow$	-
URP-25	-0,28	0,45	0,45	3,34			96,0		66,7		42,1		
					-	$\uparrow$		$\uparrow$		$\uparrow$		$\uparrow$	$\downarrow$
URP-26	-0,74	0,61	0,38	2,79			35,9		90,9		93,8		
					1	$\downarrow$		$\downarrow$		$\downarrow$		$\downarrow$	$\downarrow$
URP-27	2,39	0,42	0,03	2,63			100,0		72,7		50,0		
					1	$\uparrow$		$\uparrow$		$\uparrow$		$\uparrow$	$\downarrow$
URP-28	0,11	0,52	0,26	2,92			89,5		98,5		94,3		
					1	$\downarrow$						$\downarrow$	$\downarrow$
URP-29	2,00	0,42	0,14	3,23			97,6		33,3		26,3		
					-	$\uparrow$		$\downarrow$		$\uparrow$		$\uparrow$	$\downarrow$
URP-30	1,57	0,47	0,02	2,62			100,0		44,4		30,8		
					1	$\downarrow$		=		$\uparrow$		$\uparrow$	$\downarrow$
URP-31	1,72	0,43	0,00	2,73			100,0		64,3		52,9		
					-	$\uparrow$		$\uparrow$		$\uparrow$		$\uparrow$	$\downarrow$
URP-32	2,28	0,46	0,03	2,62			43,3		88,9		80,0		
					-	$\downarrow$		$\downarrow$		$\checkmark$		$\downarrow$	$\downarrow$
URP-33	2,14	0,42	0,02	2,68			86,4		38,5		33,3		
					-	$\uparrow$		$\downarrow$		$\uparrow$		$\uparrow$	$\downarrow$
URP-34	2,32	0,43	0,02	2,70			100,0		57,9		40,7		
					-	$\downarrow$		$\uparrow$		$\uparrow$		$\uparrow$	$\downarrow$
URP-35	2.17	0,42	0,03	2,70			89.3		71.4		52.6		

Tabela 6.2: Sentido de deriva indicado pelos parâmetros granulométricos, mineralógicos e geomorfológicos, entre pontos de amostragem adjacentes, de UR-24 a UR-35

Entre os pontos UR-24 e UR-25, os resultados sedimentológicos indicaram, em sua maioria, transporte para NE, resultado discutível por tratar-se de uma comparação entre apenas dois pontos; no entanto, a desembocadura da laguna de Rocha, logo a N de UR-25, sofre deflexão nesse rumo, o que, de certa forma, confirma o resultado obtido com a análise de sedimentos.

Entre os pontos UR-25 e UR-26, as estatísticas granulométricas e os índices TZi, GSi e GCi apontaram deriva para SW. No entanto, a variação dos índices GSi e GCi, neste lado da costa, torna-se de difícil interpretação, visto que a fonte de granada é incerta. Ademais, as amostras possuem distribuição bimodal, confirmando que há aporte sedimentar a partir da laguna de Rocha, localizada entre esses dois pontos, o que pode estar interferindo nos resultados sedimentológicos obtidos no sistema praia-duna. No entanto, a desembocadura dessa laguna sofre deflexão para NE (Figura 6.13), o que permite inferir, ao menos localmente, deriva litorânea neste sentido.



Figura 6.13: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento adjacente à laguna de Rocha, entre URP-25 e URP-26. Fonte da imagem: *Google Earth*.

Entre os pontos UR-27 e UR-28, a variação granulométrica e mineralógica aponta deriva para SW; no entanto, a configuração da praia em log-espiral abre-se apontando deriva para NE (Figura 6.14).



Figura 6.14: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento entre os pontos URP-27 e URP-28, de La Paloma a La Pedrera. Fonte da imagem: *Google Earth.* 

Entre UR-32 e UR-33, os dados sedimentológicos de dunas e praias, em sua totalidade, confirmam transporte regional para NE. O formato de praia em log-espiral, abrindo-se para NE, confirma esta interpretação (Figura 6.17).



Figura 6.15: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento entre os pontos URP-32 e URP-33, a NE da laguna de Castillos. Fonte da imagem: *Google Earth*.

Nos quatro arcos praiais a NE de Punta del Diablo, a assimetria do formato log-espiral e a variação de largura da faixa arenosa também indicam deriva litorânea longitudinal para NE (Figura 6.18).



Figura 6.16: Indicação do sentido de transporte de sedimentos nos arcos praias a NE de Punta del Diablo. Fonte da imagem: *Google Earth*.

O aumento de largura da praia rumo NE, no arco onde se situa o ponto UR-34, e o maior desenvolvimento do campo de dunas livres na extremidade nordeste deste arco evidenciam transporte litorâneo longitudinal neste rumo (Figura 6.19).



Figura 6.17: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento onde se situa o ponto UR-34. Fonte da imagem: *Google Earth*.

Na praia de La Coronilla (UR-35), a largura da faixa arenosa e o desenvolvimento de depósitos eólicos, observados através de imagem de satélite, aumentam para NE, indício de deriva longitudinal nesse rumo (Figura 6.20).



Figura 6.18: Indicação do sentido de transporte de sedimentos no segmento onde se situa o ponto UR-35, em La Coronilla. Fonte da imagem: *Google Earth*.

O padrão de circulação costeira aqui deduzido assemelha-se, em grande parte, ao que foi inferido por Panario (2006), a partir de dados de ondas de *swell*. Para esse autor, entre Montevideo (UR-01) e La Paloma (UR-26), o transporte se daria para SW; entre La Paloma (UR-26) e La Pedrera (UR-28), para NE; a partir de La Pedrera (UR-28) até Cabo Polonio (pouco a NE de UR-31), para SW; e desde esse ponto até o limite com o Brasil, para NE. Já os resultados encontrados neste trabalho determinaram, preferencialmente, deriva SW entre UR-01 e UR-24, e para NE a partir daí, até a fronteira com o Brasil (Figura 7.1).

Os resultados obtidos neste estudo confirmam também, em parte, o padrão de dispersão de sedimentos na costa uruguaia inferido por MTOP-PNUD (1979) *apud* Ecoplata (1999), e que pode ser resumido do seguinte modo: transporte líquido para W, entre Colónia, o

departamento localizado mais a W, no Uruguay, e Punta del Este (UR-19); aparente equilíbrio, mas com deriva residual para SW, no trecho entre Punta del Este (UR-19) e Cabo de Santa María (UR-26); e transporte líquido para NE, no resto da costa. Ainda de acordo com esse trabalho, variações locais, com tendências bastante definidas, podem não coincidir com a deriva regional residual.

A dispersão de sedimentos ao longo da costa é um processo dependente da interação de fatores que se condicionam mutuamente, como energia e direção de ondas, topografia de fundo e direção geral da linha costeira. O fator preponderante na deriva litorânea, no Uruguay, são as ondulações (*swells*) de S a SE provenientes do cinturão de baixas pressões subpolar. Sua atuação em águas profundas, aliada à refração sobre a plataforma continental, juntamente com as ondas geradas por ventos próximos à costa, ocasionam uma frente de ondas que atinge a costa em ângulo médio superior a 30° (MTOP-PNUD 1979 *apud* Ecoplata, 1999), responsável pelo transporte sedimentar na região.

Além da relação entre orientação da costa e direção das ondulações, outro fator importante na determinação da deriva é a refração destas ondulações em bancos sedimentares existentes na plataforma interna, no prolongamento do estuário do rio de la Plata. Estes bancos, com alinhamento geral NE, são bem evidenciados, na carta náutica da região (Figura 2.4), no trecho que vai de Punta del Este a La Paloma. Eles induziriam desvio das ondulações de S a SE para W e ajudariam portanto a explicar a deriva para quadrantes de W mesmo em praias com orientação NE, situadas na porção sul da costa atlântica.



Figura 7.1: Variação do sentido de transporte litorâneo induzido por ondas ao longo da costa uruguaia.

## 7. Conclusões

Da obtenção e integração de resultados de sensoriamento remoto, parâmetros granulométricos e mineralógicos e características morfodinâmicas da costa uruguaia entre Montevideo e La Coronilla, pôde-se chegar às seguintes conclusões:

-As tendências de rumo de transporte, inferidas a partir de cada um dos parâmetros ou indicadores estudados (largura de praia, altura de duna, declive de face praial, declive de berma, declive de pós-praia, altura de quebra de onda, deflexão de desembocaduras de rios, praias em log-espiral, variação granulométrica e variação dos índices mineralógicos TZi, GCi e GSi), convergem para um modelo geral de deriva longitudinal para quadrantes de W ou S, na porção ocidental da costa, e para quadrantes de E ou N, na parte oriental. A posição geográfica da área de divergência de deriva e a indicação ou não de compartimentos de deriva menores variam, entretanto, na dependência do indicador utilizado.

-A variação das classes morfodinâmicas ao longo da costa apresentou duas tendências maiores: diminuição de dissipatividade entre Montevideo (UR-01) e os arredores da laguna José Ignácio (UR.21) e incremento entre esta região e La Coronilla (UR.35). A área de inversão de tendências situa-se pouco a N do limite comumente admitido entre o estuário do rio de la Plata (costa platense) e o oceano (costa atlântica). A porção mais dissipativa da costa atlântica coincide, grosso modo, com a região a norte da qual a isóbata 20m se afasta da linha de costa. Assim, o maior estoque de areia na plataforma interna nesta região favoreceria a interação do fluxo oscilatório com o fundo a maiores distâncias da costa e, portanto, a maior dissipação de energia das ondas.

-As maiores diferenças entre o trecho da costa adjacente ao estuário do rio de la Plata (entre UR-01 e UR-19) e o que está banhado pelo oceano Atlântico (entre UR-20 e UR-35), são de caráter morfológico. Os arcos praiais do lado platense caracterizam-se por menor extensão e maior presença de promontórios rochosos e de arroios. O lado atlântico é marcado pela presença de seis lagunas, Merín, Negra, Castillos, Rocha, Garzón e Jose Ignácio, das quais apenas as quatro últimas têm hoje conexão direta com oceano.

-A distribuição da vegetação nas dunas frontais permite dividir a costa em dois trechos: entre Montevideo (URD-01) e Cuchilla Alta (URD-10), e daí até a fronteira com o Brasil.

O primeiro trecho caracteriza-se por predomínio de *Panicum racemosum* e o segundo, por conter principalmente *Spartina ciliata*. Esta variação parece estar relacionada a diferenças entre variantes abióticas: a associação dominada por *Panicum racemosum* ocorre em locais com maior largura de praia, areia mais fina, maior altura de duna, maior inclinação no perfil praial e incidência de ventos mais perpendicular à costa, de que a associação dominada por *Spartina ciliata*.

-Efetivamente, o sentido de transporte regional foi dado pela observação de características geomorfológicas observáveis por sensoriamento remoto. Deflexão de desembocaduras, principalmente das lagunas Garzón e de Rocha, no lado atlântico, e dos arroios Solis Chico, Sarandí, el Bagre, la Tuna e Solis Grande, no lado platense, indicam o sentido de deriva residual. Ademais, há barreiras artificiais construídas na costa platense que retêm o sedimento que vem de E, indicando o sentido de transporte. O modo como se desenrolam os arcos praiais em forma de espiral logarítmica também foi de crucial importância para a obtenção dos resultados finais.

-O método de McLaren & Bowles (1985) mostrou-se efetivo na determinação das tendências de variação granulométrica regionais. No trecho de costa sob influência do aporte direto de sedimentos lagunares, a maior distância entre os pontos de amostragem, bem como a duplicidade de fonte sedimentar, diminuíram a eficiência deste método.

- A assembleia de minerais pesados é diversificada, com identificação óptica de 20 minerais diferentes, com destaque, em ordem decrescente de abundância, para epídoto, turmalina, estaurolita, granada, hornblenda, cianita, zircão, sillimanita e augita. Esta associação aponta para o franco predomínio de rochas fontes primárias metamórficas.

-A assembleia de minerais pesados sofre variação significativa do lado platense para o atlântico, com incremento nas concentrações relativas de epídoto (nas praias) e granada no sentido NE, em detrimento de estaurolita, sillimanita e hornblenda.

-Os índices mineralógicos TZi, GSi e GCi auxiliaram na determinação do sentido de transporte de sedimentos, principalmente em certos trechos do lado platense e no segmento mais a norte do lado atlântico. Na região localizada junto às lagunas, devido ao aporte com periodicidade indeterminada de sedimentos lagunares, estes índices mostraram-se menos eficazes, a exemplo das estatísticas de granulometria.

-O parâmetro que forneceu tendências de transporte mais próximas às dadas pelas características geomorfológicas observadas por sensoriamento remoto foi o desvio padrão da distribuição granulométrica.

- Entre Montevideo e Punta del Este, na costa platense, a direção geral de linha de costa é WNW-ESE e passa a WSW-ENE, desse ponto até Cabo Polonio; em Cabo Polonio, ocorre variação suave de orientação da costa, para SW-NE. No entanto, dentro destes três segmentos principais, a linha de costa apresenta alternâncias de direção que determinam trechos menores. Entre Montevideo e na região pouco a N da laguna Garzón, a direção da costa alterna-se maioritariamente entre WSW-ENE e SW-NE. Neste segmento, segundo dados de NOAA, incidem, predominantemente, ondas de SSE, que são também as de maior intensidade. No trecho a NE, que se estende até Cabo Polonio, a costa está posicionada com direção SW-NE e as medidas de incidência de ondas mostram maior ocorrência das que provêm de SSE, enquanto que as de maior intensidade podem vir tanto de SSE quanto de S. Nas proximidades de Cabo Polonio, onde a direção geral é WSW-ENE, as ondas mais frequentes e mais intensas vêm de S. A N deste ponto, a costa tem direção SW-NE e as ondas tornam a mudar, sendo as mais frequentes as de E e SSE, enquanto as mais intensas vêm de E, SE e SSE.

-Considerando os resultados geomorfológicos, sedimentológicos e de direção de ondas de NOAA, pôde-se concluir que a deriva litorânea na região dá-se preferencialmente para SW, entre Montevideo e proximidades da Laguna Garzón (UR-01 a UR-24) e para NE, entre Laguna Garzón e La Coronilla (UR-35).

-Os principais fatores determinantes da deriva residual seriam a orientação relativa entre ondulações e linha de costa e a refração para oeste das ondulações em bancos sedimentares existentes na plataforma interna entre Punta del Este e La Paloma.

-O padrão divergente de deriva litorânea desfavorece a hipótese, aventada na literatura, de aporte sedimentar arenoso a partir do rio de la Plata para a costa brasileira. É possível, porém, que durante o abaixamento de nível de base de erosão, acarretado pela queda de nível relativo do mar relacionada ao Último Máximo Glacial, sedimentos deste rio tenham sido disponibilizados, para transporte pelas ondulações de sul, em áreas mais a leste, onde hoje se encontra a margem da plataforma.
#### **Referências bibliográficas**

- ACOSTA, A.; ERCOLE, S.; STANISCI, A.; PILLAR, V.D.P.; BLASI, C. 2007. Coastal Vegetation Zonation and Dune Morphology in Some Mediterranean Ecosystems. *Journal of Coastal Research*. 23(6):1518-1524.
- AGUILAR, G.C. 2006. Aspectos sedimentológicos y estratigrágicos de los depósitos quaternários de la costa platense del departamento de canelones (Uruguay). Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis, 13(1): 77-89.
- AGUILAR, C.G.; MESA V.; ALVEZ, M.C. 2011. Sinópsis geológico-ambiental de la costa platense y atlântica de Uruguay. *In*: LÓPEZ, R.A.; MARCOMINI S.C. Problemática de los ambientes costeiros. Argentina. Editorial Croquis, p. 57-76.
- ANGULO, J.R. 1992. Geologia da planície costeira do estado do Paraná. São Paulo, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Tese de Doutoramento. 334p., 6 mapas.
- ANGULO, R.J.; GIANNINI, P.C.F.; KOGUT, J.S.; PRAZERES FILHO, H.J.; SOUZA, M.C. 1996. Variação das características sedimentológicas através de uma sucessão de cordões holocênicos, como função da idade deposicional, na ilha do Mel (PR). Curitiba, *Boletim Paranaense de Geociências*, 44: 77-86.
- 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*, 25: 486-506.
- BENTZ, D. & GIANNINI, P.C.F. 2003. Interpretação aerofotogeomorfológica da planície costeira de Una-Juréia, municípios de Peruíbe-Iguape, SP: modelo evolutivo e origem da erosão na praia da Juréia. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (ABEQUA), 9, Recife, PE. Anais...meio digital (cd). Recife, ABEQUA.
- BENTZ, D. 2004. Os cordões litorâneos da planície Una-Juréia, municípios de Peruíbe e Iguape, SP. Dissertação de Mestrado USP/IGC.108p
- BOSSI, J. 2011. Manual Didáctico para estudiantes de Agronomia. Universidad de la República de Uruguay. Montevideo.
- BOSSI, J.; NAVARRO, R. 1991. Geologia del Uruguay. Vol 1. Departamento de Publicaciones de la Universidad de la república, Montevideo, 580pp.
- BOSSI, J.; FERRANDO, L.; MONTAÑA J., CAMPAL, M.; MORALES, H.; GANCIO, F.; SCHIPILOW, A. PIÑEIRO, D.; SPRECHNANN, P. 1998. Carta Geológica del Uruguay, escala 1:500.000. Geoeditores. Montevideo. Uruguay.
- BOSSI J & J MONTAÑA. 1999. Dinámica de las barras costeras de laslagunas de Garzón y Rocha. pp 59-84 *In*: Seminario: CostaAtlántica. Estado actual del conocimiento y estrategia deinvestigación sobre la dinámica de la costa y sus barraslagunares (Rocha, marzo de 1997). PROBIDES, Serie Documentos de Trabajo 21. Rocha.
- CAVALLOTTO, J. L.; VIOLANTE, R.A.; COLOMBO, F. 2005. Evolución y cámbios ambientales de la llanura costera de la cabecera del río de la Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 60(2):353-367.

- CIRONI, P.B.O. 2005. The Sierra Ballena Shear Zone: Kinematics; timing and its significance for the geothectonic evolution of southeast Uruguay. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultäten der Georg-August-Universität zu Göttingen. 147pp.
- CONDE, D.; RODRIGUEZ GALLEGO, L.; RODRIGUEZ GRAÑA, L.; 2003. Análisis Conceptual de las Interacciones abióticas y Biológicas entre el oceano y las lagunas de la costa atlântica de Uruguay. Informe Final. Sección de Limnología – Departamento de Geología-Instituto de Biología-Facultad de Ciencias de la Universidad de la República. Montevideo. Febrero 2003. PNUD/GEF/RLA/99/G31 (FREPLATA) Protección Ambiental del Rio de la Plata y su frente marítimo: Prevención y Control de la Contaminación y Preservación de Habitats.
- CORDAZZO C.V. 2009. O efeito de *Panicum racemosum* X *Spartina ciliata* na formação das dunas costeiras frontais no extremo sul do Brasil. GRAVEL **7** (1): 13-17 Porto Alegre.
- CORRÊA, I.C.S.; AYUP-ZOIAN, R.N.; WESCHENFELDER, J.; TOMAZELLI, L.J. 2008. Áreas Fontes dos Minerais Pesados e sua Distribuição sobre a Plataforma Continental Sul-brasileira, Uruguaia e Norte-argentina. *Revista Pesquisa em Geociências*, 35(1):137-150.
- COSTA, C.S.B.; CORDAZZO, C.V.; SEELEGER, U. 1996. Shore Disturbance and Dune Plant Distribution. *Journal Coastal Research*. 12(1):133-140.
- DE MIO, E.; GIANNINI, P.C.F.1997. Variação de minerais pesados transversal à planície litorânea de Peruíbe-Itanhaém, SP. In: CONGR. ASSOC. BRASIL. DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 6, Curitiba. Resumos Expandidos. Curitiba, ABEQUA. p. 109-114.
- Ecoplata-Apoyo a la gestión integrada de la zona costera uruguaya del rio de la Plata. Diagnóstico ambiental y socio-demográfico de la zona costera uruguaya del rio de la Plata. Recompilación de informes técnicos. Diciembre 1999.
- DELFINO, L. y MASCCIADRI, S. 2005. Relevamiento florístico en el Cabo Polonio, Rocha, Uruguay. IHERINGIA, Sér. Bot., Porto Alegre, 60(2):119-128.
- DIAS, 2004. A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos (Uma introdução à Oceanografia). E-book.
- 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 Coastal Research*,16:71-81.
- DILLENBURG, S.R.; BARBOZA, E.G.; TOMAZELLI, L.J.; HESP, P.A.; CLERTI, L.C.P.; AYUP-ZOUAIN, R.N. 2009. The Holocene Coastal Barriers of Rio Grande do Sul. In: DILLENBURG, S.R. & HESP, P.A. (eds.) Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil. Berlin-Spriger-Velarg 380 p. il
- DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A. C.S.P; MARTIN, L. 1983. O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas às desembocaduras dos rios São Francisco (SE-AL), Jequitinhonha (BA), DOCE (ES) e Paraíba do Sul (RJ). *Revista brasileira de Geociências*. 13(2)98-105.

- FERREIRA, A.C.M.2003. O sistema praia-duna na planície de Uma-Jureia, municípios de Peruíbe e Iguape, SP. São Paulo, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Monografia de trabalho de formatura (inéd.), 41p., 3 anexos.
- FERREIRA, M.P.; SAEAKUCHI, A.O.; AMARAL, P.G.C.; GIANNINI, P.C.F.2008. Análise de minerais pesados em sedimentos lagunares quaternários dos arredores de Jaguaruna (SC): um estudo de proveniência sedimentar. In: CONGRESSO BRASILEIRODE GEOLOGIA, 44, 2008, Curitiba, PR. Anais... Curitiba, Sociedade Brasileira de Geologia-SBG.P.960.
- FIGUEIREDO, S. A. & CALLIARI, L. J. 2006. Sedimentologia e suas Implicações na Morfodinâmica das Praias Adjacentes às desembocaduras da Linha de Costa do Rio Grande do Sul. GRAVEL 4:73-87.
- FRAMIÑAN, M.B. & BROWN, O. B. 1996. Study of the Río de la Plata turbidity front, part I: Spatial and temporal distribution. Cont. Shelf Res. 16(10):1259-1282.
- GAO, S.; COLLINS, M., 1992. Net Sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of transport vectors. *Sedimentary Geology*, 81(1/2), 47-60.
- GALEHOUSE, J.S. (1971) Sedimentation Analysis, in Carver, R.E., ed., Procedures in Sedimentary Petrology: New York, Wiley-Interscience, p.69-94.
- GIANNINI, P.C.F, 1993. Sistemas deposicionais no Quaternário costeiro entre Jaguaruna e Imbituba, SC São Paulo, Inst. Geoc. Univ. São Paulo. Tese de Doutoramento (inéd.). 2v., 2 mapas, 439 p.
- GIANNINI, P.C.F. 2002. Complexo lagunar centro-sul catarinense. In: SCHOBBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. eds. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília, DNPM, SIGEP – Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleontológicos, p.213-222. Edição eletrônica em www.unb/br/ig/sigep.
- GIANNINI, P.C.F. 2007. Sistemas Deposicionais Eólicos no Quaternário Costeiro do Brasil. São Paulo, Inst. Geoc. Univ. São Paulo. Tese de Livre-docência (inéd.). 205p.
- GIANNINI, P.C.F. & SANTOS, E.R. 1994. Padrões de variação espacial e temporal na morfologia de dunas de orla costeira no Centro-Sul catarinense. Curitiba, *Boletim Paranaense de Geociências*, 42: 73-96.
- GIANNINI, P.C.F.; LESSA, G.C.; KOGUT, J.S.; ANGULO, R.J. 1997a. Variação nas assembleias de minerais pesados de testemunhos rasos na planície costeira de Paranaguá (PR). In: CONGR. ASSOC. BRASIL. DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 6, Curitiba. Resumos expandidos... Curitiba, Abequa. p.58-62.
- GIANNINI, P. C. F.; SUGUIO, K.; SAN TOS, E. R. ; KOGUT, J. S. . 1997b. Gerações de areias eólicas na escarpa de Guaiúba, Imbituba, SC. In: Congresso da Associação brasileira de estudos do quaternário, 1997, Curitiba. Resumos expandidos. Curitiba: Abequa, 1997. p. 63-67.
- GIANNINI, P.C.F.; MACHADO, J.A.; SANTOS, E.R. 2003. Propriedades granulométricas no sistema praia-duna ao longo da costa noroeste portuguesa, de Porto a Nazaré. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (ABEQUA), 9& CONGRESSO DO

QUATERNÁRIO DOS PAÍSES DE LÍNGUA IBÉRICA, 2, Recife, PE. Anais...meio digital (cd). Recife, Abequa.

- GIANNINI, P.C.F.; ANGULO, R.J.; SOUZA, M.C.; KOGUT, J.S.; DELAI, M.S. 2004. A erosão na costa leste da ilha do Mel, baía de Paranaguá, Estado do Paraná: modelo baseado na distribuição espacial de formas deposicionais e propriedades sedimentológicas. São Paulo, *Revista Brasileira de Geociências*, 34(2): 231-242.
- GIANNINI, P. C. F.; ASSINE, M. L.; BARBOSA, L.; BARRETO, A. M. F.; CLAUDINO-SALES, V. ; MAIA, L. P. ; MARTINHO, C. T. ; PEULVAST, J. ; SAWAKUCHI, A. O. ; TOMAZELLI, L. J. . Dunas eólicas costeiras e interiores. In: Souza, C.R.G.; Suguio, K.; De Oliveira, P.E.; Oliveira, A.M. (Org.). Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto, SP: Holos, Abequa, ANP, FAPESP, IG, UnG, 2005, v., p. 235-257.
- GIANNINI, P.C.F.; GUEDES, C.C.F.; NASCIMENTO, D.R., JR.; TANAKA, A.P.B.; ANGULO, R.J.; ASSINE, M.L.; SOUZA, M.C. 2009. Morphology and sedimentology of Ilha Comprida, southern São Paulo coast. In: DILLENBURG, S.R. & HESP, P.A. ed. *Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers* of Brazil.Berlin – Heidelberg, Springer, p.177-224.
- GUEDES, C.C.F. 2009. Evolução Sedimentar Quaternária da Ilha Comprida, estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado (inédito), Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- GUEDES, C.C.F.; GIANNINI, P.C.F.; NASCIMENTO, D.R., Jr.; SAWAKUCHI, A.O.; TANAKA, A.P.B.; ROSSI, M.G. 2011. Controls of heavy minerals and grain size in a Holocene regressive barrier (Ilha Comprida, southeastern Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 31: 110-123.
- HESP, P.A., GIANNINI, P.C.F., MARTINHO, C.T., MIOT DA SILVA, G., ASP NETO, N.E. 2009. The Holocene barrier system of the Santa Catarina coast, Southern Brazil. In DILLENBURG, S.R. & HESP, P.A., eds., Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil. Berlin, Heidelberg, Springer, p.93-134.
- HUBERT, J.F. 1962. A zircon-turnaline-rutile maturity index and the dependence of the composition of heavy mineral assemblages with the gross composition and texture of sandstone. Journal of Sedimentary Petrology, 32(3):440-450.
- HUGUES, S.A. 2005. Use of Sediment Trend Analysis (STA) for Coastal Projects. Technical note (*Coastal and Hydraulics Engineering*), U.S. Army Engineer Research and Development Center Ed. Vicksburg, Miss. VI-40.
- HUTTON, C. O. 1950. Studies of heavy detrital minerals. Bull. Geol. Soc. Amer. 61: 635-710.
- JACKSON, J. M. 1985. Uruguay. *In*: BIRD & Schwartz (eds.). The World's coastline. Van Nostrand reinhold Company, New York. P. 79-84.
- JACOBSEN, E.E., and M.L. SCHWARTZ. 1981. The use of geomorphic indicators to determine the direction of net shore-drift," *Shore & Beach*, 49(4):38-43.
- 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.Amsterdam, *Marine Geology*, 165(2000): 87-108.

- LOWRIGHT, R.; WILLIAMS, E.G.; DACHILLE, F. 1972. An analysis of factors controlling deviations in hydraulic equivalence in some modern ads, *Journal of Sedimentary Petrology*, 42(1972), pp.635-645.
- MANGE, M.A.; MAURER, H.F.W. 1992. Heavy Minerals in Colours. Champman & Hall, London.
- MARTINHO, C.T. 2004. Morfodinâmica e Sedimentologia de Campos de Dunas Transgressivos da região de jaguaruna-Imbituba, Santa Catarina. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado. (inéd.)108p.
- MASCIARI, S.; DELFINO, L.2005. Relevamiento Florístico en el Cabo Polonio, Rocha, Uruguay. IHERINGIA, Sér. Bot., Porto Alegre, 60(2), 119-128.
- MAY, J.P. & TANNER, W.F. 1973. The littoral power gradient and shoreline changes. In Coates, D.R. (ed.) *Coastal geomorphology*, Binghampton State University, New York.
- McLAREN, P., and BOWLES, D. 1985. The effects of sediment transport n grain-size distributions. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55(4):457-470.
- MENDES, V. R. 2009. Sedimentologia e Morforoecologia ao Longo do Sistema Praia-Duna de Peruíbe, SP: uma Avaliação da Influência da Ocupação Antrópica Recente. São Paulo, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. Monografia de formatura (inéd.) 43 p.
- MIHÁLY, P. 1997. Dinâmica sedimentar do litoral norte paranaense e extremo sul paulista. Dissertação de Mestrado. UFPR. 109p.
- MIHÁLY, P. GIANNINI, P. C. F. 1997.Caracterização sedimentológica das praias do litoral norte paranaense e extremo sul paulista. In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 1997, Curitiba. Resumos Expandidos. Curitiba : Abequa, p. 105-108.
- MILLIMAN, J.D. 1991. Flux and fate of fluvial sediment and water in coastal seas. *In*: Ocean margin processes in global change, RFC Mantoura, J.-M.Martin and R. Wollast, editors, Wiley, New York, p, 69-90.
- MORTON, A.C. & HALLSWORTH, C.R. 1999. Processes controlling the composition of heavy mineral assemblages in sandstone. *Sedimentary Geology* 124: 3-29.
- MORTON, A.C.; HALLSWORTH, C.R. 1994. Identifying provenance-specific features of detrital heavy mineral assemblages in sandstones. *Sedimentary Geology*, 124:3-29.
- MORTON, A.C., 1991. Geochemical studies of detrital heavy minerals and their application to provenance research. In: MORTON, A.C., TOOD, S.P., HAUGHTON, P.D.W. (Eds.), *Developments in Sedimentary Provenance Studies*. Geological Society p. 31-45.
- NASCIMENTO, D.R. Jr. Morfologia e sedimentologia ao longo do Sistema praia-duna frontal de Ilha Comprida, SP. Dissertação de Mestrado. IGC/USP.93p. 3 anexos.
- NASCIMENTO, D.R., Jr.; TANAKA, A.P.B.; GIANNINI, P.C.F.; GUEDES, C.C.F. 2005. Morfologia e granulometria ao longo do sistema praia – duna frontal de Ilha Comprida, SP. CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (ABEQUA), 10, Guarapari, ES. Anais...meio digital (cd). Guarapari, Abequa, cód. 175.

- NOERNBERG, M.A.; QUADROS, C. J. L.; ANGELOTTI, R.; MARONE, E. 2007. Banco de dados sobre as praias do estado do Paraná. *Boletim Paranaense de Geociências*, 60-61, p. 89-96. Editora UFPR.
- PANARIO, D., GUTIÉRREZ, O. 2005. La vegetación en la evolución de playas arenosas. El caso de la costa uruguaya. *Ecosistemas*, 14(2):150-161.
- PANARIO, D. & GUTIERREZ, O. Geomorfología y processos erosivos em la costa uruguaya. In: MENAFRA R. R.G.L.S.F. & CONDE, D. (eds.). Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya. Montevideo. Vida Silvestre Uruguay. 2006. 21-34.
- PARKER, G.; VIOLANTE, R.A.; PATERLINI, M.; COSTA, I.P.; MARCOLINI, S.I.; CAVALLOTTO, J.L.2008. Las sucuencias depositacionales del Plioceno-Cuaternario em la plataforma submarina adyacente al litoral des este bonaerense. Latin American Journal Sedimentology and basi Analysis 15(2):105-124.
- PAZ, E. A. & BASSAGODA, M. J. Flora y vegetación de la costa platense y atlântica uruguaya. *In*: Menafra R Rodríguez-Gallego L Scarabino F & D Conde (eds) 2006. Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya. VIDA SILVESTRE URUGUAY, Montevideo. p.71-88.
- PETTIJOHN, F. J.1941. Persistence of heavy minerals and geologic age. *Journal of Geology*, 49(2):612-625.
- PETTIJOHN, F.J.; POTTER, P.E.; SIEVER, R.1987. Sand and sandstones. New York, Springer, 553p.
- PIANCA, C., MAZZINI, P.L., SIEGLE, E. 2010. Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis. Brazilian Journal of Oceanography, 58(1): 53-70.
- PIVEL, M.A.G. 2006. Geomorfologia y procesos erosivos en la costa atlántica uruguaya. *In*: MENAFRA R.; RODRÍGUEZ-GALLEGO L.; SCARABINO F.; D. CONDE (eds). Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya. URUGUAY, Montevideo Vida Silvestre.2006. p.35-43.
- PONÇANO, W.L., TESSLER, M.G., FREITAS, C.G.L., MAHIQUES, M.M. 1999. Tendências regionais de transporte de sedimentos arenosos ao longo das praias paulistas. Ver. Univ. Guarulhos/ Geociências, 4: 102-115.
- PRECIOZZI, F.; VARGAS, A.H.1985. República Oriental del Uruguay. Carta Geológica a escala 1:500.000. Ministerio de Industria y Energia. Dirección Nacional de Mineria. 2 ed. Montevideo.
- RE, M., MENENDÉZ, A. N. 2003. Modelo Numérico del Río de la Plata y su Frente Marítimopara la Predicción de los Efectos del Cambio Climático, XIII Congreso sobre Métodos Numéricos y sus Aplicaciones, ENIEF'2003, Bahía Blanca.
- RITTENHOUSE, G.A. Transportation and deposition of heavy minerals. Geol. Soc. America Bull., 1943, 54: 1725-1780.
- ROSA, L. S. & CORDAZZO, C. V. Revista Eletrônica- Cadernos de Ecologia Aquática. Volume 2 n°2 1-12, ago-dez 2007. Perturbações antrópicas na vegetação das dunas da Praia do Cassino (RS).
- ROSA, M.L.C. da C.; TOMAZELLI, L.J.; COSTA, A.F.U.C.; Barboza, E.G. 2009. Integração de métodos potenciais (gravimetria e magnetometria) na caracterização

do embasamento da região sudoeste da Bacia de Pelotas, Sul do Brasil. Revista Brasileira de Geofísica. 7(4), 1-17.

- RUBEY, W.W., 1933. The size distribution of heavy minerals within a water-lain sandstone. *Journal of Sedimentary Petrology*, 3:3-29.
- SILVEIRA, J. D. 1964. Morfologia do litoral. *In*: Azevedo, A. (ed.), Brasil: a terra e o homem. Vol. 1. São Paulo. Cia. Editora Nacional. p. 253-305.
- SILVESTER, R. 1974. Coastal Engineering. Amsterdam/New York: Elsevier Scientific. 2v.
- SOUZA, C.R.G. 1997. As células de Deriva Litorânea e a Erosão nas Praias do Estado de São Paulo. Tese de Doutorado. IGC/USP. 2 vol.
- SUGUIO, K. & MARTIN, L. 1987. Classificação de costas e evolução geológica das planícies litorâneas quaternárias do sudeste e sul do Brasil. In: ACIESP (org.). Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira. Anais. v. 1. p. 1-28.
- TAGGART, B. E. & SCHWARTZ, M.L. 1988. Net shore-drift direction determination: a systematic approach. *Journal Shoreline Management*.4, 285-309.
- TEIXEIRA L.; MONTAÑA J.; LOSADA, .1998. Littoral Processes in a Prograding Coast: the Case Study of the Atlantic Ocean Coast of Uruguay. Proceedings of the 26<sup>th</sup> International Conference on Coastal Engineering (ICCE 1998) Copenhagen Denmark Vol 2 pp.2294-2302. Edited by Billy Edge.
- TESSLER, M.G. 1988. Dinâmica sedimentar quaternária do litoral sul paulista. Teses de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências. 277p.
- TESSLER, M.G. & MAHIQUES, M.M. 1993. Utilization of Coastal Geomorphic Features as Indicators of Longshore Transport: Exam´ples of the Southern Coastal region of the State of São Paulo, Brasil. *Journal of Coastal Research*. 9(3):823-830.
- TOMAZELLI, L.J. & VILWOCK, J.A. 1992. Considerações sobre o ambiente praial e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, 19(1):3-12.
- URIEN CM & MARTINS LR. 1978. Structural and physiographic map of eastern South America and western South Africa. CECO/UFRGS. Série Mapas, 03. Porto Alegre, Brasil.
- VILLWOCK, J. A. & TOMAZELLI, L.J., 1995. Geologia costeira do Rio Grande do Sul. CECO/IG/UFRGS. Porto Alegre. Notas Técnicas, 8:1-45.
- YASSO, W.E., 1965. Plan geometry of headland-bay beaches. *The Journal of Geology*. 73: 702-714.
- ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; MARQUES, A.; ASTOLFI,M.A.M.; VIEIRA, I.S.; APPI, V.T. & ZANOTTO, O.A. 1990. Bacia do Paraná. In: RAJA GABAGLIA, G.P. & MILANI, E.J. (Coords.). Origem e Evolução das Bacias Sedimentares. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, p.135-168.
- ZULAR, A.; SAWAKUCHI, A. O.; GUEDES, C.C.G.; MENDES, V.R.; NASCIMENTO, D.R.; GIANNINI, P.C.F.; AGUIAR, V.A.P.; DEWIT, R. 2012. Late Holocene intensification of colds fronts in Southern Brazil as indicated by dune development and provenance changes in the São Francisco do Sul coastal barrier. *Marine Geology* (Print), 335(64):64-77.

http://www.cuencarural.com/agricultura/77072-nuevas-experiencias-en-control-de-conyza-spp/

http://www.playasdereta.com.ar/flora.html

http://www.tropicos.org

http://www.fao.org/fi/oldsite/FCP/es/URY/body.htm

http://pt.surf-forecast.com

http://www.prenader.gub.uy/coneat/doc/mdt.htm

http://www.sohma.armada.mil.uy/cartas-nauticas.htm

# APÊNDICE 1: Contagem de minerais pesados em amostras de praias.

(%) sobeseq son sooiténgeM	14, 29	7,29	8,09	4, 17	7,84	13, 19	1, 11	4,94	3,57	5,96	5,46	20,89	11, 75	4,52	74,04	11,66	4,87	87,21	1,97	3, 25	6,84	87,32	14, 70	0,00	89, 55	68,49	4,71	78, 19	3, 22	3, 28	3,34	6,64	12,62	5, 76	4, 19
(%) sopesəd	0,04	0,05	0,05	60'0	0,11	0,25	0,17	0,34	0,24	0,13	2,10	10,91	0,35	0,41	39,21	0,18	0,45	0,80	0,20	0,11	0,11	0,63	0,18	0,27	0,08	0,42	0,52	1,33	0,52	0,31	0,28	0,89	0,20	0,23	6,19
(g) soɔiវອໍngem oöN	0,04	0,02	0,05	0,10	0,05	0,03	0,11	0,20	0,15	0,14	1,31	2,66	0,18	0,36	0,67	0,05	0,28	00'0	0,06	0,03	0,02	00'0	0,04	0,03	0,00	00'0	0,14	0,02	0,31	0,15	0,19	0,26	60'0	0,13	1,93
(D) sociténgeM	0,01	00'0	00'0	00'0	0,00	00'0	00'0	0,01	0,01	0,01	0,08	0,71	0,03	0,02	1,92	0,01	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,08	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,08
(8) sopesəd	0,05	0,02	0,05	0,11	0,05	0,03	0,12	0,22	0,16	0,15	1,39	3,37	0,21	0,38	2,59	0,05	0,29	0,02	0,06	0,03	0,02	0,02	0,06	0,00	0,01	0,01	0,15	0,11	0,32	0,15	0,19	0,28	0,11	0,14	2,02
(8) səʌəŋ	124,69	53,54	111,56	128,92	48,45	13,03	68,88	64,44	67,97	114,45	64,71	27,46	60,42	92,56	4,01	30,09	63,88	2,69	30,71	27,11	21,25	3,36	29,76	1,15	16,81	1,71	28,92	7,76	60,88	49,07	68,63	31,60	53,00	59,13	50,50
lsizini szeM	125,13	53,72	111,88	129,40	48,61	13,08	69,26	64,88	68,26	115,00	66,34	30,92	60,63	92,94	6,62	30,18	64,34	2,72	30,88	31,87	21,32	3,39	29,94	1,16	16,85	1,73	29,13	7,89	61,38	49,51	69,08	32,04	51,62	59,36	32,63
atitetita	32,64	31,82	36,73	32,96	27,72	34,97	28,89	18,13	19,39	22,40	26,26	10,94	25,32	14,78	23,16	28,57	33,58	38,46	20,43	22,29	23,26	18,97	28,70	9,09	20,17	17,73	32,05	12,58	20,27	29,26	16,04	4,11	11,02	20,65	20,26
stizulsbnA	0,69	00'0	00'0	00'0	0,50	00'0	0,56	0,00	0,51	00'0	00'0	0,52	1,90	1,48	00'0	0,65	0),00	00'0	0,00	0,00	1,55	0,51	0,00	3,03	0,00	00'0	0,64	00'0	1,35	0,37	00'0	00'0	0,79	1,09	1,31
oibizqoiQ	0,00	0,00	0,68	00'0	0,00	00'0	00'0	0,00	0,00	00'0	0,00	00'0	00'0	0,00	00'0	00'0	0,00	00'0	0,00	0,00	0,00	00'0	0,00	0,00	0,00	00'0	00'0	0,00	0,00	0,00	0,00	00'0	0,00	0,00	0,0
Enstatita	00'0	00'0	0,00	00'0	0,00	00'0	00'0	0,00	0,00	00'0	00'0	00'0	00'0	0,00	00'0	00'0	00'0	00'0	0,00	0,00	0,00	00'0	0,00	0,00	0,00	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	0,00	0'00	00'0
Tremolita	00'0	00'0	4,08	2,23	0,50	00'0	00'0	0,00	0,00	00'0	00'0	00'0	0,63	0,00	00'0	00'0	00'0	0,77	0,00	1,20	0,78	1,03	0,00	0,00	0,84	0,71	0),00	00'0	0,45	00'0	00'0	00'0	0,00	0'00	00'0
stiguA	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	3,50	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00	0,63	0,99	2,11	0,65	1,49	6,15	2,15	1,81	0,00	1,54	1,85	3,03	1,68	0,00	1,28	0,00	0,45	0,00	0,00	2,05	1,57	1,09	0,65
oinŝtzragiH	00'0	00'0	0,00	0)00	0,00	0)00	0,56	0,00	0,00	0,00	0'00	0)00	0)00	0,00	0)00	0)00	0)00	0)00	0,00	0,00	0,00	0'00	0,00	0,00	0,00	0'00	0'00	0'00	0'00	0'00	0'00	0)00	000	0'00	0,65
sbnəldnroH	20, 14	23,48	20,41	23,46	23, 76	7,69	17, 78	14, 29	13, 78	19, 27	3,03	3, 65	3, 43	3, 45	1, 05	16, 23	8, 21	3, 85	26,88	18,07	20, 16	1, 03	9, 26	3, 03	4,20	0,71	8, 97	1,99	9,01	4,07	2,83	6, 85	11,02	7,61	3,92
sjinsjiT	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	0,56	00'00	0,00	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	2,11	1,30	00'0	00'0	00'0	00'0	0,00	00'0	1,85	0,00	00'0	00'0	1,92	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	0,00	0,00	0,00
ebeneta	1,39	0,76	2,04	00'0	2,48	4,90	4,44	7,69	2,04	3,65	13,13	16,67	6,33	9,85	23,16	2,60	1,49	4,62	2,15	1,81	8,53	24,62	10,19	21,21	6,72	21,28	5,13	43,71	4,50	4,44	8,49	16,44	3,94	5,98	6,54
ejinemilli2	2,78	3,03	1, 36	4,47	2,48	0,70	5, 56	4,95	6, 63	1,56	1,01	2,08	3, 16	3,94	00'00	2,60	2, 24	3,08	7,53	9,64	8, 53	4,10	6,48	0,00	3, 36	2, 13	1, 92	0,66	9,01	5,56	4,72	2,05	6,30	4, 35	2,61
Cianita	15,97	13,64	6,12	11,17	7,43	3,50	3,33	6,59	12,76	7,81	5,56	3,13	6,33	5,91	3,16	0,65	3,73	1,54	10,75	9,04	4,65	2,05	3,70	3,03	9,24	1,42	5,13	2,65	12,61	10,00	7,55	4,11	7,87	8,70	5,88
stitsqA	1,39	00'0	0,68	00'0	0,00	1,40	1,11	1,65	1,02	00'0	00'0	00'0	00'0	0,00	1,05	00'0	0),00	1,54	4,30	1,20	0,00	2,05	0,93	0,00	2,52	00'0	0,64	2,65	00'0	0),00	0,94	00'0	0,79	0,00	00'0
siisenoM	00'0	00'0	00'0	00'0	0,50	00'0	1,11	0,00	0,00	00'0	0,00	00'0	00'0	0,00	00'0	00'0	0,00	00'0	0,00	0,00	0,00	00'0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	00'0	0,00	00'0	0,00	0,00	00'0
stisioZ	00'0	0,00	0,00	00'0	0,00	00'0	00'0	0,00	0,00	0,00	0,00	00'0	00'0	0,00	00'0	00'0	0,00	00'0	0,00	0,00	0,00	00'0	0,00	0,00	0,00	0,71	00'0	0,00	0,00	0,00	0,00	00'0	0,00	1,09	00'0
ejidsejelq	5,56	3,03	9,52	6,15	7,43	18,88	8,33	10,99	10,20	18,23	10,10	15,63	12,03	7,39	18,95	25,97	27,61	18,46	11,83	21,69	17,05	23,08	11,11	30,30	25,21	10,64	25,00	15,89	13,51	20,00	31,13	34,93	30,71	30,43	29,41
Estaurolita	2,08	3,79	0,68	2,79	4,46	11,19	6,11	7,14	12,24	10,94	29,80	29,69	17,72	25,62	6,32	11,69	6,72	10,77	6,45	2,41	0,00	8,21	11,11	21,21	5,04	14,89	1,92	7,28	8,56	10,00	7,55	7,53	5,51	7,07	10,46
oizêsenA	00'0	0,76	0),00	00'0	0),00	00'0	00'0	0),00	0,00	00'0	0,00	00'0	00'0	0),00	00'0	00'0	0)00	00'0	0),00	0),00	0,00	00'0	0,00	0,00	0,00	00'0	00'0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0),00	0,00
Rutilo	0,00	1,52	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	1,10	0,51	00'0	0,51	4,69	00'0	0,00	4,21	0),00	0),00	0,77	0,00	0,00	0,78	0,51	0,93	3,03	0,00	2,13	0,64	0),00	0,45	0,00	0,94	1,37	3,15	0),00	0,00
enilemuT	15,97	12,88	12,93	15,64	15,84	11,19	15,00	23,08	18,88	14,06	8,08	4,69	18,09	17,73	2,11	7,79	14,18	10,00	6,45	9,64	13,95	12,31	7,41	3,03	20,17	9,93	14,74	11,26	18,47	16,30	19,81	8,90	14,96	11,96	16,34
Zircão	00'0	5,30	4,08	1,12	6,93	2,10	6,67	4,40	2,04	1,56	2,53	8,33	4,43	8,87	12,63	1,30	0,75	00'0	1,08	1,20	0,78	00'0	6,48	0,00	0,84	17,73	00'0	1,32	1,35	00'0	00'0	11,64	2,36	00'0	1,96
Opacos	24,53	14,84	15,29	13,74	21,39	28,78	17,50	28,87	24,85	18,41	22,68	35,00	51,00	23,02	63,87	36,06	56,00	53,10	44,74	28,43	32,71	36,18	44,25	42,37	37,00	45,00	27,59	59,84	47,23	22,67	17,20	5,12	8,81	16,67	33,85
OfenodisD	0,00	0,00	0,64	0,00	0,00	5,04	3,60	3,52	1,16	0,42	0,00	12,70	1,80	0,00	0,00	6,50	2,16	2,01	31,58	13,73	3,74	1,32	12,39	1,69	7,69	16,52	6,90	1,53	1,50	6,97	7,53	2,13	11,95	6,25	1,54
ettromA	URP-01	URP-02	URP-03	URP-04	URP-05	URP-06	URP-07	URP-08	URP-09	URP-10	URP-11	URP-12	URP-13	URP-14	URP-15	URP-16	URP-17	URP-18	URP-19	URP-20	URP-21	URP-22	URP-23	URP-24	URP-25	URP-26	URP-27	URP-28	URP-29	URP-30	URP-31	URP-32	URP-33	URP-34	URP-35

(%) sobeseq son sooiténgeM	8, 10	8,11	3, 83	11, 19	18,88	10, 33	1,91	18,74	6, 28	10,00	2,57	42,65	18, 15	13,85	30,06	14,20	9,82	76,04	3,51	8,89	8, 70	25,53	34, 76	40,51	16,57	40, 13	3,35	35,65	20,95	91,89	118,92	20, 12	5,03	2, 89	5,95
(%) sopesəd	0,08	0, 14	0,42	0,67	2,58	0, 21	1, 37	18,67	2, 37	0,98	0, 29	28, 29	2, 23	2, 53	0,58	0,30	4,63	10,67	0,47	0, 14	0, 17	2, 76	0, 89	1, 16	0,53	1, 11	0, 19	2,47	0,92	0,38	0, 74	2,09	0, 27	0,36	1,27
(g) socitėngem ošN	0,02	0,04	0,12	0,18	0,72	0,06	0,41	4,26	0,64	0,28	60'0	0,13	0,59	0,70	0,14	0,08	1,25	0,36	0,14	0,03	0,05	0,19	0,04	0,03	0,13	0,02	0,05	0,22	0,22	0,01	0,44	0,56	0,09	0,13	0,42
(D) sobitėngeM	0,00	0,00	0,01	0,02	0,17	0,01	0,01	1,02	0,04	0,03	0,00	0,10	0,13	0,11	0,06	0,01	0,14	1,14	0,01	0,00	0,00	0,07	0,02	0,02	0,03	0,01	0,00	0,12	0,06	0,11	0,37	0,14	0,00	0,00	0,03
(a) sopesəd	0,02	0,04	0,13	0,20	0,91	0,07	0,42	5,42	0,69	0,31	60'0	0,23	0,72	0,81	0,20	0,10	1,39	1,50	0,15	0,04	0,05	0,26	0,06	0,06	0,15	0,03	0,05	0,35	0,28	0,12	0,31	0,71	0,10	0,14	0,45
(8) sə <b>nə</b> ŋ	32,02	31,79	31,13	30,32	34,20	31,31	29,80	23,60	29,13	31,06	31,98	0,58	31,48	31,27	33,54	33,23	28,64	12,56	31,10	27,26	30,31	8,70	6,89	5,00	28,43	2,76	27,01	13,68	30,75	30,35	41,28	33,01	35,75	38,85	35,37
laizini ezzeM	32,11	31,88	31,31	30,57	35,18	31,46	30,50	29,01	29,03	31,44	32,14	0,81	32,29	32,17	33,83	33,36	30,10	14,09	31,29	27,35	30,40	9,46	7,12	5,09	28,63	2,80	27,09	14,05	31,06	30,52	42,15	33,75	35,90	39,03	35,37
stiretita	17,69	32,20	30,30	20,39	20,56	18,75	25,32	14,04	23,92	26,19	22,52	16,80	12,14	23,68	15,92	36,54	63,11	17,74	34,03	26,55	30,36	27,27	25,14	15,34	32,61	23,88	23,73	17,44	20,22	25,28	18,95	19,12	27,62	23,02	14,29
ejizulebnA	00'0	1,69	1,21	00'0	0,00	2,27	00'0	0,56	0,96	00'0	0,66	00'0	00'0	00'0	0,64	0,96	00'0	00'0	0,00	1,77	0,00	00'0	4,47	0,61	0,00	0,75	1,69	1,16	1,69	00'0	0,65	00'0	0,00	0,72	00'0
oibisqoiQ	00'0	00'0	00'0	00'0	0,00	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	0,00	0,88	0,00	00'0	0,00	0,00	0,00	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	0),00	0,00	00'0
6jij6j2n3	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	0,66	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	0),00	00'0	00'0	0,91	0),00	00'0	0),00	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	0)00	0),00	00'0
Tremolita	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	0,57	0,63	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	1,91	00'0	00'0	00'0	0,00	2,65	0,00	00'0	0),00	00'0	0),00	00'0	1,69	00'0	1,12	00'0	0,65	00'0	0,00	1,44	1,50
stiguA	0,77	2,54	0,00	0,66	1,40	0,57	1,90	1, 12	0,00	4, 76	10,60	0,00	00'0	1, 75	0,64	00'0	2,91	00'0	9,72	5,31	2,98	2,73	2, 79	0,00	1,09	0, 75	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	00'0	1,10	0,00	0,00
oinŝtzragiH	0,00	0,00	0),00	0),00	0,00	0,57	00'00	00'00	00'00	0),00	0,00	0),00	00'00	00'00	00'00	00'00	00'00	00'00	0,00	00'00	0,00	00'00	0,00	0,00	0,00	00'00	0,00	0),00	0,00	0,00	00'00	00'00	0,00	0,00	0),00
BnaldnroH	17,46	21, 19	6,06	10,47	7,01	99'66	5, 70	0, 56	2, 87	2, 76	7, 26	3, 20	3, 57	4, 26	3, 18	4,81	3,88	1,08	9, 72	7, 96	5, 55	2, 73	1,68	4, 29	3,80	00'00	11,02	2, 33	1, 12	1, 12	1, 31	3,98	2, 76	0, 16	0,50
sjinsjiT	00'0	00'0	00'0	0,00	0,00	00'0	00'0	00'0	00'0	0,79	0,00	00'0	00'0	00'0	00'0	0,96	00'0	00'0	0,69	00'0	0,00	00'0	0,00	1,23	0,00	00'0	0,0	00'0	0,0	0,0	0,65	0,40	1,10	0,72	0,75
Granada	1,54	4,24	3,64	2,63	11,21	3,41	7,59	12,92	7,18	4,76	4,64	20,80	7,86	4,39	3,82	9,62	1,94	23,66	4,17	2,65	16,07	22,73	39,11	34,97	11,41	29,10	5,08	54,07	10,67	7,87	20,26	27,49	6,08	4,32	19,55
stinsmilli2	2,31	1,69	2,42	1,97	1,40	3,98	2,53	1,12	1,44	2,38	2,65	2,40	2,14	0,88	1,91	0,96	2,91	1,08	2,78	2,65	2,98	3,64	2,23	1,84	4,89	4,48	00'0	1,74	0,56	3,93	1,31	1,20	2,21	2,16	0,75
cianita	9,23	5,93	1,82	2,63	1,87	6,82	3,80	1,69	4,78	5,56	3,97	4,00	2,86	4,39	3,82	2,88	2,91	0,54	3,47	7,08	9,52	4,55	5,03	3,07	3,80	2,99	10,17	1,74	5,62	6,18	3,27	4,78	5,52	5,76	3,01
siifeqA	0,77	1,69	00'0	1,32	0,93	00'0	1,27	0,56	00'0	00'0	0,66	00'0	00'0	00'0	00'0	0,96	00'0	0,54	00'0	00'0	00'0	0,91	0,56	00'0	1,09	00'0	00'0	0,58	00'0	0,56	00'0	1,20	0,55	00'0	00'0
stisenoM	0,00	00'0	00'0	0,00	0,00	00'0	00'0	00'0	00'0	0,00	0,00	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	0,00	00'0	0,00	00'0	0,00	0,00	0,00	00'0	0,00	00'0	0,00	0,00	00'0	00'0	0,00	0,00	0,00
stisioZ	00'0	00'0	00'0	0,66	0,00	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	0,00	00'0	0,00	00'0	0,00	0,00	0,00	00'0	00'0	00'0	0,56	00'0	0,65	00'0	0,00	0,00	00'0
ejidzejziq	21,54	6,78	26,67	34,87	21,03	22,73	25,95	29,21	20,10	16,67	19,87	19,20	10,71	14,91	33,12	20,19	9,71	18,28	18,75	18,58	8,33	13,64	8,94	14,72	18,48	21,64	18,64	6,98	28,09	28,09	22,88	17,93	17,13	15,83	24,81
Estaurolita	8,46	5,93	13,33	7,89	11,68	12,50	5,06	24,16	20,57	23,02	9,93	16,00	42,14	28,95	9,55	3,85	6,80	30,65	9,03	1,77	7,14	7,27	4,47	6,13	2,72	0,75	10,17	8,14	12,92	8,99	14,38	10,36	4,42	14,39	20,30
oizštenA	00'0	00'0	00'0	00'0	0,00	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	0,00	00'0	0,00	00'0	0,00	00'0	0,00	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	0,00	0,00	00'0
Rutilo	00'0	00'0	0,61	00'0	0,93	0,57	00'0	1,12	0,48	1,59	00'0	3,20	00'0	00'0	1,27	0,96	00'0	2,69	0,00	00'0	0,00	0,91	0),00	1,23	0,54	00'0	00'0	1,16	0,56	1,12	00'0	0,40	0,00	0),00	00'0
enilem1uT	19,46	15,25	12,73	15, 18	14,95	10,80	19,62	8,99	11,96	9,94	15,92	6,40	15,71	15,91	17,20	15, 38	4,85	3, 23	6,94	18,58	15,29	11,82	3,91	11,04	19,02	14,93	16,95	4,07	16,29	15,73	13, 73	11, 16	30,94	30,78	13, 78
Zircão	0,77	0,85	1, 21	1, 32	7,01	6,82	0,63	3,93	5, 74	1,59	0,66	8,00	2,86	0,88	7,01	1,92	0,97	0,54	0,69	3,54	1, 79	0,91	1,68	5,52	0,54	0, 75	0,85	0,58	0,56	1, 12	1, 31	1,99	0,55	0,72	0, 75
Opacos	31,91	34,74	35,00	31,51	43,93	26,11	39,59	54,46	29,19	49,01	42,46	50,88	54,39	56,72	27,05	39,74	45,45	33,79	56,83	46,88	37,75	53,61	39,73	44,63	42,75	40,74	12,00	46,03	40,54	41,10	32,62	44,87	32,41	42,77	54,36
OtenodreD	0),00	0),00	0),00	1,00	1,16	00'0	00'0	00'0	0,62	0,91	3,08	1,75	00'0	0,74	0,82	2,65	00'0	0,69	2,19	4,69	4,63	1,03	0,00	2,48	0,00	4,44	5,60	1,06	1,35	1,37	0,71	1,08	0,69	1,89	0,67
stromA	JRD-01	JRD-02	JRD-03	JRD-04	JRD-05	JRD-06	JRD-07	JRD-08	JRD-09	JRD-10	JRD-11	JRD-12	JRD-13	JRD-14	JRD-15	JRD-16	JRD-17	JRD-18	JRD-19	JRD-20	JRD-21	JRD-22	JRD-23	JRD-24	JRD-25	JRD-26	JRD-27	JRD-28	JRD-29	JRD-30	JRD-31	JRD-32	JRD-33	JRD-34	JRD-35

## APÊNDICE 2: Contagem de minerais pesados em amostras de dunas.

## APÊNDICE 3: Contagem de minerais pesados em amostras de rios.

(%) sobeseq son sooifengeM	8,33	29,36	5,16	3,77	22,79	10,83	56,73	10,25
(),,	15	32	85	85	33	33	35	41
(%) sopesəd	ó	°0	2,	3,	2,	0,	2,	0
(g) sozitèngem oğN	0'0	50'0	0,43	1,53	0,30	50'0	0,34	0,11
(Ə) sositàngeM	0,00	0,04	0,02	0,06	0'0	0,01	0,44	0,01
(8) sopesəd	0,05	0,12	0,46	1,59	0,38	0,10	0,78	0,13
(S) səvəl	32,65	37,84	15,64	38,68	16,06	30,19	32,30	31,49
leizini ezzeM	32,93	38,04	16, 12	41, 34	16,49	30, 33	33, 18	31,67
Alterita	16,23	14,67	50,00	14,29	41,14	16,03	16,23	30,77
stizulebnA	0,65	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	0,65	0,85
oibìsqoiQ	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0
ejijej2n3	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0
Tremolita	0,65	00'00	00'0	00'00	00'00	00'00	00'00	00'00
stiguA	0,65	1,33	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	0,85
oinŝtzısqiH	0,00	0,00	00'00	0,00	00'00	0,00	00'00	0,00
ebn9ldn10H	60'6	10,67	14,81	11,43	6,96	8,33	7,74	12,82
ejinejiT	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ebenerð	1,95	13,33	3,70	31,43	15,19	4,49	8,44	5,98
stinsmilli2	00'0	1,33	1,85	00'0	1,27	1,28	00'00	2,56
Cianita	4,55	10,67	3,70	2,86	3,16	6,41	2,60	5,13
stiteqA	00'0	00'0	00'0	00'0	00'00	00'0	00'00	0,85
stisenoM	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0
stizioZ	1,95	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0	00'0
etirlsetzi9	40,91	12,00	7,41	8,57	8,86	24,36	25,97	23,08
etilotue‡2	3,90	10,00	9,26	11,43	9,49	23,08	7,14	5,98
oisètenA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
QlifuA	00'0	3,33	1,85	00'0	0,63	0,64	00'0	1,71
Enilem1uT	17,53	18,00	7,41	17,14	5,06	14,74	7,84	6,84
Zircão	1,95	4,67	00'0	2,86	8,23	0,64	23,38	2,56
soceO	32,09	60,52	83,45	81,75	57,25	43,53	40,24	42,10
Carbonato	1,49	00'0	0,69	00'0	00'0	00'0	5,00	00'0
ertsomA	URR-01	URR-02	URR-03	URR-04	URR-05	URR-06	URR-07	URR-08

#### APÊNDICE 4: Classificação e imagens da vegetação das dunas frontais.

 $http://www.plantsystematics.org/imgs/sv22/r/Poaceae\_Paspalum\_vaginatum\_36026.ht~ml$ 

http://ausgrass2.myspecies.info/content/panicum-racemosum

http://uruguay1.blogspot.com.br/2010/03/psamophilic-vegetation-la-vegetacion.html

http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Cakile\_maritima.jpeg

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Calycera\_crassifolia\_1.jpg

http://www.rbgsyd.nsw.gov.au/science/Evolutionary\_Ecology\_Research/Ecology\_of\_C umberland\_Plain\_Woodland/woodland\_plants/hydrocotyle\_bonariensis

http://worldcactus.blogfa.com/post/50

www.wikipedia.com

Código	Classificação	Foto
P-01	Panicum racemosum (P. Beauv.) Spreng Classificação Subclasse: Hagnolidae Novák ex Takht Superordem: Lilianae Takht Ordem: Poales small Família: "Poaceae Barnhart Gênero:Panicum L.	
P-02	Senecio crassiflorus (Poir.) DC Classe: Equiestopsida C. Agardh Subclasse: Magnolitidae Novák ex Takht Superordem: Asteranae Takht Ordem: Asterales Link Família: !Asteraceae Bect & J. Presl Gènero: ! Senecio L.	
P-03	Paspalum vaginatum Swartz, Olof (Peter) Classe: Equisebosida C. Agardh Subclasse: Magnolitidae Novák ex Takht Superordem: Lilianae Takht Ordem: Poales small Família: !Poaceae Barnhart Gènero: Paspalum L.	
P-04	Hydrocotyle bonariensis Lam. Classe: Equiestopsida C. Agardh Subclasse: Magnoliidae Novák ex Takht Superordem: Asteranae Takht Ordem: Apiales Nakai Família: Araliaceae Juss. Gènero: <i>Hydrocotyle</i> L.	
P-05	Cakite maritima Scop. Classe: Equisetopsida C. Agardh Subclasse: Magnoliidae Novák ex Takht Superordem: Rosanae Takht Ordem: Brassicales Bromhead Família: !!Brassicaceae Burnett Gênero: Cakile Mill.	
P-06	<i>Conyza pampeana</i> (Parodi) Cabrera Classe: Equisetopsida C.Agardh Subclasse: Magnoliidae Novák ex Takht Superordem: Asteranae Takht Ordem: Asterales Link Família: !Asteraceae Bect & J. Presl Gènero: !! <i>Conyza</i> Less.	
P-07	Carpobrotus edulis (L.) L. Bolus Classe: Equisefoncia (L.) L. Bolus Subclasse: Magnoliidae Novák ex Takht Superordem: Caryophyllan zar Takht Ordem: (Caryophyllae) zase. Re Brch & J.Presl. Família: !!Aizoaceae Martinov Gênero: Carpobrotus N.E. Br.	
P-08	Spartina cilitata Brongn. Classe: Equisetopsida C.Agardh Subclasse: Magnoliidae Novák ex Takht Superordem: Lilianae Takht Ordem: Poales small Família: !Poaceae Barnhart Gênero: Spartina Schreb.	
P-09	Calycera crassifolia Hicken Classe: Equisetopsida C.Agardh Subclasse: Magnolidae Novák ex Takht Superordem: Asteranae Takht Ordem: Asterales Link Família: Calyceraceae R. Br. Ex Rich Gênero: ! <i>Calycera</i> Cav.	
P-10	A identificação não foi confirmada pois a amostra estava em mau estado, mas provavelmente seja: <i>Calystegia soldanella</i> (L.) Roem. & Schult Classe: Equisetopsida C.Agardh Subclasse: Magnoliidae Novák ex Takht Superordem: Asteranae Takht Ordem: Solamales Juss. Ex Bercht & J. Presl Família: Convlulaceae Juss. Gènero: ! <i>Calystegia</i> R. Br.	