UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**MORFODINÂMICA E SEDIMENTOLOGIA DE CAMPOS DE DUNAS
TRANSGRESSIVOS DA REGIÃO DE JAGUARUNA-IMBITUBA,
SANTA CATARINA**

CAROLINE THAÍS MARTINHO

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO JULGADORA

Nome

Assinatura

Presidente: Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini

Examinadores: Prof. Dr. Kenitiro Suguio

Prof. Dr. Luiz José Tomazelli

SÃO PAULO
2004

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**MORFODINÂMICA E SEDIMENTOLOGIA DE
CAMPOS DE DUNAS TRANSGRESSIVOS DA
REGIÃO DE JAGUARUNA-IMBITUBA, SANTA CATARINA**

Caroline Thaís Martinho

Orientador: Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini

DEDALUS - Acervo - IGC

30900014300

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar

SÃO PAULO

2004

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho. Porém não posso deixar de agradecer especialmente:

Ao Prof. Dr. Paulo César Fonseca Giannini, cujos ensinamentos contribuíram de maneira direta para que eu me tornasse a pesquisadora que sou hoje, por sempre acompanhar de perto o trabalho, pelas idéias e discussões sempre construtivas, e por todo conhecimento que adquiri com ele ao longo de todos estes anos de trabalho em conjunto.

À Elaine A. da Silva Sinfrônio, Marcela Fachini e Mariana Cristina Victorino do Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências, pelo auxílio nas análises sedimentológicas.

Ao Prof. André Oliveira Sawakuchi (Fruta) pela amizade, pelas discussões e pela preciosa ajuda com a estatística e com a abertura de trincheiras, durante os trabalhos de campo.

Aos geólogos Oduvaldo Bessa Jr., Carlos Henrique Grohmann de Carvalho (Guano) e Deise Bentz pela paciência de me ensinar a trabalhar com georreferenciamento e vetorização de imagens.

À FAPESP pelo auxílio financeiro concedido sob forma de bolsa de mestrado e de projeto auxílio à pesquisa.

Aos meus pais por todo apoio e incentivo que sempre me deram, essenciais para meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Fernando, minha fonte de inspiração, companheiro em todos os momentos, por toda paciência, carinho e amor.

MORFODINÂMICA E SEDIMENTOLOGIA DE CAMPO DE DUNAS TRANSGRESSIVOS DA
REGIÃO DE JAGUARUNA-IMBITUBA, SANTA CATARINA

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	3
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	5
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	5
1.2. ÁREA DE ESTUDO	6
1.3. METAS E OBJETIVOS	7
1.4. JUSTIFICATIVA DA ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	8
CAPÍTULO 2- MÉTODOS	9
2.1. APROFUNDAMENTO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	9
2.2. AEROFOTOINTERPRETAÇÃO E ELABORAÇÃO DE MAPAS GEOMORFOLÓGICOS	9
2.3. TRABALHOS DE CAMPO	10
2.3.1. Abertura de trincheiras	11
2.3.2. Análise de fácies	11
2.3.3. Análise das superfícies de truncamento	12
2.3.4. Medidas de atitude de superfícies deposicionais e estratificações	12
2.3.5. Amostragem	13
2.4. ATIVIDADES DE LABORATÓRIO	13
2.4.1. Ensaios granulométricos	13
2.4.2. Análise densimétrica	13
2.4.3. Separação magnética de minerais pesados	14
2.4.4. Microscopia de grãos de minerais pesados	14
2.5. TRATAMENTO DOS RESULTADOS	14
2.5.1. Informações de campo	14
2.5.2. Resultados analíticos laboratoriais	15
CAPÍTULO 3- CLASSIFICAÇÃO DE DEPÓSITOS EÓLICOS	17
3.1. Histórico – definição de dunas	17
3.2. Classificação de dunas eólicas	18
3.3. Classificação das estruturas dos depósitos eólicos - superfícies de separação	19
CAPÍTULO 4 – CARACTERÍSTICAS GERAIS DA COSTA CENTRO-SUL CATARINENSE	21
4.1. CONTEXTO AMBIENTAL	21
4.1.1. Clima	21
4.1.2. Regime de ventos, ondas e marés	21
4.1.3. Nível relativo do mar (NRM)	22
4.2. UNIDADES EÓLICAS	22
CAPÍTULO 5- SISTEMAS EÓLICOS COSTEIROS QUATERNÁRIOS DE SANTA CATARINA	24
5.1. INTRODUÇÃO	24
5.2. FÁCIES MORFOLÓGICAS	24
5.2.1. Fácies com influência da vegetação	24
5.2.1.1. Dunas frontais	24

5.2.1.2. Rupturas de deflação	24
5.2.1.3. Dunas parabólicas	25
5.2.1.4. Rastros lineares	25
5.2.1.5. Retrocordões	25
5.2.1.6. Nebkhas	26
5.2.1.7. Montes residuais	26
5.2.1.8. Cordões de precipitação	26
5.2.2. Fácies sem influência da vegetação	26
5.2.2.1. Protodunas	26
5.2.2.2. Franjas de areia eólica	26
5.2.2.3. Dunas transversais	27
5.2.2.4. Planícies interdunares	27
5.2.2.5. Cadeias barcanóides	27
5.2.2.6. Extensões lineares	27
5.2.2.7. Depressões interdunares	27
5.2.2.8. Lobos deposicionais	27
5.3. ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES	27
CAPÍTULO 6 – SISTEMA PRAIA-DUNA FRONTAL (ÁREA FONTE)	30
6.1. INTRODUÇÃO	30
6.2. PRAIA DE IBIRAQUÊRA	31
6.2.1. Morfologia do sistema praia-duna	31
6.2.2. Sedimentologia do sistema praia-duna	34
6.3. PRAIA GRANDE DO SUL	43
6.3.1. Morfologia do sistema praia-duna	43
6.3.2. Sedimentologia do sistema praia-duna	47
CAPÍTULO 7 – CAMPOS DE DUNAS: FÁCIES MORFO-DEPOSICIONAIS	52
7.1. CAMPO DE DUNAS DE IBIRAQUÊRA	52
7.1.1. Morfologia geral	52
7.1.2. Fácies retrocordão	52
7.1.3. Fácies rastro linear residual	54
7.1.4. Fácies cadeia barcanóide	56
7.1.5. Fácies extensão linear	60
7.1.6. Fácies depressão interdunar	65
7.1.7. Fácies monte residual	67
7.1.8. Fácies cordão de precipitação	69
7.1.9. Fácies lobo deposicional	71
7.1.10. Comparação das fácies (variação ao longo do campo de dunas)	75
7.2. CAMPO DE DUNAS DA PRAIA GRANDE DO SUL	78
7.2.1. Morfologia geral	78
7.2.2. Dunas transversais	78
7.2.3. Planícies interdunares	84
7.2.4. Nebkhas	85
7.2.5. Cadeias barcanóides/transversais	86
7.2.6. Cordão de precipitação	88
7.2.7. Lobo deposicional	89
7.2.8. Comparação das fácies (variação ao longo do campo de dunas)	90
CAPÍTULO 8 – MIGRAÇÃO DOS CAMPOS DE DUNAS E IMPACTO ANTRÓPICO	93
8.1. MIGRAÇÃO DOS CAMPOS DE DUNAS	93
8.1.1. Campo de dunas de Ibiracüera	93
8.1.2. Campo de dunas da praia Grande do Sul	94
8.2. INTERFERÊNCIA ANTRÓPICA	94

CAPÍTULO 9 – CONCLUSÕES

9.1. FÁCIES - OBSERVAÇÕES GERAIS	99
9.2. COMPARAÇÕES ENTRE OS SISTEMAS PRAIA-DUNA	99
9.3. COMPARAÇÃO ENTRE OS CAMPOS DE DUNAS	101
9.4. DISCUSSÃO FINAL	101
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Sistemas deposicionais quaternários da região de Imituba-Jaguaruna. Baseado em Giannini & Santos (1994).	7
Figura 3.1. Modelos idealizados de formação de superfícies de truncamento segundo Carvalho & Giannini (inédito). A) de segunda ordem, modificado de Brookfield (1977) e B) de primeira, segunda e terceira ordem, modificado de Brookfield (1977) e Kocurek (1988).	20
Figura 5.1. Ilustração esquemática das duas associações de fácies encontradas na região. A) Associação de fácies maciça ou proximal. B) Associação de fácies deflacionar ou distal. Modificada de Giannini (2002)	29
Figura 6.1: Terminologia de ambientes e subambientes litorâneos, proposta por Angulo (1996). Modificado de Angulo (1996).	30
Figura 7.1. Visão geral do retrocordão na traseira do campo de dunas (RC, Anexo 3).	53
Figura 7.2. Trincheira aberta no retrocordão para descrição de estruturas internas.	53
Figura 7.3. A) Fotografia e B) fotointerpretação das estruturas encontradas na trincheira de retrocordão. Três séries de estratificações cruzadas podem ser observadas. A linha vermelha ilustra superfície de 3ª ordem.	53
Figura 7.4. Trincheira aberta na porção distal. Ao fundo ruptura de deflação retrabalhando o rastro linear.	55
Figura 7.5. Detalhe da trincheira na porção distal: duas séries de estratificações.	55
Figura 7.6. Corte longitudinal no rastro linear, porção distal. Observa-se o truncamento entre a série superior e inferior.	55
Figura 7.7. Visão geral da trincheira aberta na porção proximal do rastro linear.	55
Figura 7.8. A) Fotografia e B) fotointerpretação das estruturas encontradas na trincheira na porção proximal do rastro linear. Duas séries de estratificações cruzadas podem ser observadas, a inferior sendo truncada pela superior. A linha vermelha ilustra superfície de 3ª ordem.	56
Figura 7.9. Cadeia barcanóide estudada (CB, Anexo 3), com as três extensões lineares apontadas com as flechas.	58
Figura 7.10. Trincheira aberta na crista da cadeia barcanóide.	58
Figura 7.11. A) Fotografia e B) fotointerpretação das estruturas encontradas na trincheira de cadeia barcanóide. Pelo menos oito séries de estratificações cruzadas podem ser observadas. As linhas vermelhas equivalem a superfícies de 3ª ordem e as linhas verdes representam possíveis superfícies de deflação por ventos reversos.	58
Figura 7.12. Tipos de depósitos em dunas barcanas, segundo Hunter (1977).	60
Figura 7.13. Padrão de forma de leito formado pela combinação de elementos longitudinais e transversais segundo Wilson (1972).	62
Figura 7.14. Extensão linear na concavidade da cadeia barcanóide.	62
Figura 7.15. Exposição de estruturas sedimentares da extensão linear.	62
Figura 7.16. Série de oito trincheiras abertas ao longo do declive externo da extensão linear.	62
Figura 7.17. Trincheira 1, série 1 de estratificações cruzadas.	62
Figura 7.18. Trincheira 2, série 1 de estratificações cruzadas.	62
Figura 7.19. Trincheira 3, contato entre séries. Série 1 (inferior) e série 2.	62
Figura 7.20. Trincheira 4, série 2 de estratificação cruzada.	63
Figura 7.21. Trincheira 5, contato angular entre série 2 e série 3.	63
Figura 7.22. Trincheira 6, contato entre séries. Série 3 e série 4.	63
Figura 7.23. Trincheira 7, série 4 de estratificação cruzada.	63
Figura 7.24. Trincheira 8, série 4 de estratificação cruzada, deformada.	63
Figura 7.25. Detalhe da trincheira 8: deformação provavelmente produzida por pisoteamento.	63
Figura 7.26. Fotografia e fotointerpretação de afloramento na extensão linear. Pelo menos quatro séries de estratificações cruzadas são observadas, com padrão entrelaçado em "Z". As linhas vermelhas equivalem a superfícies de 3ª ordem.	64
Figura 7.27. Depressão interdunar e abertura de trincheira (DI, Anexo 3).	66

Figura 7.28. Trincheira aberta na depressão interdunar.	66
Figura 7.29. A) Fotografia e B) fotointerpretação das estruturas encontradas na trincheira de depressão interdunar. Duas séries de estratificações podem ser observadas, uma inferior e outra superior. A linha vermelha ilustra superfície de 3ª ordem.	66
Figura 7.30. Monte residual no campo de dunas, com visão da cadeia barcanóide ao fundo (MR, Anexo 3).	67
Figura 7.31. Monte residual estudado, com barlavento erodido expondo estruturas sedimentares internas.	67
Figura 7.32. A) Fotografia e B) fotointerpretação de corte natural, no barlavento do monte residual, com predomínio de estratificações planares sub-horizontais.	68
Figura 7.33. Detalhe de truncamentos observados em corte natural de barlavento de monte residual. A) Fotografia e B) fotointerpretação de detalhe.	68
Figura 7.34. Visão geral do trecho estudado do cordão de precipitação (CP, Anexo 3).	69
Figura 7.35. Trincheira aberta na crista do cordão de precipitação.	69
Figura 7.36. Visão geral das estruturas internas encontradas na trincheira do cordão de precipitação.	70
Figura 7.37. Detalhe das estruturas deformadas por agitação das plantas pelo vento.	70
Figura 7.38. Cordão de precipitação antigo com estruturas sedimentares expostas pela deflação atual.	70
Figura 7.39. Visão frontal do lobo deposicional estudado no campo de dunas de Ibraquêra com medidas da altura dos flancos e frente do lobo (LD, Anexo 3).	72
Figura 7.40. Abertura da trincheira na lateral esquerda de lobo deposicional em Ibraquêra. Notar concentrações de minerais pesados nas calhas de marcas onduladas.	72
Figura 7.41. A) Fotografia e B) fotointerpretação das estruturas encontradas na trincheira do flanco esquerdo do lobo deposicional.	73
Figura 7.42. A) Fotografia e B) fotointerpretação de dobras de fluidificação encontradas em trincheira, na base do flanco esquerdo do lobo deposicional.	73
Figura 7.43. Níveis de concentração de minerais pesados (mais escuros) e níveis de sedimentos mais grossos (sobressalentes) em trincheira no flanco esquerdo do lobo deposicional.	73
Figura 7.44. A) Fotografia e B) fotointerpretação das estruturas sedimentares expostas em trincheira na frente do lobo deposicional. As linhas vermelhas representam superfícies de terceira ordem.	74
Figura 7.45. Dunas transversais junto à praia Grande do Sul em situação de maré baixa.	83
Figura 7.46. Dunas transversais ao longo da praia Grande do Sul durante maré alta.	83
Figura 7.47. Lateral de duna transversal escarpada por fluxo pulsátil durante maré alta.	83
Figura 7.48. Estratificações cruzadas (fácies de duna transversal) intercaladas com estratificações plano-paralelas (fácies de espraiamento de preamar), em escarpa de duna transversal.	83
Figura 7.49. Trincheira aberta em crista de duna transversal.	84
Figura 7.50. Duas séries de estratificações cruzadas separadas por superfície de 3ª ordem (linha vermelha). Trincheira em duna transversal.	84
Figura 7.51. Interduna úmida, parcialmente vegetada.	84
Figura 7.52. Interduna alagada por marés de tempestade.	84
Figura 7.53. Marcas onduladas na superfície da interduna, com superimposição de marcas de adesão.	85
Figura 7.54. Trincheira aberta na interduna	85
Figura 7.55. A) Fotografia e B) fotointerpretação das estruturas encontradas na trincheira da interduna. Observam-se séries de estratificações cruzadas tangenciais na base, sobre estratificações plano-paralelas ligeiramente onduladas	85
Figura 7.56. Nebkhas em planície interdunar junto à praia Grande do Sul, próximo à vila de Garopaba do Sul, Jaguaruna.	86
Figura 7.57. Nebkhas na margem interna do campo de dunas, ao interior das dunas transversais em Garopaba do Sul (ao fundo, sambaqui).	86
Figura 7.58. Nebkhas na margem interna do campo de dunas, ao interior das dunas transversais.	86
Figura 7.59. Trincheira aberta em nebkha da fotografia anterior.	86
Figura 7.60. A) Fotografia e B) fotointerpretação das estruturas encontradas em trincheira aberta no nebkha. A camada superior apresenta estratificações cruzadas de baixo ângulo truncadas por superfícies de 3ª ordem (linhas em vermelho). A camada inferior caracteriza-se por estratificação sub-horizontal alternando níveis claros e escuros (destacados com linhas grossas), mosqueados, sem estrutura interna aparente.	86
Figura 7.61. Cadeias barcanóides/transversais na localidade de Campo Bom, Jaguaruna.	87
Figura 7.63. Afloramento de areias antigas (unidade 2) na depressão interdunar entre duas cadeias barcanóides em Campo Bom, Jaguaruna.	87
Figura 7.62. Cadeias barcanóides/transversais na localidade de Arroio Corrente, Jaguaruna.	87
Figura 7.64. Aspecto geral do cordão de precipitação do campo de dunas da praia Grande do Sul, nos arredores de Arroio Corrente.	88
Figura 7.65. Cordão de precipitação nas proximidades de Arroio Corrente, com sinuosidades formadas por frentes de avanço secundárias do campo de dunas.	88
Figura 7.66. Lobo deposicional em meio ao vilarejo de Campo Bom.	89

Figura 7.67. Visão frontal do lobo deposicional, em Campo Bom, evidenciando densa vegetação no sopé.	89
Figura 8.1. Zona urbana ao redor do campo de dunas de Ibiraquêra, estabelecida essencialmente dentro dos últimos 15 anos.	95
Figura 8.2. Casa junto à duna frontal, próximo ao limite norte de Ibiraquêra. Notar emprego de Casuarina maritima como "cerca viva".	95
Figura 8.3. Casa e plantação de Casuarina maritima junto à duna frontal, próximo ao limite norte de Ibiraquêra: obstáculo ao aporte eólico para o campo de dunas.	95
Figura 8.4. Lavra de extração de areia do campo de dunas por empresa de mineração: redução do volume de areia.	95
Figura 8.5. Desembocadura lagunar do Camacho, barreira ao aporte eólico	96
Figura 8.6. Obra de engenharia para manter constante a abertura da desembocadura lagunar do Camacho.	96

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 6.1. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio das areias da zona de espraiamento médio (A) e da antepraia emersa (B) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	34
Gráfico 6.2. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão das areias da zona de espraiamento médio (A) e da antepraia emersa (B) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	35
Gráfico 6.3. Diagrama de dispersão binária da assimetria das areias da zona de espraiamento médio (A) e da antepraia emersa (B) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	35
Gráfico 6.4. Diagrama de dispersão binária da curtose das areias da zona de espraiamento médio (A) e da antepraia emersa (B) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	35
Gráfico 6.5. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média na zona de espraiamento médio (A) e na antepraia emersa (B) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	36
Gráfico 6.6. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia fina na zona de espraiamento médio (A) e na antepraia emersa (B) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	36
Gráfico 6.7. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina na zona de espraiamento médio (A) e na antepraia emersa (B) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	36
Gráfico 6.8. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio das areias da protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	37
Gráfico 6.9. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão das areias da protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	37
Gráfico 6.10. Diagrama de dispersão binária da assimetria das areias da protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	38
Gráfico 6.11. Diagrama de dispersão binária da curtose das areias da protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	38
Gráfico 6.12. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	38
Gráfico 6.13. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia fina na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	39
Gráfico 6.14. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	39
Gráfico 6.15. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados na zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	40
Gráfico 6.16. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos na zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	40
Gráfico 6.17. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis na zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	40
Gráfico 6.18. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis na zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	40
Gráfico 6.19. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis na zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	41

Gráfico 6.20. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral na zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.	41
Gráfico 6.21. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	41
Gráfico 6.22. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	41
Gráfico 6.23. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	41
Gráfico 6.24. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	41
Gráfico 6.25. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	41
Gráfico 6.26. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	41
Gráfico 6.27. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	42
Gráfico 6.28. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	42
Gráfico 6.29. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	42
Gráfico 6.30. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	42
Gráfico 6.31. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	42
Gráfico 6.32. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	42
Gráfico 6.33. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados na duna frontal estabelecida em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	42
Gráfico 6.34. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos na duna frontal estabelecida em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	42
Gráfico 6.35. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis na duna frontal estabelecida em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	43
Gráfico 6.36. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis na duna frontal estabelecida em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	43
Gráfico 6.37. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis na duna frontal estabelecida em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	43
Gráfico 6.38. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral na duna frontal estabelecida em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra	43
Gráfico 6.39. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio das areias da zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	47
Gráfico 6.40. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio das areias da antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	47
Gráfico 6.41. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão das areias da zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	47
Gráfico 6.42. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão das areias da antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	47
Gráfico 6.43. Diagrama de dispersão binária da assimetria das areias da zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	48
Gráfico 6.44. Diagrama de dispersão binária da assimetria das areias da antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	48
Gráfico 6.45. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média da zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	48
Gráfico 6.46. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média da antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	48
Gráfico 6.47. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia fina da zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	48
Gráfico 6.48. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia fina da antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	48

Gráfico 6.50. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina da antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	48
Gráfico 6.49. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina da zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	48
Gráfico 6.51. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio na duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia Grande do Sul no trecho entre Arroio Corrente e Campo Bom.	49
Gráfico 6.52. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão da duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia Grande do Sul no trecho entre Arroio Corrente e Campo Bom.	49
Gráfico 6.53. Diagrama de dispersão binária da assimetria na duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia Grande do Sul no trecho entre Arroio Corrente e Campo Bom.	49
Gráfico 6.54. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média na duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia Grande do Sul no trecho entre Arroio Corrente e Campo Bom.	49
Gráfico 6.55. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia fina na duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia Grande do Sul no trecho entre Arroio Corrente e Campo Bom.	49
Gráfico 6.56. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina na duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia Grande do Sul no trecho entre Arroio Corrente e Campo Bom.	49
Gráfico 6.57. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados na zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	50
Gráfico 6.58. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos na zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	50
Gráfico 6.59. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis na zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	50
Gráfico 6.60. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis na zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	50
Gráfico 6.61. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis na zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	50
Gráfico 6.62. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral na zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	50
Gráfico 6.63. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	51
Gráfico 6.64. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	51
Gráfico 6.65. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	51
Gráfico 6.66. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	51
Gráfico 6.67. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	51
Gráfico 6.68. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	51
Gráfico 7.1. Diâmetro médio das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de retrocórdão.	54
Gráfico 7.2. Desvio padrão das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de retrocórdão.	54
Gráfico 7.3. Porcentagem de areia média das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de retrocórdão.	54
Gráfico 7.4. Porcentagem de areia fina das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de retrocórdão.	54
Gráfico 7.5. Porcentagem de areia muito fina das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de retrocórdão.	54
Gráfico 7.6. Diâmetro médio das séries (superior e inferior) de estratificações de rastro linear, em dois pontos diferentes.	56
Gráfico 7.7. Desvio padrão das séries (superior e inferior) de estratificações de rastro linear, em dois pontos diferentes.	56
Gráfico 7.8. Porcentagem de areia grossa das séries (superior e inferior) de estratificações de rastro linear, em dois pontos diferentes.	56
Gráfico 7.9. Porcentagem de areia média das séries (superior e inferior) de estratificações de rastro linear, em dois pontos diferentes.	56

Gráfico 7.10. Porcentagem de areia fina das séries (superior e inferior) de estratificações de rastro linear, em dois pontos diferentes.	56
Gráfico 7.11. Porcentagem de areia muito fina das séries (superior e inferior) de estratificações de rastro linear, em dois pontos diferentes.	56
Gráfico 7.12. Diagramas circulares de rosa-de-freqüências com medidas de rumo de mergulho de face sotavento de cadeia barcanóide: A) Perfil 1 de direção N090. B) Perfil 2 de direção N010. C) Perfil 3 de direção N030. D) Perfil 4. E) Todos os quatro perfis de sotavento juntos.	59
Gráfico 7.13. Diagramas circulares de rosa-de-freqüências com medidas de rumo de mergulho de face barlavento de cadeia barcanóide: A) Perfil 5 de direção N155. B) Perfil 6 de direção N020. C) Perfil 7 de direção N240. D) Perfil 8 de direção N010. E) Todos os quatro perfis de barlavento juntos.	59
Gráfico 7.14. Diagrama circular de rosa-de-freqüências com medidas de rumo de mergulho de estratificações encontradas na trincheira.	60
Gráfico 7.15. Diâmetro médio dos sedimentos da base, meio e topo da face sotavento de cadeia barcanóide.	60
Gráfico 7.16. Desvio padrão dos sedimentos da base, meio e topo da face sotavento de cadeia barcanóide.	60
Gráfico 7.17. Porcentagem de areia média dos sedimentos da base, meio e topo da face sotavento de cadeia barcanóide.	60
Gráfico 7.18. Porcentagem de areia fina dos sedimentos da base, meio e topo da face sotavento de cadeia barcanóide.	60
Gráfico 7.19. Porcentagem de areia muito fina dos sedimentos da base, meio e topo da face sotavento de cadeia barcanóide.	60
Gráfico 7.20. Diagramas circulares de rosa-de-freqüências com medidas de rumo de mergulho das séries de estratificações cruzadas planares A, B, C e D encontradas no afloramento da Figura 7.26.	64
Gráfico 7.21. Diâmetro médio das séries de estratificações cruzadas (da base para o topo) de extensão linear.	65
Gráfico 7.22. Desvio padrão das séries de estratificações cruzadas (da base para o topo) de extensão linear.	65
Gráfico 7.23. Porcentagem de areia grossa das séries de estratificações cruzadas (da base para o topo) de extensão linear.	65
Gráfico 7.24. Porcentagem de areia média das séries de estratificações cruzadas (da base para o topo) de extensão linear.	65
Gráfico 7.25. Porcentagem de areia fina das séries de estratificações cruzadas (da base para o topo) de extensão linear.	65
Gráfico 7.26. Porcentagem de areia muito fina das séries de estratificações cruzadas (da base para o topo) de extensão linear.	65
Gráfico 7.27. Diâmetro médio das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de depressão interdunar.	66
Gráfico 7.28. Desvio padrão das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de depressão interdunar.	66
Gráfico 7.29. Porcentagem de areia média das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de depressão interdunar.	66
Gráfico 7.30. Porcentagem de areia fina das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de depressão interdunar.	67
Gráfico 7.31. Porcentagem de areia muito fina das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de depressão interdunar.	67
Gráfico 7.32. Diagrama circular de rosa-de-freqüências com medidas de rumo de mergulho de estratificações encontradas no monte residual.	68
Gráfico 7.33. Porcentagem de areia grossa, média, fina e muito fina nos sedimentos de monte residual.	68
Gráfico 7.34. Diagramas circulares de rosa-de-freqüências com medidas de rumo de mergulho de cordão de precipitação. A) Face de avalanche, B) estratificações cruzadas encontradas na trincheira, C) estratificação encontrada em afloramento de cordão de precipitação antigo.	70
Gráfico 7.35. Diâmetro médio dos sedimentos da base, meio e topo do flanco externo de cordão de precipitação.	71
Gráfico 7.36. Desvio padrão dos sedimentos da base, meio e topo do flanco externo de cordão de precipitação.	71
Gráfico 7.37. Porcentagem de areia média dos sedimentos da base, meio e topo do flanco externo de cordão de precipitação.	71
Gráfico 7.38. Porcentagem de areia fina dos sedimentos da base, meio e topo do flanco externo de cordão de precipitação.	71
Gráfico 7.39. Porcentagem de areia muito fina dos sedimentos da base, meio e topo do flanco externo de cordão de precipitação.	71

Gráfico 7.40. Diagramas circulares de rosa-de-freqüências com medidas de rumo de mergulho obtidas em lobo deposicional. A) Flanco direito, B) frente, C) flanco esquerdo.	72
Gráfico 7.41. Diâmetro médio dos sedimentos da base, meio e topo do flanco de lobo deposicional.	74
Gráfico 7.42. Desvio padrão dos sedimentos da base, meio e topo do flanco de lobo deposicional.	74
Gráfico 7.43. Porcentagem de areia média dos sedimentos da base, meio e topo do flanco de lobo deposicional.	74
Gráfico 7.44. Porcentagem de areia fina dos sedimentos da base, meio e topo do flanco de lobo deposicional.	75
Gráfico 7.45. Porcentagem de areia muito fina dos sedimentos da base, meio e topo do flanco de lobo deposicional.	75
Gráfico 7.46. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio das fácies do campo de dunas de Ibiraquê em função da distância da fonte praial.	76
Gráfico 7.47. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão das fácies do campo de dunas de Ibiraquê em função da distância da fonte praial.	76
Gráfico 7.48. Diagrama de dispersão binária da assimetria das fácies do campo de dunas de Ibiraquê em função da distância da fonte praial.	76
Gráfico 7.49. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média das fácies do campo de dunas de Ibiraquê em função da distância da fonte praial.	76
Gráfico 7.50. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia fina das fácies do campo de dunas de Ibiraquê em função da distância da fonte praial.	76
Gráfico 7.51. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina das fácies do campo de dunas de Ibiraquê em função da distância da fonte praial.	76
Gráfico 7.52. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados nas fácies do campo de dunas de Ibiraquê em função da distância da fonte praial.	77
Gráfico 7.53. Diagrama de dispersão binária da freqüência de minerais opacos nas fácies do campo de dunas de Ibiraquê em função da distância da fonte praial.	77
Gráfico 7.54. Diagrama de dispersão binária da freqüência de minerais ultraestáveis nas fácies do campo de dunas de Ibiraquê em função da distância da fonte praial.	77
Gráfico 7.55. Diagrama de dispersão binária da freqüência de minerais metaestáveis nas fácies do campo de dunas de Ibiraquê em função da distância da fonte praial.	77
Gráfico 7.56. Diagrama de dispersão binária da freqüência de minerais instáveis nas fácies do campo de dunas de Ibiraquê em função da distância da fonte praial.	78
Gráfico 7.57. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral nas fácies do campo de dunas de Ibiraquê em função da distância da fonte praial.	78
Gráfico 7.58. Diagrama de dispersão binária da altura das dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	79
Gráfico 7.59. Diagrama de dispersão binária do espaçamento das dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	79
Gráfico 7.60. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio das dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	80
Gráfico 7.61. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão das dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	80
Gráfico 7.62. Diagrama de dispersão binária da assimetria das dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	80
Gráfico 7.63. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média das dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	80
Gráfico 7.64. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia fina das dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	80
Gráfico 7.65. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina das dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	80
Gráfico 7.66. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio em função da altura das dunas transversais.	81
Gráfico 7.67. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão em função da altura das dunas transversais.	81
Gráfico 7.68. Diagrama de dispersão binária da assimetria em função da altura das dunas transversais.	81
Gráfico 7.69. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média em função da altura das dunas transversais.	81
Gráfico 7.70. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina em função da altura das dunas transversais.	81
Gráfico 7.71. Diagrama de dispersão binária do espaçamento em função da altura das dunas transversais.	81
Gráfico 7.72. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados nas dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	82

Gráfico 7.73. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos nas dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	82
Gráfico 7.74. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis nas dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	82
Gráfico 7.75. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis nas dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	82
Gráfico 7.76. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis nas dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	82
Gráfico 7.77. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral nas dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.	82
Gráfico 7.78. Variação do diâmetro médio das cadeias barcanóides ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.	87
Gráfico 7.79. Variação do desvio padrão das cadeias barcanóides ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.	87
Gráfico 7.80. Variação da porcentagem de areia média das cadeias barcanóides ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.	87
Gráfico 7.81. Variação da porcentagem de areia fina das cadeias barcanóides ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.	88
Gráfico 7.82. Variação da porcentagem de areia muito fina das cadeias barcanóides ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.	88
Gráfico 7.83. Variação do diâmetro médio do cordão de precipitação ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.	89
Gráfico 7.84. Variação do desvio padrão do cordão de precipitação ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.	89
Gráfico 7.85. Variação da porcentagem de areia média do cordão de precipitação ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.	89
Gráfico 7.86. Variação da porcentagem de areia fina do cordão de precipitação ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.	89
Gráfico 7.87. Variação da porcentagem de areia muito fina do cordão de precipitação ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.	89
Gráfico 7.88. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.	90
Gráfico 7.89. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.	90
Gráfico 7.90. Diagrama de dispersão binária da assimetria nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.	90
Gráfico 7.91. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.	90
Gráfico 7.92. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia fina nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.	91
Gráfico 7.93. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.	91
Gráfico 7.94. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.	91
Gráfico 7.95. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.	91
Gráfico 7.96. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.	91
Gráfico 7.97. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.	91
Gráfico 7.98. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.	92
Gráfico 7.99. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.	92

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1. Valores dos erros médios quadráticos (RMS) produzidos no georreferenciamento das fotografias aéreas.	9
Quadro 3.1. Hierarquia das formas de leito eólicas sugerida por Wilson (1972).	17
Quadro 3.2. Classificação de dunas eólicas proposta por McKee (1979)	18

Quadro 6.1. Síntese descritiva dos pontos de amostragem da praia de Ibiraquêra, apresentados de N para S.	31
Quadro 6.2. Síntese descritiva dos pontos de amostragem na praia Grande do Sul, ao longo do trecho entre a desembocadura lagunar do Arroio Corrente e o vilarejo de Campo Bom, apresentados de N para S.	44
Quadro 8.1. Evolução do campo de dunas de Ibiraquêra em três datas, entre 1956 e 1995. Observar o aumento dos efeitos da interferência antrópica, tais como a expansão da planície de deflação e o aumento das áreas urbanizadas nas extremidades NE e SW da praia.	97
Quadro 8.2. Evolução do campo de dunas da praia Grande do Sul em três datas, entre 1956 e 1995. Observar o aumento dos efeitos da interferência antrópica, tais como abertura definitiva da desembocadura lagunar do Camacho, crescimento de loteamentos e áreas urbanizadas e aumento de áreas vegetadas dentro do campo de dunas.	98
Quadro 9.1. Síntese das fácies estudadas, relacionando forma, estrutura, processos e influência da vegetação.	103

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 8.1. Medidas de deslocamento de feições do campo de dunas de Ibiraquêra, ao longo de 39 anos (1956 a 1995). A posição dos pontos medidos encontra-se no Anexo 5.	93
Tabela 8.2. Medidas de deslocamento de feições do campo de dunas da praia Grande do Sul, ao longo de 39 anos (1956 a 1995). A posição dos pontos medidos encontra-se no Anexo 6.	94

RESUMO

Nos campos de dunas transgressivos ativos da costa centro-sul de Santa Catarina, reconhecem-se, com base em critérios morfológicos, duas associações de fácies eólicas (ou *draas* costeiros) distintas, denominadas proximal e distal. A associação de fácies proximal predomina principalmente a sul do cabo de Santa Marta, onde se estende por vários quilômetros ao longo da costa, sem apresentar fácies deflacionares. A associação de fácies distal predomina a norte de Laguna (SC), possui menor extensão e planícies de deflação separando o campo de dunas da praia. Um estudo faciológico foi realizado, em ambas as associações de fácies, com o propósito de confrontar as fácies morfológicas (processo-forma) com sua fácies deposicionais correspondentes (forma-produto), baseado em descrições de granulometria, mineralogia, estruturas sedimentares e superfícies de separação. Os campos de dunas estudados localizam-se junto à praia de Ibiraquêra, município de Imbituba, e praia Grande do Sul, município de Jaguaruna, e correspondem a associação de fácies distal e proximal, respectivamente.

Há diferenças importantes entre os dois campos de dunas estudados, no que diz respeito às características do sistema praia-duna adjacente, à faciologia, à forma, tamanho e volume de sedimentos e à relação entre orientação da linha de costa e direção do vento efetivo.

Deduz-se para a praia de Ibiraquêra, a existência de duas celas de deriva litorânea longitudinal, uma com rumo NE e a outra com rumo SW, cujo ponto de divergência localiza-se aproximadamente na sua parte central. Dunas frontais ocorrem em praticamente em toda orla praial, contudo, há variação morfológica de NE para SW desta feições. A NE, as dunas frontais aparecem instabilizadas pela grande quantidade de sedimentos aí estocados. Para SW, o aporte sedimentar é reduzido, e conseqüentemente, as dunas frontais ocorrem mais estabilizadas, sob forma de cordões. O campo de dunas de Ibiraquêra possui geometria parabólica, poucos quilômetros de extensão e migra para o interior, separado da praia por uma planície de deflação. Seu eixo maior faz ângulo de aproximadamente 25° com a linha de costa. Rastros lineares e retrocordões são as fácies que limitam o campo de dunas e a planície de deflação. Cadeias barcanóides, extensões lineares, depressões interdunares e montes residuais ocorrem ao longo de todo o campo de dunas. Cordões de precipitação e lobos deposicionais são as fácies que compõem a margem interna e frontal do campo de dunas, respectivamente. Observa-se, de NE para SW, ao longo do campo de dunas, tendência para aumento da maturidade textural e mineralógica dos sedimentos.

A praia Grande do Sul apresenta rumo de deriva litorânea longitudinal predominantemente, para NE. Ao longo de toda sua extensão, ocorrem dunas transversais junto à antepraia superior, com exceção do trecho entre Arroio Corrente e Campo Bom, onde há a presença de dunas frontais. O campo de dunas da praia Grande do Sul possui dezenas de quilômetros de extensão, migrando paralelamente à praia. Fácies sem influência da vegetação predominam neste campo de

dunas, devido à ausência de planície de deflação. Entre as dunas transversais ocorrem planícies interdunares, nas quais os *nebkhas* são feições freqüentes. De NE para SW, a quantidade de areia do campo de dunas tende a aumentar, e para o interior, as dunas transversais transformam-se em cadeias barcanóides. Nas margens interna e frontal do campo de dunas, ocorrem cordões de precipitação e lobos deposicionais, respectivamente. Ao longo do campo de dunas, de NE para SW, observa-se tendência para afinamento e queda do teor de minerais pesados e índice ZTR. O campo de dunas da praia Grande do Sul, quando comparado ao de Ibraquêra, possui maiores dimensões, sedimentos mais finos e mais ricos em minerais pesados de mais baixa densidade (turmalina, metaestáveis e instáveis).

Duas hipóteses, relacionadas ou não entre si, podem explicar as diferenças encontradas entre os campos de dunas. A primeira evoca maior volume de areia disponível para o transporte eólico na praia Grande do Sul, ligado à maior largura e menor declividade da plataforma interna adjacente. A segunda hipótese considera que o contraste de orientação da linha de costa favorece a manutenção do aporte eólico dentro do sistema praia - campo de dunas cuja direção seja mais paralela ao vento efetivo de NE, portanto na praia Grande do Sul. As diferenças granulométricas podem ser explicadas pela extensão dos campos de dunas. O campo de dunas mais extenso (praia Grande do Sul) produziria sedimentos mais finos e melhor selecionados devido à maior distância de transporte.

ABSTRACT

In the active transgressive dunefields of Santa Catarina mid-south coast, two eolian facies associations (coastal *draas*) are recognizable, based in morphological criteria, named proximal and distal. The proximal facies association predominates at south of Santa Marta cape and extends for many kilometers along the coast, without presenting deflationary facies. The distal facies association predominates at north from Laguna (SC). It has shorter length and a deflation plain that separates the dunefield from the beach. A faciological study was carried out in both facies associations, with the purpose of confronting the morphological facies (process-form) with their correspondent depositional facies (form-product), based on descriptions of grain size, mineralogy, sedimentary structures and bounding surfaces. The studied dunefields locate adjacent to the Ibiraquera beach, Imbituba county, and Grande do Sul beach, Jaguaruna county, corresponding to the distal and proximal facies association, respectively.

There are important differences between these two dunefields related to their beach-dune system characteristics, faciology, shape, size, volume of sediments and relationship between the orientation of the coastline and the effective wind direction.

The Ibiraquera beach has two cells of longshore drift current, one with NE direction and the other with SW direction, which divergence point locates at the mid of the beach extension. Foredunes occur along the whole beach, although they have morphological variations from NE to SW. At NE the foredunes appear to be instabilized by the great amount of sediments budged in this area. Toward the SW limit of the beach, the sand supply is reduced, and consequently, the foredunes are more stabilized, and have a ridge shape. The Ibiraquera dunefield has a parabolic geometry, extension of few kilometers and migrates inland, separated from the beach by a vegetated deflation plain. Its long axis is 25° oblique to the coastline. Trailing ridges and *gegenwalle* ridges are the facies that limit the dunefield and the deflation plain. Barchanoid chains, linear extensions, interdune depressions and remnant knobs occur inside the dunefield. Precipitation ridge and parabolic depositional lobe are respectively in the inner margin and in the front of the dunefield. From NE to SW the dunefield trend to increase the textural and mineralogical maturity.

The Grande do Sul beach presents net longshore drift, to NE. Along its extension, transversal dunes occur beside the superior foreshore, excepting the area between Arroio Corrente and Campo Bom, where there are foredunes. The Grande do Sul dunefield, with extension of tens of kilometers, migrates parallel to the beach. Non vegetated morphological facies predominate in this dunefield due to the absence of deflation plain. Between the transversal dunes, interdune plains occur, over which *nebkhas* are frequently found. Southward, the dunefield becomes a huge sand mass, with barchanoid chains and transversal dunes, ending with depositional lobes and precipitation ridges in the fore and inner border respectively. From NE to

SW, along the dunefield, there is a trend to fining and decreasing in the heavy minerals content and ZTR index. The Grande do Sul dunefield, when compared with Ibirapuera dunefield, has larger dimensions, finer grain size and higher content of low density heavy minerals (like tourmaline, metastable and instable)

Two hypotheses can explain the differences between these dunefields. The first one emphasizes the sand volume in each dunefield. Apparently, the Grande do Sul dunefield has larger sand volume available to the eolian transport and this sand probably comes from the adjacent inner shelf, which is wider and gentler than the Ibirapuera's inner shelf. The second hypothesis considers the angular relation between shoreline orientation and the effective wind direction. The maintenance of the eolian supply is favored inside the beach-dunefield system where the wind direction is more parallel to the prevalent wind from NE, i.e. the Grande do Sul dunefield. The grain size differences are explained by the length of the dunefields. The distance of transport is greater in Grande do Sul dunefield because it is longer than Ibirapuera dunefield. This would produce more reworked, finer and better sorted sediments.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os sistemas deposicionais são definidos como “uma unidade física tridimensional geneticamente definida, consistindo de um conjunto contíguo de fácies sedimentares relacionadas por processos” (Fisher & McGowen, 1967). Deste modo, os sistemas deposicionais seriam identificados, no registro geológico, a partir de modelos de fácies (Fisher & McGowen, 1967).

Um dos desafios clássicos no estudo de sistemas deposicionais eólicos é a construção deste modelo de fácies. A aparente monotonia de processos, estruturas e texturas eólicas é tão grande que Fisher (1983) chegou a aventar a possibilidade de tratar os depósitos eólicos como sistemas simples. O problema da abordagem sistêmica dos depósitos eólicos centra-se, portanto, na dificuldade de delimitação entre fácies ou associações de fácies e, por extensão, em que critérios se basear para o reconhecimento destas fácies (Giannini, 1993). Fisher (1983) baseia sua caracterização do sistema eólico na descrição de tipos morfológicos de dunas e na morfologia e constituição das interdunas. Soares (1992) considera as fácies eólicas da Bacia do Paraná como *registros de entidades morfológicas*. No Permiano da Bacia Chester, Inglaterra, Karpeta (1990) identifica três diferentes associações de fácies eólicas também com base na interpretação da morfologia: *draas* transversais, *draas* barcanóides e lençóis de areia (*sand sheets*) com dunas dômicas superimpostas. No Quaternário costeiro, faciologias fundadas em tipos morfológicos parecem adequadas, uma vez que estes tipos são quase sempre reconhecíveis em campo ou em aerofotografias, mantêm entre si relações dinâmicas discerníveis, e tendem a distribuir-se geograficamente segundo padrões determinados, que poderão deixar registros de sucessões verticais previsíveis (Giannini, 1993). Na área de estudo, a unidade eólica mais recente (unidade 4), correspondente a dunas ativas, teve sua faciologia estabelecida segundo critérios morfológicos (Giannini, 1993, 1998, 2002; Carvalho & Giannini, 1998; Martinho & Giannini, 2002; Martinho *et al.*, 2003), reconhecendo-se assim a existência de duas associações de fácies.

O problema da confusão terminológica para estas feições foi e continua sendo um desafio. Não há consenso na literatura, o que resulta na utilização ambígua ou contraditória de certos termos. Houve o intuito, portanto, de fazer uma revisão crítica da literatura, na tentativa de padronizar a terminologia e de correlacioná-la aos processos formadores da feição geomorfológica. A falta de referências bibliográficas para campos de dunas costeiras também é uma dificuldade, pois a maioria das feições geomorfológicas descritas correspondem a *draas* continentais, de desertos.

O estudo detalhado do conjunto de feições geomorfológicas existentes em campos de dunas ativas e de suas variáveis controladoras (como NRM, vegetação, aporte sedimentar, gradiente da plataforma etc) faz-se necessário, uma vez que a morfologia de depósitos eólicos aparece como um fator importante na caracterização de fácies eólicas.

Historicamente, a monotonia faciológica aparente dos sistemas eólicos tem conduzido à adoção de uma perspectiva que permite ver não apenas o registro deposicional em si, mas as grandes superfícies de descontinuidade física que resultam da migração das dunas e/ou das interrupções e mudanças bruscas na deposição. Estas descontinuidades, incluídas no que recentemente convencionou chamar-se de elementos arquiteturais (Miall 1996), compreendem superfícies de truncamento (*bounding surfaces*) de diferentes hierarquias e super-superfícies (Brookfield 1977; Kocurek 1981, 1988), cujo estudo vem revelando a complexidade dos sistemas eólicos. Kocurek & Havholm (1993) tentaram relacionar as superfícies de descontinuidade física de depósitos eólicos aos fatores controladores de preenchimento de bacias previstos nos modelos de estratigrafia de sequências (aporte e nível relativo do mar). Nesse contexto, estudos de caso de evolução de sistemas eólicos costeiros quaternários constituem um dos desafios mais importantes da estratigrafia moderna, pois é no Quaternário costeiro que as oscilações de suprimento e nível do mar podem ser reconhecidas com maior detalhe (Giannini *et al.*, 2001a, b).

1.2. ÁREA DE ESTUDO

Para a realização desta dissertação foi preciso escolher uma área que abrangesse diferentes tipos de campos de dunas ou *draas*, e conseqüentemente, diferentes tipos morfológicos a elas associadas, para serem comparados. A área selecionada foi o trecho da costa centro-sul de Santa Catarina compreendido entre Jaguaruna e Imbituba. Esta região pode ser dividida em quatro sistemas deposicionais quaternários (Giannini, 1993), o sistema barra-barreira, o sistema planície costeira, o sistema lagunar e o sistema eólico (Figura 1.1). O sistema barra-barreira ocorre a sul de Laguna, sob a forma de uma faixa ENE com 0,8 a 2,0 km de largura e mais de 20 km de comprimento. Constitui-se por sedimentos arenosos holocênicos que isolam atrás de si um complexo de lagunas intercomunicáveis. O sistema planície costeira, melhor desenvolvido a norte de Laguna, representa-se por pelo menos duas gerações, uma pleistocênica e outra holocênica; distingue-se do sistema barra-barreira pela ausência de sistema lagunar contíguo que a ele se relacione geneticamente. O sistema lagunar holocênico comunica-se com mar aberto através de duas desembocaduras: Camacho, a sul, e Entrada da Barra, a norte. O sistema eólico possui ocorrência generalizada e superpõe-se aos sistemas barra-barreira e planície costeira em maior parte da área. Divide-se em pelo menos quatro gerações ou unidades estratigráficas informais (Giannini, 1993; Giannini & Suguio, 1994; Martinho & Giannini, 2001a, b).

Na geração eólica 4, correspondente às dunas ativas, ocorrem dois tipos de associações de fácies ou *draas* costeiros (Giannini, 1998, 2002; Carvalho & Giannini, 1998; Martinho *et al.* 2003), designados respectivamente pelos termos proximal e distal (quanto ao critério descritivo de posição relativa no sistema deposicional) ou maciço e deflacionar (quanto ao critério morfológico). Estas associações de fácies foram, portanto, os alvos principais do trabalho.

Figura 1.1. Sistemas deposicionais quaternários da região de Imbituba-Jaguaruna. Baseado em Giannini & Santos (1994).

1.3. METAS E OBJETIVOS

A meta mais geral deste trabalho foi contribuir para o entendimento dos fatores, processos e princípios que controlam a morfodinâmica de sistemas deposicionais eólicos costeiros. Por morfodinâmica, entende-se aqui morfologia, dimensões e constituição das dunas, e a distribuição tempo-espacial destes atributos.

A meta mais específica foi identificar os mecanismos de deposição e acumulação em sistemas eólicos costeiros e correlacioná-los a alterações nas taxas de deposição, à duração e dinâmica dos sistemas e à produção de elementos arquiteturais e mudanças faciológicas, texturais ou mineralógicas a eles associadas.

Os objetivos respondem à questão sobre o que precisou ser executado para que as metas fossem atingidas. Propôs-se assim uma lista de seis tarefas:

1. Organizar uma compilação crítica da bibliografia sobre a terminologia, morfodinâmica e geomorfologia de campos de dunas transgressivos.
2. Comparar os campos de dunas da área de estudo em fotos aéreas de diferentes datas com a finalidade de verificar a velocidade de avanço das dunas, a estabilização por vegetação e a interferência antrópica.
3. Analisar a variação espacial de morfologia, dimensão, espaçamento e distribuição de dunas de orla costeira em atividade (frontais, barcanóides e transversais) nas duas associações de fácies presentes na área em estudo. A finalidade desta análise é comparar os resultados de cada associação de fácies e tentar explicar as diferenças encontradas com base em variações de aporte, energia de vento, tipo morfodinâmico de praia, vegetação, orientação da costa etc. e

verificar qual(is) fator(es) exerce(m) maior influência na determinação do tipo de associação de fácies.

4. Descrever as estruturas sedimentares e a arquitetura de fácies e de superfícies de separação dos depósitos eólicos de ambas as associações de fácies, com o intuito de tentar relacionar os processos atuantes nestes campos de dunas com os produtos encontrados em cada associação.

5. Fazer a caracterização textural e mineralógica dos depósitos contidos nos diferentes tipos de feições morfológicas reconhecidas nos campos de dunas, e comparar os resultados com os sedimentos das praias adjacentes, com a intenção de avaliar a proveniência de sedimentos eólicos e os efeitos da deriva litorânea nos campos de dunas.

6. Elaborar um modelo final de morfodinâmica de sistemas eólicos costeiros e seus fatores controladores.

1.4. JUSTIFICATIVA DA ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A estrutura desta dissertação obedeceu a uma linha lógica de raciocínio, que partiu do mais geral ao mais específico e tentou descrever a área em estudo do seu espaço mais externo (macroambiente) ao mais interno (fácies morfo-deposicionais). Os capítulos iniciais abordam, de forma sintética, os objetivos e metas do trabalho, bem como os métodos utilizados para que os objetivos finais fossem alcançados. Pareceu adequado também apresentar uma síntese bibliográfica sobre definições e classificações de dunas e estruturas deposicionais eólicas e sobre os aspectos gerais da área em estudo. A partir daí iniciam-se as descrições internas do sistema deposicional eólico costeiro da região de Imbituba-Jaguaruna, apresentando as fácies morfológicas e associações de fácies encontradas na região. Os campos de dunas costeiros têm, como característica, sua principal fonte de areia na praia. Deste modo, considerou-se importante apresentar a distribuição e as características sedimentológicas do sistema praia-duna antes das fácies morfo-deposicionais dos campos de dunas, com o objetivo de avaliar a influência da área fonte imediata. A seguir, as fácies morfo-deposicionais de cada associação de fácies são descritas, de modo detalhado, sempre da mais proximal para a mais distal em relação à fonte praial. Após descrever o sistema eólico costeiro da área com um todo, é feita a observação da sua dinâmica no tempo e no espaço e da interferência antrópica. Por fim, como conclusão, apresenta-se uma discussão integrada dos dois tipos de associações de fácies, analisando suas correlações quanto a formas e processos.

CAPÍTULO 2- MÉTODOS

2.1. APROFUNDAMENTO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A estratégia utilizada na execução da pesquisa bibliográfica dividiu-se em duas etapas principais. A primeira etapa visou ao aprofundamento conceitual sobre os sistemas eólicos com ênfase nos seus depósitos, superfícies de separação e terminologia e classificação de dunas. A etapa posterior compreendeu uma pesquisa detalhada de informações sobre a área de estudo, quanto ao contexto ambiental e associações de fácies encontradas na região.

2.2. AEROFOTOINTERPRETAÇÃO E ELABORAÇÃO DE MAPAS GEOMORFOLÓGICOS

Os trabalhos de aerofotointerpretação foram realizados a partir de três conjuntos de fotografias aéreas verticais, de datas diferentes, das praias de Ibiraquêra e Grande do Sul. O primeiro e o segundo conjuntos de fotografias aéreas, ambos da Cruzeiro do Sul Serviços Aéreos, encontram-se na escala 1:25.000 e datam de 1956 e 1979/81, respectivamente. O terceiro, da Aeroimagem S.A., em escala 1:12.500, data de 1995.

A aerofotointerpretação teve por objetivos reconhecer, de modo preliminar, algumas das principais fácies presentes no campo de dunas e comparar as fotografias de diferentes datas quanto ao comportamento das dunas ao longo das últimas décadas, de modo a avaliar o impacto da interferência antrópica.

Os conjuntos de fotografias aéreas de 1956 e 1995 foram georreferenciados a partir de imagens de satélite. Durante o processo de georreferenciamento de fotografias aéreas, erros de orientação entre a coordenada original e o ponto digitalizado podem ocorrer. Esse tipo de erro, chamado erro médio quadrático ou *root mean square* (RMS) aparece após a digitalização de quatro pontos, e representa o desvio entre a coordenada original e o ponto digitalizado. Os erros médios quadráticos (RMS) produzidos neste trabalho encontram-se no Quadro 2.1.

Quadro 2.1. Valores dos erros médios quadráticos (RMS) produzidos no georreferenciamento das fotografias aéreas.

RMS (m)	Conjunto de fotografias
1,4	Ibiraquêra 1956
2,51	Ibiraquêra 1995
3,86	Praia Grande do Sul 1956
4,2	Praia Grande do Sul 1995

O erro médio quadrático (RMS) foi maior nas fotografias da praia Grande do Sul devido à escassez de pontos fixos de referência, como pontões rochosos e cruzamentos de estradas, o que dificultou o georreferenciamento.

O georreferenciamento e vetorização deram-se através do emprego do programa *Arcview* 3.2a, para as fotografias da praia de Ibiraquêra e através do programa *ENVI* 3.5, para as da praia Grande do Sul. Ainda utilizando o programa *Arcview* 3.2a, os vetores de fotografias de diferentes datas foram sobrepostos para melhor visualização das mudanças ocorridas nos campos de dunas ao longo do intervalo de tempo investigado, produzindo os mapas apresentados nos Anexos 5 e 6.

Os trabalhos de estereoscopia e fotointerpretação tiveram como resultado a confecção de mapas geomorfológicos de ambos os campos de dunas estudados (Anexos 1 e 2). O mapa geomorfológico do campo de dunas de Ibiraquêra foi obtido a partir das fotografias aéreas de 1979, já o do campo de dunas da praia Grande do Sul, a partir das fotografias aéreas de 1995. A digitalização final dos mapas realizou-se através do programa *CorelDraw9*.

2.3. TRABALHOS DE CAMPO

As etapas de campo tiveram o objetivo de abranger os dois tipos de associação de fácies presentes na região, distal e proximal. Para tal, foram escolhidos os campos de dunas da praia de Ibiraquêra, município de Imbituba, e da praia Grande do Sul, município de Jaguaruna, respectivamente.

As principais atividades executadas foram: abertura de trincheiras, documentação fotográfica, análise de fácies, análise de superfícies de truncamento, medidas de atitude espacial de estratificações cruzadas e de frente de dunas, e amostragem voltada a análises sedimentológicas.

Na praia de Ibiraquêra e no trecho da praia Grande do Sul entre Campo Bom e Arroio Corrente, realizaram-se perfis longitudinais envolvendo amostragem, documentação fotográfica e descrição morfológica do sistema praia-duna, desde a zona média de espraiamento até a protoduna e/ou duna frontal.

Em cada ponto do perfil procurou-se seguir o seguinte roteiro de atividades:

1. Localização do ponto a partir de aparelho GPS (precisão nominal $\pm 3\text{m}$).
2. Determinação da altura de protoduna e/ou duna frontal com o uso de clinômetro e trena.
3. Descrição da morfologia das dunas frontais.
4. Amostragem com registro do horário (para controle do efeito da maré).
5. Documentação fotográfica da morfologia da praia e das dunas com o uso de câmera profissional Canon EOS-5.

No trecho entre o canal do Camacho e o balneário Dunas do Sul, situado junto à parte central da praia Grande do Sul, executou-se um perfil longitudinal nas dunas transversais de orla costeira, com o objetivo de analisar sua variação espacial de morfologia, dimensão, espaçamento e distribuição.

As atividades seguidas para a execução deste perfil foram as seguintes:

1. Localização do ponto a partir de aparelho GPS (precisão nominal $\pm 3\text{m}$).
2. Determinação da altura de todas as dunas transversais e protodunas do trecho, com uso de altímetro Pretel (precisão nominal $\pm 1\text{m}$) calibrado (em intervalo de tempo de até 1 hora) ao nível médio de espraiamento.
3. Determinação aproximada da direção da crista da duna transversal com o auxílio de bússola Clar.

4. Amostragem da crista e obtenção de medidas de rumo do mergulho do topo, meio e base do flanco de sotavento (frente) de todas as dunas transversais do trecho estudado.
5. Documentação fotográfica da praia e da duna transversal com uso de câmera profissional Canon EOS-5.

2.3.1. Abertura de trincheiras

O recurso da abertura de trincheiras foi utilizado em cada feição geomorfológica dos campos de dunas de Ibiraquê e praia Grande do Sul com o intuito de descrever estruturas sedimentares e coletar medidas de estratificações cruzadas e amostras sedimentológicas, dentro da proposta geral de reconhecer e caracterizar as fácies existentes nos dois tipos de associações faciológicas. As trincheiras, cujas dimensões variaram de 2m de comprimento por 1m de altura até 6m por 0,4m, dependendo do tipo de feição geomorfológica, foram abertas com o uso de pá e enxada. Para ressaltar as estruturas sedimentares a serem descritas e fotografadas, as paredes da trincheira foram alisadas com espátula de alumínio, escovadas com pincel de cerdas de seda e deixadas, em seguida, à ação natural do vento por pelo menos cinco minutos.

2.3.2. Análise de fácies

O método da análise de fácies adotado é uma versão da proposta de Anderton (1985). Inicia-se por uma fase prévia de levantamento bibliográfico, cartográfico e aerofotográfico na tentativa de separar, de modo preliminar, fácies e associações de fácies (ênfase nas relações processo-forma). As fases posteriores estão ligadas ao trabalho de campo e podem ser assim enumeradas:

1. Descrição detalhada do afloramento ou feição geomorfológica;
2. Subdivisão em fácies descritivas, de caráter morfológico e/ou deposicional;
3. Compilação das características de cada fácies (modelos descritivos);
4. Dedução dos processos deposicionais de cada fácies (modelos genéticos);
5. Exame das relações espaciais entre fácies e reconhecimento de associações faciológicas (modelo descritivo integrado);
6. Interpretação do ambiente da associação (modelo genético integrado);
7. Modelagem final das fácies individuais;
8. Teste de consistência via predição: retorno à fase 1 ou à fase 5, e assim sucessivamente.

Um dos fatores complicantes na adaptação deste método ao Quaternário é a coexistência de fácies morfológicas, traçadas através de relações processo-forma, e fácies morfo-deposicionais, traçadas através de relação forma-produto (incluindo atributos como texturas e estruturas sedimentares). Através da integração destes dois tipos de fácies, é possível chegar, com relativa segurança, às fácies deposicionais clássicas e suas relações processo-produto. A abertura de trincheiras (item 2.3.1.) em fácies morfológicas é um recurso muito útil na consolidação desta integração.

2.3.3. Análise das superfícies de truncamento

A descrição e classificação de superfícies de truncamento e sua relação geométrica com as associações de fácies foi auxiliada pela confecção de fotomosaicos. Os critérios descritivos que levam à classificação destas superfícies, quanto à hierarquia, podem ser enumerados da seguinte forma:

1. Definir localização da fácies fotografada.
2. Identificar truncamentos. Dividir o pacote sedimentar em sets ou séries (conjuntos de estratificações cruzadas concordantes).
3. Descrever a geometria das estratificações dentro de cada série: acanalada, planar, tangencial na base, tangencial na base e no topo (sigmoidal).
4. Descrever a geometria das superfícies de truncamento (planar, acanalada, tangencial etc) e, quando possível, das séries por elas delimitadas (acanalada, cuneiforme, tabular, sigmoidal etc).
5. Verificar as relações de concordância-discordância das superfícies em relação às séries por elas delimitadas. Discordam das séries acima e abaixo? Discordam da série abaixo, mas concordam com a série acima?
6. Verificar rumo de mergulho aparente ou, se possível, verdadeiro, das superfícies de truncamento. Para barlavento ou sotavento?
7. Classificar as superfícies de truncamento quanto à hierarquia.
8. Fazer um mapa e/ou quadro de distribuição das superfícies e geometrias por fácies e/ou fatias estratigráficas.

2.3.4. Medidas de atitude de superfícies deposicionais e estratificações

Em ambos os campos de dunas ativos estudados, foi realizada coleta sistemática, por forma de leito (dunas parabólica, barcanóide, transversal), de medidas de atitude de frente de dunas (sotavento) e de estratificações cruzadas, estas estudadas em exposições naturais na superfície barlavento destas dunas ou em trincheiras. Esta coleta foi executada a cada 1,5m de altura, com bússola Clar. Em Ibraquêra, a face barlavento de uma cadeia barcanóide também foi analisada, com medições da base para o topo, de 10 em 10 passos (aproximadamente 7m). O intuito desta atividade foi comparar o padrão de atitudes espaciais de formas de leito eólicas ativas com o padrão de estratificações cruzadas e superfícies de truncamento, e elaborar modelos para explicar o potencial e o mecanismo de preservação destas estratificações e superfícies no registro geológico.

Nos cordões de precipitação, a coleta de medidas de atitude do flanco foi executada com espaçamento vertical de 1,5m. Estratificações cruzadas foram também medidas em trincheira aberta na crista do cordão.

Nas demais feições geomorfológicas presentes nos campos de dunas (montes residuais, rastros lineares, *nebkhas*, dunas frontais, retrocordões, depressão interdunas, extensões

lineares), foram realizadas medições em cada uma das séries de estratificações cruzadas identificadas em afloramentos naturais e/ou trincheiras.

2.3.5. Amostragem

A amostragem procurou abranger todas as feições morfológicas presentes em ambos os campos de dunas. A coleta de amostras sedimentológicas foi pontual, procurando-se adquirir quantidade suficiente para perfazer uma massa entre 1 e 2kg. Nas dunas livres (transversais e barcanóides), a amostragem foi realizada em três pontos: na base, no meio e no topo da face sotavento, sempre no intervalo de profundidade aproximada de 10 a 30 cm (amostras *superficiais*). Procedimento similar foi executado nos flancos do lobo deposicional e cordão de precipitação. Nos casos específicos em que fácies diferentes foram identificadas em sub-superfície, a coleta foi feita nas paredes das trincheiras ou falésias naturais. Na coleta de praia, obtiveram-se conjuntos de quatro amostras, com espaçamento longitudinal de 0,5 km. Estas quatro amostras foram designadas (A) a (D), com a seguinte distribuição: (A) zona de espraçamento médio; (B) antepraia predominantemente emersa, a meia distância entre a zona de espraçamento médio e as dunas eólicas de orla praial; (C) protoduna (*sensu* Kocurek *et al.*, 1992), franja de areia eólica ou duna frontal incipiente (*sensu* Hesp, 1983), quando presente; (D) duna frontal estabelecida (*sensu* Hesp, 1983).

2.4. ATIVIDADES DE LABORATÓRIO

2.4.1. Ensaio granulométricos

Todas as amostras coletadas durante as jornadas de campo foram submetidas à análise granulométrica convencional (por pipetagem, elutriação e peneiramento). A realização destes ensaios enquadrou-se no objetivo de caracterizar sedimentologicamente as fácies da associação de fácies distal (campo de dunas de Ibirapuera) e proximal (campo de dunas de praia Grande do Sul).

As amostras, em massas iniciais de cerca de 60 g, foram submetidas a pipetagem em um único intervalo $>4\phi$ (escala ϕ de Krumbein, 1938), devido ao seu teor estimado de pelíticos inferior a 5%. Em seguida foi realizada lavagem dos finos pelíticos, por elutriação, e peneiramento a vibrador mecânico em intervalos de $0,5\phi$. Os produtos de peneiramento foram pesados em balança analítica e embalados para arquivo.

2.4.2. Análise densimétrica

A partir dos resultados dos ensaios granulométricos foi possível definir alvos mais interessantes para a realização das análises densimétricas. Deste modo, selecionou-se, para cada campo de dunas, uma amostra de cada fácies morfológica, geralmente localizada no topo da feição. Na praia de Ibirapuera amostras analisadas espaçaram-se em 1km. Já no trecho da praia Grande do Sul, entre Campo Bom e Arroio Corrente, o intervalo escolhido para a análise das

amostras foi de 2km, devido à grande homogeneidade dos sedimentos refletida pelos ensaios granulométricos prévios.

Dos produtos de peneiramento correspondentes aos intervalos entre 2 e 4 Ø, escolheu-se o intervalo de 1Ø imediatamente acima (mais fino) da classe modal para ser submetido a análise densimétrica em bromofórmio (CHBr₃, d ~ 2,83), empregando-se álcool como solvente. As frações de minerais leves e pesados assim obtidas foram pesadas em balança de precisão.

2.4.3. Separação magnética de minerais pesados

A separação dos minerais magnéticos realizou-se com ímã de mão. O processo consiste em passar suavemente um ímã, envolvido em saco plástico, sobre a fração de minerais pesados, depositados sobre superfície lisa. Os grãos de minerais magnéticos prendem-se ao ímã. Ao final, retira-se o ímã de dentro do saco plástico, liberando-se assim os minerais magnéticos. Esta fração é então colocada num recipiente para a pesagem em balança analítica, e embalada para arquivo.

2.4.4. Microscopia de grãos de minerais pesados

As lâminas de grãos pesados foram analisadas ao microscópio petrográfico e suas respectivas assembléias minerais quantificadas, através da contagem ao longo de uma linha reta (*ribbon method* de Galehouse, 1971). Na primeira etapa da contagem são contabilizados minerais opacos, agregados semi-opacos e minerais transparentes, até a totalização dos 100 grãos. Em seguida, prossegue-se com a contagem exclusiva dos minerais transparentes não micáceos até totalizar, no mínimo, 100 grãos.

2.5. TRATAMENTO DOS RESULTADOS

2.5.1. Informações de campo

Durante as jornadas de campo, obtiveram-se fotografias em papel e diapositivos. Parte das fotografias foi utilizada como ferramenta auxiliar na descrição e delimitação de superfícies de truncamento da técnica de cópia em papel vegetal sobreposto (*overlay*). Esta técnica permite a melhor visualização das estruturas presentes e facilita a análise das relações geométricas de estruturas. Posteriormente, para efeito de apresentação final e manipulação dos resultados obtidos, digitalizaram-se as estruturas desenhadas no papel vegetal, com uso do programa *CorelDraw9*.

Para representar medidas de rumo de mergulho de frentes de duna e de planos de estratificação cruzada, utilizaram-se diagramas circulares de rosa-de-freqüências. Os diagramas foram obtidos através do emprego do aplicativo *Rose*, do *software Rockware* versão 1995. Este aplicativo calcula uma série de parâmetros estatísticos da distribuição de freqüências, tais como vetor médio e seus respectivos desvio padrão e intervalo de confiança e o fator de consistência (*vector strength*) do azimuth médio.

Dois mapas de pontos foram produzidos com o intuito de localizar e observar a distribuição dos pontos amostrados dentro dos campos de dunas (Anexos 3 e 4). O programa *Arcview 3.2a* foi utilizado para a plotagem dos pontos sobre os fotomosaicos de 1995, para ambos os campos de dunas, e a arte final dos mapas foi realizada com o uso do programa *CorelDraw9*.

2.5.2. Resultados analíticos laboratoriais

Os resultados das análises laboratoriais de granulometria e densimetria receberam tratamento gráfico-estatístico, onde os balanços de massa foram convertidos em valores de distribuição percentual, para cada amostra.

Os produtos da distribuição granulométrica foram convertidos em valores de parâmetros estatísticos (diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose) pelo método analítico dos momentos de Pearson, através do programa *Momento4.123*, de autoria do orientador. A classificação adotada para descrever as características dos sedimentos foi a classificação nominal de Folk & Ward (1957). Apesar dos parâmetros terem sido calculados pelo método dos momentos, e não pelo método gráfico de Folk & Ward, a utilização da classificação nominal daqueles autores pareceu conveniente para a descrição do desvio padrão e da assimetria dos sedimentos.

Uma amostra de cada fácies foi selecionada para ser analisada quanto a sua mineralogia. Aplicaram-se testes estatísticos simples como média, máximo, mínimo e desvio padrão aos resultados de análise granulométrica, densimétrica e separação magnética na fração pesada, de amostras agrupadas segundo suas fácies morfológicas.

Para avaliar a variação espacial das características granulométricas e mineralógicas dos sedimentos ao longo das praias de Ibiracüera e Grande do Sul, assim como das dunas transversais ao longo da praia Grande do Sul, foram utilizados simultaneamente dois tipos de métodos: gráfico e analítico, conforme Giannini *et al.* (2004). O método gráfico consistiu na construção de diagramas de dispersão binária em função da distância ao longo da praia. O método analítico envolveu a análise de correlação linear, incluindo construção de retas de regressão em trechos selecionados. O uso combinado destes dois métodos é justificado pela regra de Reichmann (1961 *apud* Huggett, 1985) segundo a qual uma reta de regressão jamais deve ser aceita ou interpretada sem o exame criterioso do diagrama de dispersão de pontos correspondente, a recíproca também sendo válida (Huggett, 1985).

Os valores de coeficiente de correlação linear (r) e as retas de regressão foram obtidos através do programa *Lotus-123*, versão 97. O critério estatístico utilizado para avaliar os resultados de r foi o nível de significância ou erro I (α), correspondente à probabilidade de rejeitar uma hipótese nula (H_0) verdadeira. Como H_0 , no caso, afirma a inexistência de correlação significativa ($r \sim 0$), α pode ser entendido como a probabilidade de aceitar-se uma correlação inexistente. Os valores máximos de α foram estimados por interpolação através da comparação

do quociente t do teste de regressão unicaudal ($t = r [(n-2)^{1/2}/(1-r^2)^{1/2}]$) com a distribuição de t de Student, tabelada em Fisher & Yates (1938).

Para efeito de discussão dos resultados, seguindo a proposta de Giannini *et al.* (2004), foram consideradas as correlações lineares com nível de significância menor ou igual a 0,4.

Para comparar as fácies de um mesmo campo de dunas foram selecionadas uma amostra de cada fácies, posicionada sempre na crista ou na série superior de estratificações.

CAPÍTULO 3- CLASSIFICAÇÃO DE DEPÓSITOS EÓLICOS

3.1. Histórico – definição de dunas

Bagnold (1941) definiu o termo “duna” como sendo um monte de areia capaz de se locomover e que independe de qualquer feição da superfície para se formar. Seria característica de todas as dunas, segundo este autor, possuírem face de deslizamento (*slipface*), onde o declive da superfície da duna alcança o limite de inclinação imposto pelo “ângulo de estabilidade” do material depositado. Deste modo, as dunas produzidas pela influência da vegetação e/ou outro tipo de obstáculo não seriam consideradas “dunas” *sensu strictu*, pois dependem de outra feição para se formar, e não possuem mobilidade. McKee (1979) simplificou a definição de Bagnold, descrevendo dunas como acumulações de sedimentos eólicos em forma de morro ou cadeia, tendo comumente barlavento suave e um ou mais sotaventos íngremes (*slipfaces*).

Wilson (1972) definiu forma de leito como sendo “um padrão repetido regularmente o qual se forma em superfície sólida devido à ação cisalhante de um fluido”. Segundo este autor, as formas de leito eólicas podem ser hierarquizadas em quatro ordens, com base no comprimento de onda e na altura (Quadro 3.1). O termo “duna” seria correspondente à segunda ordem hierárquica.

Quadro 3.1. Hierarquia das formas de leito eólicas sugerida por Wilson (1972).

Ordem	Comprimento de onda	Altura	Orientação	Origem possível	Termo sugerido
1ª	300 - 5500 m	20 – 450 m	Longitudinal ou transversal	Instabilidade aerodinâmica primária	Draa
2ª	3 – 600 m	0,1 – 100 m	Longitudinal ou transversal	Instabilidade aerodinâmica primária	Dunas
3ª	15 – 250 cm	0,2 – 5 cm	Longitudinal ou transversal	Instabilidade aerodinâmica primária	Marcas onduladas
4ª	0,5 – 2 cm	0,05 – 100 cm	Transversal	Mecanismo de impacto	Marcas onduladas de impacto
	1 – 3 cm	0,05 – 100 cm	Longitudinal	Vértices secundários de Taylor-Görtler	Marcas onduladas secundárias sinuosas

Historicamente, nota-se que a maioria das abordagens e definições anteriores foram feitas a partir da observação de dunas e campos de dunas de grandes desertos interiores. Os autores dificilmente tentavam identificar as diferenças existentes entre dunas costeiras e dunas desérticas. Somente a partir da década de 80 (Short & Hesp, 1982; Hesp 1983; Pye, 1983; Goldsmith, 1985; Carter, 1988; Nordstrom *et al.*, 1990), começaram surgir trabalhos mais específicos sobre formação, classificação e influência da vegetação nas dunas costeiras.

3.2. Classificação de dunas eólicas

Há numerosos tipos de classificação de dunas eólicas. Como já salientado no tópico anterior, os primeiros tipos de classificação de dunas que surgiram relacionavam-se a dunas desérticas. Mais tarde, com o avanço do conhecimento sobre dunas costeiras, alguns nomes típicos de dunas desérticas foram incorporados à nomenclatura costeira, porém eles geralmente referem-se a morfologias ligadas à ausência de vegetação. Por este motivo, criou-se na literatura certa confusão terminológica.

Melton (1940) foi precursor na tentativa de organizar uma classificação de dunas eólicas aplicável aos "High Plains" norte-americanos. Separou as dunas em duas formas básicas, formas simples e formas complexas, e subdividiu estas formas em duas subclasses: "superfícies de areia solta sem cobertura" e "formadas pelo conflito do vento com a vegetação". Dentre as primeiras, encontram-se as dunas barcanas, dunas transversais isoladas e dunas transversais em série. As "formadas pelo conflito do vento com a vegetação" englobam as dunas parabólicas, as rupturas de deflação (*blowouts*) e os *nebkhas* (*shrub-coppice dunes*) (definição ver item 5.2.1.6).

Wilson (1972) e Hunter *et al.* (1983) classificaram as dunas pela sua forma e relação direcional com os ventos formadores, especialmente seu alinhamento relativo à direção principal de transporte de areia, separando-as em transversais, longitudinais e oblíquas.

McKee (1979) baseia sua classificação de dunas eólicas em dois atributos descritivos, a forma e o número de faces de avalanche, para classificar dunas eólicas (Quadro 3.2).

Quadro 3.2. Classificação de dunas eólicas proposta por McKee (1979)

Forma	Nº de faces de avalanche	Nome	Forma	Nº de faces de avalanche	Nome
Em lençol, com superfície ampla e lisa	Nenhuma	Lençol	Depressão em forma circular	1 ou mais	<i>Blowout</i>
Faixa delgada e alongada	Nenhuma	Faixa	Forma em "U" em planta	1 ou mais	Parabólica
Monte circular ou elíptico	Nenhuma	Domo	Cadeia simétrica	2	Linear (seif)
Crescente, em planta	1	Barcana	Cadeia assimétrica	2	Reversa
Cadeia de crescentes, em planta	1	Cadeia Barcanóide	Pico central com 3 ou mais braços	3 ou mais	Estrela
Cadeia assimétrica	1	Cadeia transversal			

Considerando que grande número de combinações de dunas de vários tipos pode acontecer, o mesmo autor, inspirado na classificação de Melton (1940), separou as dunas em três variedades: simples, compostas e complexas. As dunas simples são a forma básica de cada tipo morfológico de duna. Dunas compostas são caracterizadas pela coalescência lateral ou cavalcamento de dunas do mesmo tipo morfológico. Dunas complexas ocorrem quando dois tipos morfológicos de dunas são superimpostos ou amalgamados. As duas últimas variedades podem chegar ao tamanho de *draas* (Lancaster, 1988).

Em relação às dunas costeiras, Semeniuk *et al.* (1989) propuseram uma classificação aplicando termos não genéticos para unidades geomórficas. Deste modo, evitaram deliberadamente levar em consideração o processo de deposição, bem como a eventual participação da vegetação neste processo. Os critérios para esta classificação de dunas eólicas são a geometria (ex. parabólica), o relevo (ex. ondulado, plano), a continuidade (se contínuo ou interrompido) e o alinhamento relativo à costa (ex. paralelo, oblíquo).

Para Hesp (2000), processos de deposição, acresção e erosão de areias resultam em diferentes variedades morfológicas de dunas, dentre as quais ele separa quatro tipos costeiros principais: dunas frontais, rupturas de deflação (*blowout*), dunas parabólicas e campos de dunas transgressivos.

A classificação adotada para este trabalho, e que será detalhada no item 5.2., é a proposta por Giannini *et al.* (no prelo), baseada no critério da presença da vegetação para classificar os depósitos eólicos costeiros ativos em dois tipos: dunas com muita influência da vegetação e dunas livres, desvegetadas ou com pouca influência da vegetação. As dunas vegetadas abrangem dunas frontais, rupturas de deflação (*blowouts*), dunas parabólicas, rastros lineares (*trailing ridges*), *nebkhas* e retrocordões (*gegenwalle ridges*). Dentre as dunas que sofrem pouca influência da vegetação, incluem-se dunas transversais, dunas barcanas, cadeias barcanóides, lençóis de areia.

Estes dois tipos de depósitos eólicos não são completamente independentes, pois feições vegetadas, como dunas parabólicas e rastros lineares, associam-se, com frequência, a zonas de deflação a barlavento de campos de dunas transgressivos. Além disso, é possível a passagem, no tempo e no espaço, de um tipo para outro, na dependência de variações no equilíbrio entre a taxa de suprimento eólico e a taxa de crescimento de vegetação (Giannini & Santos, 1994).

3.3. Classificação das estruturas dos depósitos eólicos - superfícies de separação

As primeiras tentativas de interpretação da evolução dos sistemas eólicos iniciaram-se com o reconhecimento de importantes superfícies de separação entre séries e co-séries de estratificações cruzadas. A migração de dunas e *draas*, e/ou interrupções e mudanças bruscas na deposição eólica, podem resultar em superfícies de descontinuidade física em arenitos eólicos e *draas* de desertos (Brookfield, 1977; Kocurek, 1988). A análise destas superfícies eólicas possibilita caracterizar prováveis mudanças na dinâmica e morfologia dos sistemas deposicionais ao longo do seu período de existência. Devido à sua importância, este item enfatiza a classificação das superfícies de separação em depósitos eólicos.

Stokes (1968) sugeriu que estas superfícies são formadas por planos de deflação horizontais controlados pelo lençol freático. Brookfield (1977) e Kocurek (1981, 1988) observaram que superfícies de truncamento formam-se com a migração das formas de leito eólicas. Seu desenvolvimento é determinado por variáveis como regime de fluxo eólico, suprimento de sedimentos a partir da área fonte, características granulométricas dos sedimentos, topografia e

CAPÍTULO 4 – CARACTERÍSTICAS GERAIS DA COSTA CENTRO-SUL CATARINENSE

4.1. CONTEXTO AMBIENTAL

4.1.1. Clima

O clima da região costeira de Santa Catarina é controlado por duas massas de ar: Anticiclone Tropical do Atlântico Sul e Anticiclone Migratório Polar (Orselli, 1986 *apud* Giannini, 1993). O Anticiclone Tropical do Atlântico Sul é um centro de alta pressão, formador de uma massa de ar quente e úmida, com posição semi-permanente entre as latitudes 18 e 35°. O Anticiclone Migratório Polar caracteriza-se por ser um centro de alta pressão, alimentado por massas de ar frias de origem antártica, e possui caráter migratório, com sentido de migração para NE (Tomazelli, 1990; Giannini, 1993). O deslocamento do Anticiclone Migratório Polar faz com que os dois centros de alta pressão se aproximem, o que provoca a ocorrência de uma zona de baixa pressão entre eles. Esta zona de baixa pressão, também conhecida como “frente fria”, vem normalmente acompanhada de ventos ciclônicos, instabilidade do tempo e precipitação pluviométrica.

Esses dois anticiclones alternam-se sazonalmente. O Anticiclone Tropical do Atlântico Sul predomina durante os meses mais quentes, primavera-verão, atuando na costa através de ventos de E e NE. Nas estações mais frias, outono-inverno, o Anticiclone Migratório Polar apresenta maior atividade, e, conseqüentemente, os ventos ciclônicos produzidos pelas “frentes frias” de S e SW predominam nesta época do ano.

O relevo da área, como Tomazelli (1990) e Giannini (1993) já enfatizavam, exerce importante controle no clima da região. Escarpas como a da serra Geral (a sul de Laguna) e as serras de Itajaí e do Taboleiro (a norte de Laguna), formam uma barreira às massas de ar úmidas que vêm do oceano. Impedidas de avançar, estas massas de ar se condensam provocando precipitações orográficas (Giannini, 1993).

As temperaturas médias da região variam de 14°C no inverno a 23°C no verão (média anual de 19°C), a taxa de precipitação é de 1250mm (Imbituba) e 1400mm (Laguna), sendo que os dias de chuva associam-se preferencialmente aos ventos de SW (Giannini, 1993). O clima da região pode ser descrito, portanto, como subtropical úmido mesotérmico, sem estação seca, com verão quente (Giannini, 1993).

4.1.2. Regime de ventos, ondas e marés

O regime de ventos atuantes em uma região, além de ser responsável pelo transporte eólico e formação de dunas costeiras também influencia diretamente no regime de ondas.

Na área de estudo, os ventos vindos dos quadrantes S-SW são responsáveis por 53% da deriva eólica potencial (DEP) na área, enquanto os ventos vindos dos quadrantes N-NE por 41% (Giannini, 1993). Apesar disso, os campos de dunas estudados migram visivelmente para SW, isto

é, os ventos de N-NE apresentam maior efetividade de transporte sedimentar. Isto ocorre porque estes ventos coincidem com dias sem chuva, quando aumenta a incoesão e a possibilidade de transporte das areias.

A deriva litorânea longitudinal é resultado da interferência que as frentes de ondulação (*swell waves*) provocam quando interagem com os sedimentos da costa. Possui rumo predominante, na maioria dos setores praias da região, para NE, ou seja, é produzida pelas ondulações que vêm de S-SW, conforme deduzido de vários indicadores geomorfológicos e sedimentológicos (Giannini, 1993).

A morfodinâmica da maioria das praias da região pode ser considerada dissipativa, com altura máxima média de arrebentação das ondas superior a 1,0m, morfologia planar e pouco íngreme da face da praia, berma indefinido, bom desenvolvimento de barras alongadas submersas e distância relativamente grande entre as linhas médias de arrebentação e espraiamento (mais de 100m nas condições prevelecentes) (Giannini & Santos, 1994).

A amplitude de maré astronômica média da região é da ordem de 0,6m. Durante marés meteorológicas, este valor pode chegar até pouco mais de 1,0m. O regime de marés da região pode ser, portanto, classificado segundo Davies (1964) como micromaré (Giannini & Santos, 1994).

4.1.3. Nível relativo do mar (NRM)

A curva de variação do NRM para os últimos 7 mil anos no Estado de Santa Catarina feita por Martin & Suguio (1986) e Martin *et al.* (1988) apresenta três máximos, ocorridos em 5100, 3600, e 2500 anos A.P., com o nível do mar atingindo as cotas de 4,0m, 2,5m e 2,0m acima do nível atual (erro de $\pm 0,5$ m). A partir de datações de vermitídeos e de conjunto de paleoindicadores de NRM, Angulo *et al.* (1999) registraram, para a região de Laguna-Imbituba, nível do mar alto ocorrido há 5400 anos A.P., chegando a $2,10\text{m} \pm 0,5\text{m}$ acima do nível atual, e declínio contínuo do NRM desde 3000 A.P. até os dias atuais. Os dados destes autores não contradizem a existência de um máximo transgressivo em 5100 A.P.

4.2. UNIDADES EÓLICAS

Giannini (1993) e Giannini & Suguio (1994) reconheceram a existência de pelo menos quatro unidades de depósitos eólicos no trecho Imbituba-Jaguaruna. As relações de idade entre depósitos eólicos estabelecidas por esses autores basearam-se no uso combinado de dois tipos de informações. O primeiro tipo refere-se à descrição de quatro diferentes *unidades de empilhamento* estratigráfico informais em seções verticais naturais, a maioria delas em depósitos sobre elevações do embasamento. O segundo tipo de informação refere-se a *variedades morfológicas* (e eventualmente morfoecológicas) de depósitos eólicos com diferentes graus de dissecação, mapeadas em superfície através de aerofotogeologia com controle de campo. A suposição de quatro unidades é em parte apoiada por resultados sedimentológicos, mineralógicos e texturais.

Na unidade 1, mais antiga, predominam areias de aspecto maciço, com cimentação argilo-limonítica intensa e generalizada. A coloração mais freqüente é o vermelho pardacento. Sob o aspecto textural, é freqüente a presença de grânulos e/ou pequenos seixos dispersos. Seu padrão geomorfológico distingue-se pela dissecação profunda, com ravinas de drenagem em V, transversais à costa. Esta é a geração mais restrita em área de afloramento, pois tende a ocorrer encoberta em depósitos de topo de encosta (Giannini, 1993; Giannini & Suguio, 1994).

A unidade 2 apresenta cimentação pedogenética heterogênea, a qual pode formar manchas e bandas nodulares irregularmente onduladas (estruturas de infiltração *sensu* Pye, 1983) ou ressaltar estruturas primárias, como estratificações cruzadas, paleocanais e bioturbações de geometria definida. A cor mais comum é o pardo escuro a amarelo-alaranjado. Sob o aspecto textural, caracteriza-se pela presença freqüente de grânulos e seixos concentrados em paleopavimentos e paleocanais. Seu padrão geomorfológico caracteriza-se pela dissecação fluvial controlada por vales entre braços de dunas parabólicas alongadas segundo a direção aproximada SW-NE (Giannini, 1993; Giannini & Suguio, 1994).

A unidade 3 constitui-se de areias branco-amareladas ou cinza claro incoesas, colonizadas por vegetação, com sinais extensivos de pedogênese incipiente. Em mapa, aparece sob a forma de rastros lineares residuais a barlavento dos campos de dunas ativos, ou nas ombreiras destes. Ao exame de aerofotografia, é característica desta geração a imobilidade e a textura clara e manchada, causadas por núcleos de cobertura vegetal, ou o contorno indefinido, decorrido de seu caráter deflacionar (Giannini, 1993; Giannini & Suguio, 1994).

A unidade 4 corresponde a dunas ativas, total ou parcialmente desvegetadas, constituídas por areias de coloração esbranquiçada. Em fotografias aéreas, pode-se nela reconhecer, com muita facilidade, formas barcanas e barcanóides superpostas. Os campos de dunas desta unidade cobrem grandes extensões de depósitos holocênicos, chegando a cavalgar alguns pontões cristalinos recobertos por paleodunas. Sua mobilidade rumo SW pode ser constatada por aerofotografias de diferentes datas (Giannini, 1993; Giannini & Suguio, 1994).

No modelo evolutivo da área, baseada nos princípios que relacionam variações de NRM e formação de dunas costeiras transgressivas (Giannini, 1993; Giannini & Santos, 1994; Giannini *et al.*, 2001a, b; Sawakuchi, 2003), a unidade eólica 1 corresponde ao episódio de deposição eólica que teria sido iniciado durante a transgressão do Pleistoceno Superior (cerca de 120.000 anos A.P.) enquanto as unidades eólicas 2, 3 e 4 fariam parte de um mesmo episódio de deposição eólica, gerado pela elevação do NRM ocorrida após o período glacial *Würm*, durante o Holoceno. Estes dois episódios de deposição eólica (seqüências deposicionais eólicas 1 e 2, respectivamente) são separadas entre si por uma superfície erosiva evidenciada pelo elevado grau de pedogênese, cimentação e dissecação da unidade eólica 1 (Sawakuchi *et al.* 2003).

CAPÍTULO 5- SISTEMAS EÓLICOS COSTEIROS QUATERNÁRIOS DE SANTA CATARINA

5.1. INTRODUÇÃO

A descrição de sistema deposicional pressupõe o conhecimento prévio e detalhado das fácies que o compõe. Como já enfatizado no item 2.3.2., as fácies estudadas neste trabalho dividem-se em fácies morfológicas, detalhadas neste capítulo, e fácies morfo-deposicionais, detalhadas no capítulo 7. Estas divisões visa relacionar os processos ativos em cada associação de fácies com suas respostas morfológicas e sedimentológicas correspondentes, estabelecendo assim relações processos-forma e forma-produto, respectivamente.

5.2. FÁCIES MORFOLÓGICAS

Como já enfatizado no capítulo 3, as fácies morfológicas serão separadas em dois grupos, segundo Giannini *et al.* (no prelo), conforme exista ou não influência morfodinâmica significativa da vegetação.

5.2.1. Fácies com influência da vegetação

As fácies que possuem influência da vegetação serão descritas a seguir, das porções mais proximais para as mais distais em relação à fonte praial.

5.2.1.1. Dunas frontais

As dunas frontais (*foredunes*) são acúmulos contínuos de areia em meio à vegetação pioneira no interior da zona de pós-praia (sob morfodinâmica costeira reflexiva) ou antepraia superior (sob morfodinâmica dissipativa). Podem exibir geometria de cordão, rampa ou terraço (Hesp, 2000). Dunas frontais, ou suas variedades morfológicas, são descritas na bibliografia nacional sob diversos outros nomes, como antedunas, dunas barreira, dunas-cordão e dunas bordejantes. As dunas frontais podem apresentar a geometria de cristas de relevo ligeiramente sinuosas, paralelas à linha de costa, quando recebem a denominação de *dune ridges* (Bigarella *et al.*, 1969) ou cordões dunares. Segundo Hesp (1999), as dunas frontais podem ser divididas em dois tipos principais: incipientes e estabilizadas, dentro das quais pode haver grandes variações morfológicas e ecológicas. As dunas frontais incipientes são formadas por areia eólica recém depositada em meio à vegetação pioneira. As dunas frontais estabelecidas desenvolvem-se a partir de frontais incipientes e podem ser distintas pelo crescimento de vegetação secundária e pela maior complexidade de forma, altura e largura (Hesp, 1988).

5.2.1.2. Rupturas de deflação

As rupturas de deflação (*blowouts*) são feições mistas (erosivo-deposicionais), geradas por retirada e redeposição local, pelo vento, de depósitos arenosos preexistentes. A ruptura faz-se através da produção de bacia deflacionar (*deflation basin*), delimitada por paredes erosivas

subparalelas (*erosional walls*) que se fecham, rumo sotavento, em lobos deposicionais (*depositional lobes*) em U, com faces de avalanche (Hesp 2000).

5.2.1.3. Dunas parabólicas

O termo dunas parabólicas, introduzido por Steenstrup (1894 *apud* Howell, 1960), refere-se a dunas caracterizadas por geometria plana em U ou V, com convexidade voltada para sotavento. As dunas parabólicas desenvolvem-se a partir do crescimento de rupturas de deflação (Guilcher, 1958; Trenhaile, 1997; Hesp, 2000) e, por esta razão, ambas possuem basicamente os mesmos componentes, porém as dunas parabólicas diferem pelo maior alongamento das paredes, em forma de rastro linear residual, e da bacia deflacionar. Podem ter geometria simples ou composta. A geometria parabólica simples equivale à forma também conhecida na literatura como *hairpin* (termo introduzido por Melton, 1940, cuja tradução seria: em grampo de cabelo), *longwalled* (Pye, 1982) ou adelgada (*attenuated*, de Semeniuk *et al.*, 1989). A geometria composta caracterizada pela coalescência lateral de várias formas parabólicas menores tem sido designada por uma série de sinônimos como imbricada (Giannini, 1993), em ancinho (Barbosa, 1997), escalonada (Barreto, *et al.*, 2003), ou digitada (*en-echelon* de Pye, 1993), correspondentes aos termos em inglês *imbricate* (Tinley, 1985; Hesp *et al.*, 1989), *fretted* (Semeniuk *et al.* 1989) ou *digitate* (Pye & Tsoar, 1990). Quanto à disposição relativa, algumas dunas parabólicas, tanto simples quanto compostas, apresentam convexidade encaixada na concavidade de dunas parabólicas a sotavento, quando são então designadas aninhadas (Barreto, 1996) ou nidiformes (Barbosa, 1997), traduções para *nested* (Melton, 1940). Dunas sub-parabólicas formadas a sotavento de *playas* recebem o nome de *lunettes*.

5.2.1.4. Rastros lineares

Os rastros lineares residuais são feições geomorfológicas produzidas pela migração de lobos de rupturas de deflação e dunas parabólicas. Conforme o lobo ou frente deposicional avança, suas laterais são colonizadas e estabilizadas pela vegetação, e deixadas para trás, formando montes retilíneos de areia com direção aproximadamente paralela ao vento, vegetados em sua parte externa e desvegetados, com caráter erosivo, em sua parte interna.

5.2.1.5. Retrocordões

Os retrocordões, tradução para o termo alemão *gegenwalle* introduzido por Paul (1944), também conhecidos como marcas em cúspide de vegetação (Jimenez *et al.* 1999) posicionam-se em zona de deflação sujeita a alagamentos periódicos. Durante estes alagamentos, a umidade impede a areia de ser transportada e como consequência as margens das dunas são colonizadas pela vegetação. Com o início do período seco subsequente, a umidade da areia diminui e as dunas voltam a migrar, porém a margem barlavento colonizada pela vegetação permanece parada, como resultado da estabilização pelas plantas. Estas plantas retêm a areia transportada pelo vento num processo semelhante ao de formação de dunas frontais incipientes, e geram

assim cordões baixos e ondulados, com geometria em planta subconcordante com o lado barlavento da duna e/ou campo de dunas.

5.2.1.6. Nebkhas

O termo *nebkhas* foi introduzido por Killian (1945 *apud* Tenberg, 1994), para referir-se a montículos de areia formados pela deposição eólica em meio à vegetação. Estas formas são também conhecidas como *coppice dunes* e *rebdou* (Nickling & Wolfe, 1994). Os *nebkhas* são tipicamente circulares, sem faces de avalanche e com rampa a sotavento tênue e lisa. Podem possuir caudas alongadas no sentido do vento. Nesse caso, recebem a denominação dunas de sombra (*shadow dunes*).

5.2.1.7. Montes residuais

Os montes residuais (*remnant knobs*) são montes de areia assimétricos, parcialmente vegetados, que ocorrem no meio do campo de dunas. Representam porções remanescentes de um depósito eólico que sofreu erosão diferencial. Seu flanco sotavento é densamente vegetado, com sinais de deposição de areia em meio à vegetação, enquanto o barlavento tem aspecto predominantemente erosivo.

5.2.1.8. Cordões de precipitação

Os cordões de precipitação (*precipitation ridges*, Cooper, 1958) ocorrem sob a forma de pilhas cônicas alongadas que aparecem na margem interna do campo de dunas, formados pelo empilhamento da areia sobre a vegetação ou corpo d'água. São vegetados e possuem caráter deposicional, em sua face externa, e desvegetados, na parte interna. A vegetação age como um obstáculo, dificultando o avanço do campo de dunas, e aumentando, com isso, a altura das faces de avalanche. O grau de sinuosidade da crista depende da presença e do porte de frentes secundárias de avanço (Giannini, 1993).

5.2.2. Fácies sem influência da vegetação

As fácies que não ou possuem pouca influência da vegetação serão descritas a seguir, também das proximais para as distais.

5.2.2.1. Protodunas

As protodunas são formas de leito eólicas com até poucos metros de altura, sem face de avalanche (*slipface*) marcada por fluxo de grãos (Kocurek *et al.*, 1992), orientadas transversalmente ao vento efetivo.

5.2.2.2. Franjas de areia eólica

Este termo é introduzido neste trabalho para referir-se a sedimentos incoesos, desvegetados, acumulados pelo vento, sob forma de lençol de espessura centimétrica, aos pés

das dunas frontais. As franjas de areia eólica, sob aporte eólico elevado, podem evoluir para protodunas.

5.2.2.3. Dunas transversais

As dunas transversais são formas de leito com orientação transversal ao vento efetivo, com crista linear retilínea.

5.2.2.4. Planícies interdunares

Planícies interdunares são áreas aproximadamente planas situadas entre dunas transversais/barcanóides, onde a deflação pode predominar sobre a deposição eólica. Caracterizam-se por apresentar-se constantemente úmidas, periodicamente alagadas e com vegetação pioneira esparsa.

5.2.2.5. Cadeias barcanóides

As cadeias barcanóides são formadas por dunas barcanas lateralmente coalescidas, com crista sinuosa e orientação transversal ao vento efetivo.

5.2.2.6. Extensões lineares

As extensões lineares são depósitos eólicos com crista linear, orientados subparalelamente ao vento efetivo, anexos à porção mais alta da cadeia barcanóide, na sua concavidade. Sua formação está provavelmente relacionada a mudanças temporárias na direção do vento principal.

5.2.2.7. Depressões interdunares

Depressões interdunares são zonas interdunares de perfil côncavo para cima, situadas entre o costado de uma duna e a frente da duna à retaguarda, que o cavalga. Ocorrem tipicamente no meio do campo de dunas. Correspondem a planícies interdunares entulhadas por dunas.

5.2.2.8. Lobos deposicionais

Os lobos deposicionais referem-se às frentes de avanço principais dos campos de dunas. Possuem formato parabólico, com convexidade apontando para o mesmo rumo do vento efetivo.

5.3. ASSOCIAÇÕES DE FÁCIES

Os campos de dunas transgressivos, segundo Hesp (1999), são depósitos de areia eólica que se desenvolvem ao interior da pós-praia, formados pela migração da areia em direção ao continente, ou ao longo da costa, geralmente sobre um terreno vegetado a semivegetado. Quando ativos, aparecem desvegetados ou parcialmente vegetados. O termo “transgressivo” foi adotado por Gardner (1955) para depósitos eólicos de areia que, a partir da praia, avançavam para o interior, e, portanto, “transgrediam” sobre o continente. Estes campos de dunas podem ser encontrados em diversos regimes climáticos e de ondas, mas são mais comuns em costas de

clima temperado úmido, com aporte de areia abundante, particularmente em praias de alta energia de onda e expostas a fortes ventos *onshore* (Short, 1988a, b; Hesp, 1989; Hesp *et al.*, 1989; Hesp & Thom, 1990; Trenhaile, 1997). Podem possuir tamanhos variados, desde centenas de metros até vários quilômetros e apresentar um complexo conjunto de dunas e feições geomorfológicas incluindo tanto fácies sem influência da vegetação como fácies vegetadas. Os campos de dunas transgressivos são também conhecidos na literatura como lençóis arenosos parabólicos (Tomazelli, 1990), *draas* costeiros (Karpeta, 1990; Giannini, 1993), dunas parabólicas complexas em rampa (García-Hidalgo *et al.*, 2002), ou simplesmente dunas complexas (Barbosa, 1997).

Os campos de dunas transgressivos ativos da costa centro-sul de Santa Catarina, correspondentes à unidade 4 de Giannini (1993), relacionam-se a dois tipos de associações de fácies morfológicas ou *draas* costeiros distintos, designados respectivamente pelos termos proximal e distal (quanto ao critério descritivo de posição relativa no sistema deposicional) ou maciço e deflacionar (quanto ao critério morfológico) (Giannini, 1998). Estes *draas* poderiam ser diferenciados geneticamente quanto à razão energia eólica/disponibilidade de areia ou e/d (Giannini, 1993; Giannini, 1998; Carvalho & Giannini, 1998; Giannini, 2002) e/ou quanto à razão efluxo/influxo (Giannini *et al.* no prelo). A associação de fácies de razão e/d supostamente baixa, mais proximal (Figura 5.1B), inicia-se por protodunas e/ou dunas frontais mal formadas devido ao excesso de sedimentos, grada ao interior para dunas transversais lineares e barcanóides e termina em frentes parabólicas. A segunda associação de fácies, distal (Figura 5.1A), é formada por depósitos eólicos menos contínuos relacionados a razões e/d elevadas. Inicia-se por rupturas de deflação, rastros lineares, montes residuais, retrocordões e dunas parabólicas isoladas, passa para cadeias barcanóides e termina com frentes parabólicas alongadas. A margem interna de ambas as associações apresenta frentes de avanço secundárias, contidas por vegetação (cordão de precipitação).

A primeira associação seria formada pelo espalhamento contínuo de depósitos eólicos, desde as dunas de orla praial até as frentes parabólicas distais, sob alta deriva eólica efetiva. As dunas frontais, quando instáveis, de ocorrência restrita e/ou temporária, constituem a fonte imediata de areia para este tipo de associação. Quando estáveis, sob forma de cordões contínuos e perenes favorecidos pela baixa deriva eólica efetiva, são a fácies única desta associação abortada, isto é, não desenvolvida completamente por falta de areia. A segunda associação situa-se sempre a sotavento da primeira, seja esta abortada ou não, dela se separando por uma área deflacionar, onde se encontram suas fácies mais proximais (Giannini 1998, 2002).

O desenvolvimento completo da associação proximal ocorre preferencialmente sobre o sistema deposicional barra-barreira existente a sul do cabo de Santa Marta (Laguna). Esta distribuição geográfica pode estar ligada ao excesso de areia em desequilíbrio na face litorânea e costa afora, favorecido pela redução do gradiente da plataforma interna e/ou pela mudança da orientação da linha de costa a sul de Santa Marta (Giannini 1998, 2002). A associação distal

ocorre sobre o sistema de planície costeira, que fica a norte de Laguna, onde o gradiente da plataforma interna é mais alto e a orientação da costa é mais inclinada para norte.

Figura 5.1. Ilustração esquemática das duas associações de fácies encontradas na região. A) Associação de fácies maciça ou proximal. B) Associação de fácies deflacionar ou distal. Modificada de Giannini (2002)

CAPITULO 6 – SISTEMA PRAIA-DUNA FRONTAL (ÁREA FONTE)

6.1. INTRODUÇÃO

Como já realçado por Angulo (1996), há uma série de problemas na terminologia dos ambientes e subambientes litorâneos clásticos dominados por ondas. Considerando a importância e a influência destes ambientes, como área fonte principal, no sistema eólico costeiro, parece de grande valia definir a terminologia que será utilizada para descrevê-los. A proposta terminológica que será utilizada é a de Angulo (1996) (Figura 6.1).

Figura 6.1: Terminologia de ambientes e subambientes litorâneos, proposta por Angulo (1996). Modificado de Angulo (1996).

Nesta proposta, o pós-praia (*backshore*) é considerado o trecho situado entre falésias ou dunas frontais e a antepraia. Este trecho localiza-se entre o limite de espraçamento das ondas de preamar médio e o alcance máximo das ondas de tempestade ou marés muito altas. A principal feição morfológica do pós-praia são as bermas, e seu limite com a antepraia é marcado por uma mudança de declive, freqüentemente bastante acentuado, que constitui a crista da berma (Angulo, 1996).

A antepraia (*foreshore*), situada entre o pós-praia e a face litorânea, limita-se entre o espraçamento das ondas de preamar médio e o nível médio de maré baixa. Pode ser dividida em duas partes, superior e inferior. A parte superior, denominada face praial, caracteriza-se por apresentar maior declive e morfologia e estruturas sedimentares características de espraçamento. A parte inferior, o terraço de baixa-mar, possui morfologia complexa devido à interação de processos de espraçamento, surfe e correntes induzidas por ondas (Angulo, 1996).

Giannini (1993) definiu a morfodinâmica das praias do litoral centro-sul catarinense como dissipativa. As praias dissipativas caracterizam-se por apresentar face praial e zona de espraçamento plana e longa, sem a presença de berma, o que facilita o potencial de transporte de areia pelo vento e a produção de dunas (Short, 1988). Deste modo, as praias dissipativas da

região estudada não possuem pós-praia, pois há ausência de bermas e o nível preamar médio (antepraia superior) chega a alcançar a base de franjas de areia eólica.

6.2. PRAIA DE IBIRAQUÊRA

6.2.1. Morfologia do sistema praia-duna

Para a caracterização da praia de Ibiraquêra foi realizado um perfil de descrição e amostragem longitudinal (vide item 1.4.3.5). A morfologia das dunas frontais varia ao longo da praia, de norte para sul, conforme ilustra o Quadro 6.1, e cuja localização encontra-se no Anexo 3.

Quadro 6.1. Síntese descritiva dos pontos de amostragem da praia de Ibiraquêra, apresentados de N para S.

Pontos de amostragem	Descrição (alturas entre parêntesis)
	Posição: 0,5km. Protodunas e pequenas dunas transversais (até 0,5m), inter espaçadas de 3,5m, com dunas frontais (2,2m) ao interior.
	Posição: 1,0km. Protodunas (0,1m) inter espaçadas de 2,8m, com dunas frontais (2,5m) ao interior.
	Posição: 1,5km. Duna frontal em forma de cordão (3,6m), com franja de areia eólica ao sopé.

Posição: 2,0km.

Degrau de 0,4m, produzido por erosão da franja de areia eólica, diante de cordão de duna frontal estabelecida (4,6m).

Posição: 2,5km.

Duna frontal incipiente em rampa (1m), no sopé de falésia produzida por erosão marinha sobre duna frontal estabelecida (4m).

Posição: 3,0km.

Duna frontal incipiente em rampa (0,5m), e cordão de duna frontal estabelecida (4,6m).

Posição: 3,5km.

Cordão de duna frontal incipiente (2,2m) e cordão de duna frontal estabelecida (3,9m), separados por calha (swale).

	Posição: 4,0km. Duna frontal incipiente em forma de rampa (1,9m), ao sopé de cordão de duna frontal estabelecida (3,4m).
	Posição: 4,5km. Duna frontal estabelecida, sob forma de terraço (0,4m), e paleodunas ao interior.
	Posição: 5,0km. Antepraia úmida, sem dunas frontais.

De acordo com o Quadro 6.1, no limite norte da praia de Ibraquêra, as dunas frontais encontram-se na forma de cordões incipientes descontínuos e, entre a zona de espraçamento e as dunas frontais, estão presentes protodunas e/ou pequenas dunas transversais cujo processo eólico mais atuante parece ser carpete de tração. Rumo sul, na porção média da praia, o cordão de dunas frontais torna-se contínuo e estabelecido, com dunas frontais incipientes em seu sopé. Ainda mais a sul, as dunas frontais incipientes desaparecem e o cordão de dunas frontais estabelecidas transforma-se em terraço. No limite sul da praia, aumenta a umidade e coesão das areias de antepraia, o que impossibilita a formação de dunas frontais.

Aparentemente, as dunas frontais incipientes do extremo norte da praia tornam-se instáveis devido ao soterramento por grande quantidade de sedimentos arenosos, o que dá lugar às protodunas e dunas transversais sem vegetação. Desse modo, a variação longitudinal de morfologia dunar, com aparecimento gradual de dunas sem vegetação de SSW para NNE, torna

evidente o aumento de estoque sedimentar de areia eólica junto à praia, neste rumo. Dois fatores principais podem estar condicionando este aumento. O primeiro relaciona-se à corrente de deriva litorânea residual, de rumo NNE, que estocaria sedimentos na terminação norte da praia. O segundo fator seria a concavidade da praia, e a conseqüente obliquidade do vento em relação à linha de costa. Ao norte, onde a linha de costa possui direção paralela ao vento efetivo, vindo de NE, a areia eólica permanece junto à praia. A ausência de obstáculos ao longo da praia torna o fluxo mais veloz, o que favorece a deposição sob forma de carpete de tração. A sul, o vento passa a atuar obliquamente, rumo ao continente, fazendo com que parte da areia se disperse em meio à planície de deflação. A menor retenção de areia eólica junto à praia desfavorece a manutenção das formas tipicamente desvegetadas, como dunas transversais e protodunas.

6.2.2. Sedimentologia do sistema praia-duna

A variação longitudinal de granulometria no sistema praia-duna de Ibraquêra foi estudada através dos parâmetros estatísticos (diâmetro médio, desvio padrão, assimetria e curtose) e das porcentagens das principais frações granulométricas (Gráficos 6.1 a 6.7). Ao analisar-se, nesses gráficos, o padrão geral de variação longitudinal da granulometria, observam-se mudanças nítidas na região central da praia (km 2,5). Esta região caracteriza-se por ser o ponto separador (máximo ou mínimo) entre duas retas de regressão com tendências opostas de variação longitudinal.

As areias tanto da zona de espriamento média (A) como da antepraia predominantemente emersa (B) apresentam tendência de engrossamento do diâmetro médio, piora de seleção e diminuição do grau de assimetria nas proximidades do km 2,5, a primeira porém, com maior intervalo de variação. Os valores de α obtidos para curtose foram muito altos, não se tratando, portanto, de um bom parâmetro para evidenciar mudanças nos sedimentos ao longo da praia. O engrossamento relaciona-se ao aumento da porcentagem de areia média e à queda na porcentagem de areia fina e/ou muito fina.

Gráfico 6.1. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio das areias da zona de espriamento médio (A) e da antepraia emersa (B) em função da distância ao longo da praia de Ibraquêra.

	A	A
R^2	0,516	0,56
n	5	6
α	0,1	0,05

	B	B
R^2	0,704	0,462
n	6	5
α	0,025	0,2

Gráfico 6.2. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão das areias da zona de espraiamento médio (A) e da antepraia emersa (B) em função da distância ao longo da praia de Ibraquêra.

	A	A
R^2	0,561	0,778
n	6	5
α	0,05	0,025

	B	B
R^2	0,833	0,598
n	6	5
α	0,01	0,1

Gráfico 6.3. Diagrama de dispersão binária da assimetria das areias da zona de espraiamento médio (A) e da antepraia emersa (B) em função da distância ao longo da praia de Ibraquêra.

	A	A
R^2	0,0588	0,474
n	5	6
α	0,4	0,1

	B	B
R^2	0,668	0,0729
n	4	7
α	0,1	>0,4

Gráfico 6.4. Diagrama de dispersão binária da curtose das areias da zona de espraiamento médio (A) e da antepraia emersa (B) em função da distância ao longo da praia de Ibraquêra.

	A	A
R^2	0,415	0,875
n	5	6
α	0,2	0,05

	B	B
R^2	0,788	0,649
n	3	8
α	0,2	0,01

Gráfico 6.5. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média na zona de espreadimento médio (A) e na antepraia emersa (B) em função da distância ao longo da praia de Ibraquêra.

	A	A
R^2	0,315	0,398
n	5	6
α	0,2	0,1

	B
R^2	0,235
n	10
α	0,1

Gráfico 6.6. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia fina na zona de espreadimento médio (A) e na antepraia emersa (B) em função da distância ao longo da praia de Ibraquêra.

	A	A
R^2	0,651	0,591
n	5	6
α	0,05	0,05

	B	B
R^2	0,808	0,664
n	5	6
α	0,025	0,025

Gráfico 6.7. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina na zona de espreadimento médio (A) e na antepraia emersa (B) em função da distância ao longo da praia de Ibraquêra.

Para os depósitos eólicos de sopé de duna frontal estabelecida (C) e de duna frontal estabelecida (D), a distribuição dos parâmetros granulométricos ao longo da praia acompanha de modo geral a tendência observada em (A) e (B) (Gráficos 6.8 a 6.14). Entre o km 1,5 e o 2,5, o diâmetro médio das areia engrossa e a seleção piora, controlados pelas proporções relativas entre areia fina e areia muito fina. Nas dunas frontais estabelecidas (D) a porcentagem de areia média

pequena (menor que 3%) quando comparada a (A), (B) e (C). De acordo com as observações morfológicas de campo, a zona de inversão de tendência abrange o terraço erodido em forma de degrau, situado no km 2,0 (Quadro 6.1). Este terraço constitui o ponto que possui maior porcentagem de areia média e que, por este motivo, estaria condicionando tanto a distribuição granulométrica de (C) como de (B).

	C	C
R^2	0,853	0,779
n	3	6
α	0,2	0,01

	D	D
R^2	0,957	0,926
n	5	5
α	0,005	0,005

Gráfico 6.8. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio das areias da protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia de Ibiraçüera.

	C	C
R^2	0,905	0,649
n	3	6
α	0,1	0,05

	D	D
R^2	0,676	0,391
n	5	5
α	0,05	0,2

Gráfico 6.9. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão das areias da protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia de Ibiraçüera.

	C
R^2	0,461
n	8
α	0,05

	D	D
R^2	0,62	0,897
n	7	3
α	0,025	0,2

Gráfico 6.10. Diagrama de dispersão binária da assimetria das areias da protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.

	C	C
R^2	0,834	0,256
n	4	5
α	0,05	0,2

	D
R^2	0,355
n	9
α	0,05

Gráfico 6.11. Diagrama de dispersão binária da curtose das areias da protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.

	C	C
R^2	0,73	0,711
n	3	6
α	0,2	0,025

	D	D
R^2	0,942	0,694
n	5	5
α	0,005	0,05

Gráfico 6.12. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.

	C	C	C
R^2	0,482	0,913	0,768
n	3	3	3
α	0,3	0,2	0,1

	D	D
R^2	0,961	0,989
n	5	5
α	0,005	0,005

Gráfico 6.13. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia fina na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia de Ibiriquera.

	C	C
R^2	0,887	0,827
n	4	5
α	0,05	0,025

	D	D
R^2	0,968	0,983
n	5	5
α	0,005	0,005

Gráfico 6.14. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia de Ibiriquera.

O padrão geral de variação longitudinal dos minerais pesados acompanha, aproximadamente, os padrões já descritos na granulometria, com mudanças na região central da praia (próximo ao km 2,5). De modo geral, o índice ZTR aumenta neste local e diminui para as extremidades da praia, enquanto o índice INS possui comportamento oposto. Este padrão é mais nítido na zona de espraimento (A), onde os processos hidrodinâmicos sofrem menor influência do agente eólico, mas ele pode ser observado também nos diagramas referentes à antepraia superior emersa (B), protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) (Gráficos 6.15 a 6.38).

Através dos gráficos de distribuição dos minerais ao longo da praia observou-se que o epidoto e a estauroлита têm comportamentos opostos. O comportamento da estauroлита (densidade 3,65-3,75) assemelha-se, na maior parte dos casos, ao do índice ZTR ou de minerais bastante densos como o zircão (densidade 4,68). Já o epidoto possui tendências semelhantes aos minerais instáveis (especialmente hornblenda), provavelmente pela semelhança de densidade (3,35-3,45 e 3,0-3,4 respectivamente).

Além dos minerais citados, foi observada ocorrência pontual e pouco abundante de minerais como granada, andalusita, clinopiroxênio, hiperstênio, apatita e perovskita.

Ao comparar os diagramas referentes a (A) e (B) com os de (C) e (D), notam-se algumas diferenças importantes. O teor de minerais pesados tanto em (A) como em (B) possui valores muito mais baixos que em (C) e (D). A turmalina é mais abundante que o zircão e os minerais metaestáveis (iMET) possuem aproximadamente a mesma frequência que o ZTR, em (A) e (B), enquanto em (C) e (D) o ZTR é sempre muito mais abundante que os demais. Este padrão deve-se provavelmente à seleção aerodinâmica. O vento carregaria preferencialmente os minerais leves (quartzo e feldspato) e os minerais pesados de menor densidade, como turmalina (densidade 3,0-3,5), hornblenda, epídoto e cianita (densidade 3,55-3,66), concentrando nas dunas frontais os minerais mais pesados como zircão e rutilo (densidade 4,18-4,25). Estes resultados podem indicar que, nesta praia, o vento é um agente melhor selecionador que a água.

Gráfico 6.15. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados na zona de espalhamento médio em função da distância ao longo da praia de Ibirapuera.

Gráfico 6.16. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos na zona de espalhamento médio em função da distância ao longo da praia de Ibirapuera.

Gráfico 6.17. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis na zona de espalhamento médio em função da distância ao longo da praia de Ibirapuera.

Gráfico 6.18. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis na zona de espalhamento médio em função da distância ao longo da praia de Ibirapuera.

Gráfico 6.19. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis na zona de espreamento médio em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.

Gráfico 6.20. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral na zona de espreamento médio em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.

Gráfico 6.21. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.

Gráfico 6.22. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.

Gráfico 6.23. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.

Gráfico 6.24. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.

Gráfico 6.25. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.

Gráfico 6.26. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra.

Gráfico 6.27. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra

Gráfico 6.28. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra

Gráfico 6.29. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra

Gráfico 6.30. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra

Gráfico 6.31. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra

Gráfico 6.32. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral na protoduna, franja de areia eólica ou duna frontal incipiente em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra

Gráfico 6.33. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados na duna frontal estabelecida em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra

Gráfico 6.34. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos na duna frontal estabelecida em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra

Gráfico 6.35. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis na duna frontal estabelecida em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra

Gráfico 6.36. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis na duna frontal estabelecida em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra

Gráfico 6.37. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis na duna frontal estabelecida em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra

Gráfico 6.38. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral na duna frontal estabelecida em função da distância ao longo da praia de Ibiraquêra

A partir das descrições morfológicas e dos dados de granulometria e mineralogia, é possível afirmar que aproximadamente a 2,5km da extremidade norte da praia de Ibiraquêra, as frações areia fina e muito fina e os minerais pesados menos densos (metaestáveis e instáveis) estão sendo removidos, enriquecendo o local em areia média e em minerais mais densos (ultraestáveis). A melhor hipótese para explicar este tendência seria a de que existiriam duas celas de deriva litorânea na praia de Ibiraquêra, uma para norte e outra para sul, divergentes a partir do km 2,5. Ambas transportariam os sedimentos mais finos e mais leves para as pontas norte e sul, respectivamente. O ponto de divergência destas celas seria local de fornecimento sedimentar e, portanto de erosão, como evidenciado por observação de campo.

6.3. PRAIA GRANDE DO SUL

6.3.1. Morfologia do sistema praia-duna

O excesso de estoque sedimentar eólico na praia Grande do Sul previne o crescimento da vegetação, necessário à formação de dunas frontais em maior parte de praia. As dunas frontais tornam-se mais expressivas somente a SW da desembocadura lagunar Arroio Corrente (AC), a partir de onde foi realizado um perfil de descrição e amostragem, de modo semelhante ao da praia de Ibiraquêra, que se estendeu até o vilarejo de Campo Bom (localização dos pontos no Anexo 4).

A morfologia das dunas frontais varia ao longo da praia, de NE para SW, de acordo com o Quadro 6.2.

Quadro 6.2. Síntese descritiva dos pontos de amostragem na praia Grande do Sul, ao longo do trecho entre a desembocadura lagunar do Arroio Corrente e o vilarejo de Campo Bom, apresentados de N para S.

Pontos de amostragem	Descrição (alturas entre parêntesis)
	Posição: do lado SW da desembocadura lagunar do Arroio Corrente. Terraço de dunas frontais erodido (2,2m).
	Posição: 0,5km. Terraço de dunas frontais incipientes, erodido, ladeado ao interior por cordão de duna frontal estabelecida (4,3m).
	Posição: 1,0km. Terraço descontínuo de duna frontal incipiente (até 2,15m), com falésias vivas localizadas.
	Posição: 1,5km. Cordão descontínuo e erodido de duna frontal estabelecida, formando montes vegetados isolados (1,4m).

	Posição: 2,0km. Dunas frontais erodidas, adquirindo forma cônica (2,3m).
	Posição: 2,5km. Dunas frontais incipientes diante de cordão de duna frontal estabelecida (2,3m).
	Posição: 3,0km. Cordão de duna frontal estabelecida (3,1m) e terraço de duna frontal incipiente (0,6m), ambos com falésias vivas de erosão por espraiamento de onda.
	Posição: 3,5km. Terraço de duna frontal incipiente (1,4m), erodido, ladeado ao interior por cordão de duna frontal estabelecida (4m).

Posição: 4,0km.
Terraço de duna frontal erodido (1,6m).

Posição: 4,5km.
Terraço ondulado de dunas frontais (2,3m).

Posição: 5,0km.
Terraço de duna frontal (0,7m).

Posição: a 5,5km da desembocadura do AC, no vilarejo de Campo Bom.
Terraço de duna frontal (0,6m).

De modo geral, as dunas frontais são descontínuas próximo à desembocadura da laguna de Arroio Corrente. Rumo SW, as dunas ganham continuidade, formando cordão, em cujo sopé ocorre terraço de dunas frontais incipientes. Mais a SW, já em Campo Bom, com o final do campo de dunas, as dunas frontais passam a constituir terraço contínuo e ondulado.

6.3.2. Sedimentologia do sistema praia-duna

Para a praia Grande do Sul, foram analisados dois conjuntos de dados. O primeiro refere-se aos dados obtidos por Giannini (1993), que compreende o trecho da desembocadura do Camacho até a desembocadura da laguna Arroio Corrente (AC). O segundo conjunto de dados foi coletado neste trabalho (ver item 2.3.5), desde a desembocadura Arroio Corrente até o vilarejo de Campo Bom (Gráficos 6.39 a 6.50).

Ao longo da praia Grande do Sul o diâmetro médio das areias na zona de espriamento médio (A) tende a engrossar no rumo SW, até a desembocadura Arroio Corrente, tornando-se bruscamente mais fino a partir daí. Este padrão não é seguido pela antepraia superior emersa (B) que apresenta afinamento geral e tênue neste rumo. Apesar da elevada dispersão, o desvio padrão apresenta nítida tendência para aumento rumo SW, tanto em (A) como em (B), já as porcentagens de areia fina decrescem de NE para SW. Observa-se também aumento brusco da porcentagem de areia muito fina imediatamente a SW do Arroio Corrente.

A partir dos Gráficos 6.39 a 6.50 pode-se observar, portanto, que a zona de espriamento médio (A) nem sempre acompanha as tendências encontradas na antepraia superior emersa (B). Esta diferença é provavelmente resultado dos diferentes tipos de processos que atuam em cada zona.

R^2	n	α
0,17	36	0,01

R^2	n	α
0,15	48	0,01

Gráfico 6.39. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio das areias da zona de espriamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.40. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio das areias da antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

R^2	n	α
0,114	48	0,01

R^2	n	α
0,436	48	0,005

Gráfico 6.41. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão das areias da zona de espriamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.42. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão das areias da antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

R^2	n	α
0,247	48	0,005

R^2	n	α
0,488	36	0,005

Gráfico 6.43. Diagrama de dispersão binária da assimetria das areias da zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.44. Diagrama de dispersão binária da assimetria das areias da antepaia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.45. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média da zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.46. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média da antepaia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

R^2	n	α
0,283	48	0,005

R^2	n	α
0,564	48	0,005

Gráfico 6.47. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia fina da zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.48. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia fina da antepaia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

R^2	n	α
0,31	36	0,005

Gráfico 6.50. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina da antepaia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.49. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina da zona de espraiamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

O diâmetro médio e o desvio padrão de (C) e (D) apresentam tendência para engrossamento e piora de seleção dos sedimentos rumo SW (Gráficos 6.51 e 6.52), o que coincide com o comportamento da praia neste trecho. A porcentagem de areia média também apresenta ligeiro aumento nesse rumo (Gráfico 6.54). As porcentagens de areia fina e muito fina,

apesar de não indicarem tendência nítida, apresentam comportamentos opostos, quando comparados (Gráficos 6.55 e 6.56). A assimetria varia pouco, exceto no último 1,5km a SW, onde se torna negativa.

Gráfico 6.51. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio na duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia Grande do Sul no trecho entre Arroio Corrente e Campo Bom.

Gráfico 6.52. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão da duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia Grande do Sul no trecho entre Arroio Corrente e Campo Bom.

Gráfico 6.53. Diagrama de dispersão binária da assimetria na duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia Grande do Sul no trecho entre Arroio Corrente e Campo Bom.

Gráfico 6.54. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média na duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia Grande do Sul no trecho entre Arroio Corrente e Campo Bom.

Gráfico 6.55. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia fina na duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia Grande do Sul no trecho entre Arroio Corrente e Campo Bom.

Gráfico 6.56. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina na duna frontal incipiente (C) e duna frontal estabelecida (D) em função da distância ao longo da praia Grande do Sul no trecho entre Arroio Corrente e Campo Bom.

O teor de minerais pesados nos sedimentos não obedece a nenhum padrão ao longo da praia, mas observam-se “picos” de concentrações em (A) e em (B) (Gráficos 6.57 e 6.63). A SW da desembocadura do Arroio Corrente, o teor de minerais pesados em (A) diminui bruscamente. A frequência dos minerais opacos aumenta rumo NE, já a turmalina tem comportamento oposto,

apesar de tênue (Gráficos 6.58, 6.64, 6.59 e 6.65). O zircão é muito abundante no limite NE da praia e próximo ao canal do Arroio Corrente. Tanto em (A) como em (B), a frequência do epidoto diminui rumo NE, sentido oposto ao da estauroлита (Gráficos 6.60 e 6.66). A hornblenda é bastante abundante no trecho central da praia, e mostra uma diminuição brusca próximo ao Arroio Corrente (Gráficos 6.61 e 6.67). Do Camacho ao Arroio Corrente, o iZTR tende a diminuir e o iINS a aumentar, o iMET permanece aproximadamente constante. Entretanto, a SW do Arroio Corrente, o iZTR aumenta bruscamente, enquanto o iINS diminui (Gráficos 6.62 e 6.68).

Além dos minerais citados, foram observados de modo pontual e pouco abundante minerais como andalusita, fluorita, apatita e perovskita.

As tendências observadas para os minerais pesados das dunas frontais (C e D) situadas entre o Arroio Corrente e Campo Bom são muito semelhantes às encontradas na antepraia superior.

Gráfico 6.57. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados na zona de espalhamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.58. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos na zona de espalhamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.59. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis na zona de espalhamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.60. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis na zona de espalhamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.61. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis na zona de espalhamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.62. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral na zona de espalhamento médio em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.63. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.64. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.65. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.66. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.67. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 6.68. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral na antepraia superior emersa em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Com estes dados nota-se que a desembocadura lagunar Arroio Corrente é uma feição que condiciona importantes variações nos sedimentos da praia, tanto nos parâmetros granulométricos, aumentando a quantidade de areia fina a SW e concentrando areia média a NE, como nos parâmetros mineralógicos, concentrando ZTR pontualmente. Entretanto, apesar da grande dispersão dos valores e da influência desta feição, as areias da praia Grande do Sul tendem a ficar mais finas, melhor selecionadas e com maior concentração de ZTR no rumo NE. Todas estas informações indicam que a deriva litorânea longitudinal da praia Grande do Sul ocorre neste sentido.

CAPÍTULO 7 – CAMPOS DE DUNAS: FÁCIES MORFO-DEPOSICIONAIS

7.1. CAMPO DE DUNAS DE IBIRAQUÊRA

7.1.1. Morfologia geral

Na praia de Ibiraquêra, o campo de dunas transgressivo ativo possui geometria parabólica, semelhante à *duna parabólica complexa em rampa* de García-Hidalgo (2002) ou ainda ao *lençol arenoso parabólico* de Tomazelli (1990). Apresenta posição oblíqua à linha de costa (aproximadamente 25°), transgredindo sobre terreno vegetado, em direção longitudinal ao vento dominante. Inicia-se por dunas frontais, que localmente aparecem cortadas e modificadas por rupturas de deflação (*blowouts*). Em direção ao interior, o campo de dunas grada para uma extensa área deflacionar. Esta área compõe-se por planícies de deflação vegetadas com superfície ondulada, retrocordões, rastros lineares residuais e dunas parabólicas isoladas (Anexo 1). As planícies de deflação aparecem nas fotografias aéreas com coloração escura devido à presença de vegetação e/ou áreas inundadas. As dunas parabólicas presentes na lateral externa do campo de dunas possuem geometria assimétrica, com o braço esquerdo sempre muito maior que o direito, e formando longos rastros lineares na planície de deflação. Os retrocordões ocorrem na planície de deflação sob a forma de sucessões periódicas que registram a migração do campo de dunas. Na parte interna do campo de dunas, as fácies deflacionares extinguem-se, dando lugar a cadeias de dunas transversais e barcanóides que podem apresentar depressões interdunares, montes residuais e, no caso de cadeia barcanóide, extensões lineares. As frentes de avanço principais exibem lobos deposicionais com formato em planta parabólico, enquanto as frentes secundárias de avanço, na margem interna do campo de dunas, são compostas por elevados cordões de precipitação (aproximadamente 15m).

Feições pertencentes a antigos campos de dunas transgressivos, agora totalmente vegetados, correlatos à unidade 3, foram reconhecidas nas fotografias aéreas, sob a forma de cordões de precipitação. Não foi possível a determinação da morfologia dos depósitos eólicos mais antigos (unidades 1 e/ou 2), presentes próximos a esta praia, devido ao seu adiantado estágio de dissecação e ravinamento.

7.1.2. Fácies retrocordão

Os retrocordões apresentam feições de retrabalhamento, como dunas de sombra e rupturas de deflação (Figura 7.1), e geralmente não alcançam 0,5m de altura. Em trincheiras, observam-se três séries de estratificações cruzadas (Figuras 7.2. e 7.3). As duas séries inferiores são compostas por areias de cor clara, com estratificações contínuas e de alto ângulo de mergulho. A atitude do mergulho medida para estas séries foi de N155/20 e N280/30, respectivamente. A série intermediária trunca a série inferior, através de uma superfície de terceira ordem. A série superior, com 0,2m de espessura, possui coloração escura, atribuída à

impregnação por matéria orgânica. Apresenta mergulhos subhorizontais, com truncamentos suaves e variações no azimute de mergulho de até 160°.

Os sedimentos da trincheira possuem diâmetro médio correspondente a areia fina e seleção boa a muito boa. A série superior possui sedimentos mais finos e melhor selecionados que as subjacentes (Gráficos 7.1 a 7.5).

A variação no azimute, os baixos mergulhos e a presença de matéria orgânica permitem relacionar a série superior a depósitos vegetados, de baixa mobilidade, com preservação tanto do *foreset* como do *backset*. Seria, portanto, a única feição morfológica a representar de fato depósitos de retrocordão. Neste contexto, as séries inferiores são possivelmente relíquias da passagem de cadeias barcanóides.

Figura 7.1. Visão geral do retrocordão na traseira do campo de dunas (RC, Anexo 3).

Figura 7.2. Trincheira aberta no retrocordão para descrição de estruturas internas.

Figura 7.3. A) Fotografia e B) fotointerpretação das estruturas encontradas na trincheira de retrocordão. Três séries de estratificações cruzadas podem ser observadas. A linha vermelha ilustra superfície de 3ª ordem.

Gráfico 7.1. Diâmetro médio das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de retrocórdão.

Gráfico 7.2. Desvio padrão das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de retrocórdão.

Gráfico 7.3. Porcentagem de areia média das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de retrocórdão.

Gráfico 7.4. Porcentagem de areia fina das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de retrocórdão.

Gráfico 7.5. Porcentagem de areia muito fina das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de retrocórdão.

7.1.3. Fácies rastro linear residual

As cristas de cadeias barcanóides posicionadas junto à borda externa do campo de dunas tornam-se parabolizadas, em virtude da retenção pela vegetação e da escassez de sedimentos na área deflacionar. Estas dunas parabólicas anexas às cadeias barcanóides não são simétricas: seu braço interno, com menos vegetação, é pior desenvolvido e mais curto que o braço externo. Este, por sua vez, é reconhecido como rastros lineares residuais (*trailing ridges*). A altura destes rastros não ultrapassa 2m, porém eles podem ser bastante extensos, com 500m de extensão ou mais. Para comparação, um mesmo rastro linear foi estudado em duas porções diferentes (RL1 e RL2, Anexo 3). Uma proximal em relação à área fonte praial (RL2: Figura 7.7), onde o rastro é mais antigo e densamente vegetado, com atividade deposicional nula ou escassa. Outra distal (RL1, Figuras 7.4 a 7.6), mais próxima ao campo de dunas, distante da primeira porção em aproximadamente 300m, com atividade deposicional ainda bastante evidente, sem cobertura vegetal densa e localmente retrabalhada por rupturas de deflação em sua face interna.

Ambas as porções apresentaram o mesmo padrão de estruturas sindeposicionais, com duas séries de estratificações cruzadas, separadas por uma superfície de 3ª ordem. A série inferior, mergulha de modo concordante à face externa do rastro (N147/29), A série superior, com ângulos de mergulho mais tênues (N120/14), apresenta-se fitoturbada (Figuras 7.5 e 7.8). O diâmetro médio varia de areia média, nas séries proximal-inferior e distal-superior, a areia fina. A

seleção dos sedimentos é moderada, com exceção da série proximal-superior que se apresentou muito bem a bem selecionada (Gráficos 7.6 a 7.11).

A partir destas observações, conclui-se que a série inferior representa depósitos análogos aos braços de parábolas, enquanto a série superior representa os depósitos subhorizontais e vegetados do topo do rastro linear. O empilhamento encontrado é sugestivo de processo de estabilização por vegetação que deve caracterizar a formação de um rastro linear a partir de um braço de duna parabólica.

Figura 7.4. Trincheira aberta na porção distal. Ao fundo ruptura de deflação retrabalhando o rastro linear.

Figura 7.5. Detalhe da trincheira na porção distal: duas séries de estratificações.

Figura 7.6. Corte longitudinal no rastro linear, porção distal. Observa-se o truncamento entre a série superior e inferior.

Figura 7.7. Visão geral da trincheira aberta na porção proximal do rastro linear.

Figura 7.8. A) Fotografia e B) fotointerpretação das estruturas encontradas na trincheira na porção proximal do rastro linear. Duas séries de estratificações cruzadas podem ser observadas, a inferior sendo truncada pela superior. A linha vermelha ilustra superfície de 3ª ordem.

Gráfico 7.6. Diâmetro médio das séries (superior e inferior) de estratificações de rastro linear, em dois pontos diferentes.

Gráfico 7.7. Desvio padrão das séries (superior e inferior) de estratificações de rastro linear, em dois pontos diferentes.

Gráfico 7.8. Porcentagem de areia grossa das séries (superior e inferior) de estratificações de rastro linear, em dois pontos diferentes.

Gráfico 7.9. Porcentagem de areia média das séries (superior e inferior) de estratificações de rastro linear, em dois pontos diferentes.

Gráfico 7.10. Porcentagem de areia fina das séries (superior e inferior) de estratificações de rastro linear, em dois pontos diferentes.

Gráfico 7.11. Porcentagem de areia muito fina das séries (superior e inferior) de estratificações de rastro linear, em dois pontos diferentes.

7.1.4. Fácies cadeia barcanóide

As cadeias barcanóides distribuem-se ao longo de todo campo de dunas e tornam-se mais altas próximo à frente de avanço principal do campo, onde chegam a 41m de altura (Figuras 7.9 e 7.10). Para melhor detalhamento e caracterização desta fácies, foram realizados quatro perfis de

coleta de medidas de azimuth de mergulho da face sotavento e outros quatro perfis da face barlavento. A presença das extensões lineares não permitiu a tomada de medidas em certas porções da face sotavento da cadeia barcanóide, principalmente nas mais altas. Deste modo, os perfis realizados nesta face posicionam-se entre as extensões lineares e, portanto, entre os pontos proeminentes da crista.

Na face sotavento, foi adotado o intervalo vertical de medição de 1,5m. Na face barlavento, onde o declive é suave, as medidas foram tomadas, do sopé à crista, em intervalos de dez passos, com cada passo equivalendo a aproximadamente 0,7m. Em todos os perfis realizados na face sotavento foram encontradas, no sopé, marcas onduladas com areia média na crista. Já as marcas onduladas com concentrações de minerais pesados nas calhas ocorrem de modo freqüente na metade superior (desde cerca de 20m da crista) da face barlavento.

Na face sotavento da cadeia barcanóide (Gráficos 7.12 A a D), a dispersão do rumo de mergulho, de aproximadamente 60°, e a presença de duas modas (Gráfico 7.12E), podem estar representando a sinuosidade característica da morfologia deste tipo de feição. Os perfis da face barlavento (Gráfico 7.13 A a E) apresentaram dispersão muito maior, cerca de 180°, devido à presença local de pequenas dunas reversas. Apesar disso, o vetor médio, no quadrante NE, apresentou-se condizente com a direção principal dos ventos da região.

Na trincheira aberta na crista, evidenciou-se a presença de pelo menos oito séries de estratificações cruzadas, que podem ser divididas em de alto (190/28) e baixo ângulo (166/05) (Figura 7.11). As estratificações cruzadas apresentam duas modas principais, analogamente à face sotavento (Gráfico 7.14). Observa-se moda subordinada com rumo do mergulho para NE, possivelmente ligada a faces barlavento que foram preservadas ou a depósitos de ventos reversos.

O diâmetro médio do sopé, meio e crista do sotavento da duna é equivalente à fração areia fina, porém, dentro desta faixa granulométrica, as areias do sopé são ligeiramente mais grossas e as do meio mais finas (Gráfico 7.15). Os valores de desvio padrão encontrados evidenciam areias bem selecionadas no sopé e no meio da face sotavento, e seleção moderada a boa na crista (Gráfico 7.16). A pior seleção nos sedimentos da crista associa-se à grande quantidade de areia muito fina e da alta porcentagem de areia média (Gráficos 7.17 a 7.19).

O padrão de distribuição de parâmetros granulométricos ao longo da frente da duna deve-se, provavelmente, aos diferentes processos ali atuantes. No meio da face sotavento, predominam processos de queda de grãos, e por este motivo as areia são mais finas e bem selecionadas, enquanto no sopé, o principal processo deposicional é o fluxo de grãos, que tem capacidade de transportar frações mais grossas (Figura 7.12).

Figura 7.9. Cadeia barcanóide estudada (CB, Anexo 3), com as três extensões lineares apontadas com as flechas.

Figura 7.10. Trincheira aberta na crista da cadeia barcanóide.

A

B

Figura 7.11. A) Fotografia e B) fotointerpretação das estruturas encontradas na trincheira de cadeia barcanóide. Pelo menos oito séries de estratificações cruzadas podem ser observadas. As linhas vermelhas equivalem a superfícies de 3ª ordem e as linhas verdes representam possíveis superfícies de deflação por ventos reversos.

A

B

C

D

E

Gráfico 7.12. Diagramas circulares de rosa-de-freqüências com medidas de rumo de mergulho de face sotavento de cadeia barcanóide: A) Perfil 1 de direção N090. B) Perfil 2 de direção N010. C) Perfil 3 de direção N030. D) Perfil 4. E) Todos os quatro perfis de sotavento juntos.

A

B

C

D

E

Gráfico 7.13. Diagramas circulares de rosa-de-freqüências com medidas de rumo de mergulho de face barlavento de cadeia barcanóide: A) Perfil 5 de direção N155. B) Perfil 6 de direção N020. C) Perfil 7 de direção N240. D) Perfil 8 de direção N010. E) Todos os quatro perfis de barlavento juntos.

Gráfico 7.14. Diagrama circular de rosa-de-freqüências com medidas de rumo de mergulho de estratificações encontradas na trincheira.

- Depósitos de fluxo de grãos.
- Depósitos de queda de grãos.
- Depósitos de ondulações eólicas.

Figura 7.12. Tipos de depósitos em dunas barcanas, segundo Hunter (1977).

Gráfico 7.17. Porcentagem de areia média dos sedimentos da base, meio e topo da face sotavento de cadeia barcanóide.

Gráfico 7.15. Diâmetro médio dos sedimentos da base, meio e topo da face sotavento de cadeia barcanóide.

Gráfico 7.16. Desvio padrão dos sedimentos da base, meio e topo da face sotavento de cadeia barcanóide.

Gráfico 7.18. Porcentagem de areia fina dos sedimentos da base, meio e topo da face sotavento de cadeia barcanóide.

Gráfico 7.19. Porcentagem de areia muito fina dos sedimentos da base, meio e topo da face sotavento de cadeia barcanóide.

7.1.5. Fácies extensão linear

As extensões lineares de Ibiráqüera alcançam até 24m de altura, porém em algumas feições pode haver uma assimetria, com a lateral externa (esquerda) mais alta que a lateral interna (direita) (Figuras 7.14 e 7.15).

Um total de oito trincheiras foram abertas sucessivamente ao longo do declive externo de uma extensão linear de 10m de altura (Figura 7.16) (EL, Anexo 3). A partir da seção composta por estas trincheiras foi possível identificar quatro séries (*sets*) tabulares de estratificações cruzadas planares a ligeiramente tangenciais na base (Figuras 7.17 a 7.25), descritas em seguida, da base para o topo.

A série 1 de estratificações cruzadas planares possui orientação N150/30 (rumo do mergulho) e caracteriza-se por apresentar freqüente intercalação de níveis irregulares de areia média com níveis tabulares de areia fina, que corresponderiam aos produtos de processos de fluxo de grãos e queda de grãos, respectivamente. A série 2 apresenta orientação N140/04 (rumo do mergulho) e trunca o topo da série 1, através de uma superfície de terceira ordem. Possui lâminas tabulares de concentração de minerais pesados. A série 3 aparece em contato angular com a série 2, e com atitude do mergulho N292/13. Apresenta intercalações mais esparsas de lâminas de areia média com lâminas de areia fina. A série 4, com orientação N123/30 (rumo do mergulho), aparece deformada, com as laminações interrompidas, à semelhança de falhas, e preenchidas por areia mais grossa de aspecto maciço. Níveis com concentração de minerais pesados também aparecem interrompidos pela deformação (Figuras 7.24 e 7.25).

Em corte natural também se observou a presença de pelo menos quatro séries diferentes de estratificações cruzadas (A, B, C e D na Figura 7.26), separadas por superfícies de 3ª ordem. Neste afloramento, os azimutes de mergulho das séries de estratificações apresentam até quase 180° de diferença angular, com os mergulhos sempre voltados para quadrantes de sul, modas em SE, WSW e ESE (Gráfico 7.20). As modas encontradas são ligeiramente discrepantes (até cerca de 90°) do vento regionalmente mais efetivo na deposição eólica e na formação das cadeias barcanóides (SW). Wilson (1972) já descrevia as extensões lineares como formas de leito produzidas pela combinação de elementos transversais e longitudinais (Figura 7.13). Este fato pode ser interpretado como indicio de que, em parte, as condições de fluxo aerodinâmico para geração das extensões lineares são semelhantes às envolvidas na formação de dunas lineares (*seif*) em *ergs* (fluxo longitudinal). Assim, a construção da extensão linear seria devida à deposição associada a pequenos desvios (até 90°) do vento em relação ao rumo principal (ortogonal à cadeia barcanóide). Converte para esta hipótese o padrão entrelaçado das séries de cruzadas, com superfícies de truncamento em forma de letra z (Figura 7.26), que é parecido com o classicamente descrito como típico de dunas *seif*.

A granulometria de todas as séries é areia fina, com tendência de afinamento gradual tênue para o topo (Gráfico 7.21). A série 4 possui a melhor seleção, podendo ser classificada como bem selecionada, enquanto a série 3 aparece com a pior, classificando-se como moderadamente selecionada. Esta má seleção da série 3 associa-se a valores percentuais mais altos de areia grossa e muito fina (Gráficos 7.22 a 7.26).

Figura 7.13. Padrão de forma de leito formado pela combinação de elementos longitudinais e transversais segundo Wilson (1972).

Figura 7.14. Extensão linear na concavidade da cadeia barcanóide.

Figura 7.15. Exposição de estruturas sedimentares da extensão linear.

Figura 7.16. Série de oito trincheiras abertas ao longo do declive externo da extensão linear.

Figura 7.17. Trincheira 1, série 1 de estratificações cruzadas.

Figura 7.18. Trincheira 2, série 1 de estratificações cruzadas.

Figura 7.19. Trincheira 3, contato entre séries. Série 1 (inferior) e série 2.

Figura 7.20. Trincheira 4, série 2 de estratificação cruzada.

Figura 7.21. Trincheira 5, contato angular entre série 2 e série 3.

Figura 7.22. Trincheira 6, contato entre séries. Série 3 e série 4.

Figura 7.23. Trincheira 7, série 4 de estratificação cruzada.

Figura 7.24. Trincheira 8, série 4 de estratificação cruzada, deformada.

Figura 7.25. Detalhe da trincheira 8: deformação provavelmente produzida por pisoteamento.

Figura 7.26. Fotografia e fotointerpretação de afloramento na extensão linear. Pelo menos quatro séries de estratificações cruzadas são observadas, com padrão entrelaçado em "Z". As linhas vermelhas equivalem a superfícies de 3ª ordem.

Série A

Série B

Série C

Série D

Gráfico 7.20. Diagramas circulares de rosa-de-freqüências com medidas de rumo de mergulho das séries de estratificações cruzadas planares A, B, C e D encontradas no afloramento da Figura 7.26.

Gráfico 7.21. Diâmetro médio das séries de estratificações cruzadas (da base para o topo) de extensão linear.

Gráfico 7.22. Desvio padrão das séries de estratificações cruzadas (da base para o topo) de extensão linear.

Gráfico 7.23. Porcentagem de areia grossa das séries de estratificações cruzadas (da base para o topo) de extensão linear.

Gráfico 7.24. Porcentagem de areia média das séries de estratificações cruzadas (da base para o topo) de extensão linear.

Gráfico 7.25. Porcentagem de areia fina das séries de estratificações cruzadas (da base para o topo) de extensão linear.

Gráfico 7.26. Porcentagem de areia muito fina das séries de estratificações cruzadas (da base para o topo) de extensão linear.

7.1.6. Fácies depressão interdunar

Na depressão interdunar estudada (Figura 7.27) duas séries de estratificações cruzadas foram encontradas em trincheira (Figuras 7.28 e 7.29). A inferior com pelo menos 1,40m de espessura, apresenta orientação N146/17 (rumo do mergulho). A superior é uma camada centimétrica de mesma atitude que a superfície atual: N000/06 (rumo do mergulho). Os sedimentos de ambas as séries classificam-se como areia fina bem selecionada, porém a série superior é ligeiramente mais fina e melhor selecionada que a inferior (Gráficos 7.27 a 7.31).

A série inferior parece representar a parte distal de uma cadeia barcanóide ou ainda a crista de uma extensão linear soterrada. Se esta interpretação estiver correta, os depósitos propriamente formados na depressão interdunar são muito delgados e de baixa preservabilidade no registro.

Figura 7.27. Depressão interdunar e abertura de trincheira (DI, Anexo 3).

Figura 7.28. Trincheira aberta na depressão interdunar.

A

B

Figura 7.29. A) Fotografia e B) fotointerpretação das estruturas encontradas na trincheira de depressão interdunar. Duas séries de estratificações podem ser observadas, uma inferior e outra superior. A linha vermelha ilustra superfície de 3ª ordem.

Gráfico 7.27. Diâmetro médio das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de depressão interdunar.

Gráfico 7.28. Desvio padrão das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de depressão interdunar.

Gráfico 7.29. Porcentagem de areia média das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de depressão interdunar.

Gráfico 7.30. Porcentagem de areia fina das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de depressão interdunar.

Gráfico 7.31. Porcentagem de areia muito fina das séries (superior e inferior) de estratificações cruzadas de depressão interdunar.

7.1.7. Fácies monte residual

Como se trata de um resto erosivo, é característica inerente desta fácies ocorrer em meio a outras feições geomorfológicas do campo de dunas. O barlavento do monte residual estudado apresenta cortes naturais com exposição de estruturas sedimentares internas (Figura 7.30 e 7.31). Numa visão geral, é possível observar principalmente estratificações planares sub-horizontais (Figura 7.32), porém, em escala de maior detalhe (centimétrica), podem ser distintos truncamentos e laminações cruzadas internas que mergulham contra o vento principal (Figura 7.33). As medidas de azimuth de mergulho de estratificação apresentam grande dispersão (Gráfico 7.32). As superfícies irregulares e cavas de deflação centimétricas a decimétricas produzidas pelo vento em torno das plantas são, possivelmente, as responsáveis por tal padrão.

Os sedimentos do monte residual possuem diâmetro médio (2,4 phi) corresponde à fração areia fina, e altas porcentagens de areia média (15%) e fina (80%). O desvio padrão (0,43 phi) permite classificar a distribuição granulométrica como bem selecionada (Gráfico 7.33).

Figura 7.30. Monte residual no campo de dunas, com visão da cadeia barcanóide ao fundo (MR, Anexo 3).

Figura 7.31. Monte residual estudado, com barlavento erodido expondo estruturas sedimentares internas.

A

B

Figura 7.32. A) Fotografia e B) fotointerpretação de corte natural, no barlavento do monte residual, com predomínio de estratificações planares sub-horizontais.

A

B

Figura 7.33. Detalhe de truncamentos observados em corte natural de barlavento de monte residual. A) Fotografia e B) fotointerpretação de detalhe

Gráfico 7.32. Diagrama circular de rosa-de-freqüências com medidas de rumo de mergulho de estratificações encontradas no monte residual.

Gráfico 7.33. Porcentagem de areia grossa, média, fina e muito fina nos sedimentos de monte residual.

7.1.8. Fácies cordão de precipitação

O cordão de precipitação estudado na praia de Ibraquêra, possui altura aproximada de 15m (Figura 7.34). As estruturas encontradas na trincheira, numa visão geral, são monótonas, ocorrendo apenas uma série de estratificações cruzadas planares com orientação aproximada de N285/30. Nela, são abundantes as intercalações de lâminas com grande concentração de minerais pesados (Figura 7.35 e 7.36). Em escala de maior detalhe, é possível observar irregularidades e corrugações de dimensões até centimétricas, que podem ser atribuídas à deformação ligada à agitação mecânica da vegetação (Figura 7.37).

No interior do campo de dunas, próximo ao trecho de cordão de precipitação ativo, localiza-se um cordão de precipitação antigo, já inativo, atualmente sendo retrabalhado e recoberto pelas frentes de avanço do campo de dunas (Figura 7.38). Em alguns locais deste cordão afloram estratificações cruzadas, medidas para fins de comparação com as estruturas atuais. Há grande semelhança entre os resultados das medidas da superfície do flanco, estratificações expostas na trincheira e estratificações do afloramento (Gráfico 7.34). Estes resultados podem representar o rumo de avanço das frentes secundárias do campo de dunas.

Os sedimentos desta fácies são compostos por areias finas muito bem selecionadas, com tendência de engrossamento e melhora de seleção rumo ao sopé (Gráficos 7.35 a 7.39). Esta diferenciação estaria possivelmente ligada ao aumento da importância dos processos de fluxo de grãos em relação a queda de grãos.

Figura 7.34. Visão geral do trecho estudado do cordão de precipitação (CP, Anexo 3).

Figura 7.35. Trincheira aberta na crista do cordão de precipitação.

Figura 7.36. Visão geral das estruturas internas encontradas na trincheira do cordão de precipitação.

Figura 7.37 Detalhe das estruturas deformadas por agitação das plantas pelo vento.

Figura 7.38. Cordão de precipitação antigo com estruturas sedimentares expostas pela deflação atual.

Gráfico 7.34. Diagramas circulares de rosa-de-freqüências com medidas de rumo de mergulho de cordão de precipitação. A) Face de avalanche, B) estratificações cruzadas encontradas na trincheira, C) estratificação encontrada em afloramento de cordão de precipitação antigo.

Gráfico 7.35. Diâmetro médio dos sedimentos da base, meio e topo do flanco externo de cordão de precipitação.

Gráfico 7.36. Desvio padrão dos sedimentos da base, meio e topo do flanco externo de cordão de precipitação.

Gráfico 7.37. Porcentagem de areia média dos sedimentos da base, meio e topo do flanco externo de cordão de precipitação.

Gráfico 7.38. Porcentagem de areia fina dos sedimentos da base, meio e topo do flanco externo de cordão de precipitação.

Gráfico 7.39. Porcentagem de areia muito fina dos sedimentos da base, meio e topo do flanco externo de cordão de precipitação.

7.1.9. Fácies lobo deposicional

Os lobos deposicionais de Ibiraquêra apresentam-se achatados e com pequena altura (Figura 7.39) o que facilita sua rápida migração deste sobre o terreno vegetado (item 8.1.1). As faces de avalanche do lobo deposicional apresentam variação nos azimutes de mergulho de aproximadamente 120° (Gráfico 7.40), o que caracteriza seu formato parabólico. Concentrações de minerais pesados na calha de marcas onduladas podem ser observadas na metade superior dos flancos (Figura 7.41).

As principais estruturas encontradas nos flancos do lobo foram séries de estratificações cruzadas tabulares a ligeiramente onduladas, mergulhando para SE, com presença local de tangenciamentos no topo (possível padrão sigmóide). Estruturas deformacionais equidimensionais, de porte decimétrico, atribuídas a pisoteamento, afetam localmente estas estratificações. Em escala de maior detalhe, pode-se reconhecer outros tipos de estruturas, como dobras de fluidificação na base do flanco, laminações cruzadas planares internas aos estratos e níveis com concentração de minerais pesados ou de sedimentos mais grossos (Figuras 7.42 a 7.45).

Já na parte frontal do lobo, foram observadas estratificações cruzadas tangenciais no topo e na base (possivelmente sigmóides) e estratificações cruzadas truncadas no topo por superfícies de terceira ordem (Figura 7.45). As concentrações de minerais pesados são menos abundantes que nos flancos. Observam-se intercalações de estratos tabulares de areia compacta e úmida

com estratos lenticulares de areia incoesa e seca. Estas intercalações são, provavelmente, resultado da alternância de processos de queda e fluxo de grão, respectivamente, na frente do lobo.

Os sedimentos do lobo apresentaram valores de diâmetro médio dentro da classe areia fina, e seleção muito boa, com afinamento e melhora ascendente da seleção granulométrica (Gráficos 7.41 a 7.45). Esta melhora ascendente de seleção reflete os processos que atuam ao longo da face sotavento do lobo. No sopé predomina o fluxo de grãos, processo pouco seletivo, enquanto na crista o processo atuante é a queda de grãos, de grande capacidade seletiva.

Figura 7.39. Visão frontal do lobo deposicional estudado no campo de dunas de Ibiraquêra com medidas da altura dos flancos e frente do lobo (LD, Anexo 3).

Figura 7.40. Abertura da trincheira na lateral esquerda de lobo deposicional em Ibiraquêra. Notar concentrações de minerais pesados nas calhas de marcas onduladas.

Gráfico 7.40. Diagramas circulares de rosa-de-freqüências com medidas de rumo de mergulho obtidas em lobo deposicional. A) Flanco direito, B) frente, C) flanco esquerdo.

Figura 7.41. A) Fotografia e B) fotointerpretação das estruturas encontradas na trincheira do flanco esquerdo do lobo deposicional.

Figura 7.42. A) Fotografia e B) fotointerpretação de dobras de fluidificação encontradas em trincheira, na base do flanco esquerdo do lobo deposicional.

Figura 7.43. Níveis de concentração de minerais pesados (mais escuros) e níveis de sedimentos mais grossos (sobressalentes) em trincheira no flanco esquerdo do lobo deposicional.

Figura 7.44. A) Fotografia e B) fotointerpretação das estruturas sedimentares expostas em trincheira na frente do lobo deposicional. As linhas vermelhas representam superfícies de terceira ordem.

Gráfico 7.41 Diâmetro médio dos sedimentos da base, meio e topo do flanco de lobo deposicional.

Gráfico 7.42. Desvio padrão dos sedimentos da base, meio e topo do flanco de lobo deposicional.

Gráfico 7.43. Porcentagem de areia média dos sedimentos da base, meio e topo do flanco de lobo deposicional.

Gráfico 7.44. Porcentagem de areia fina dos sedimentos da base, meio e topo do flanco de lobo deposicional.

Gráfico 7.45. Porcentagem de areia muito fina dos sedimentos da base, meio e topo do flanco de lobo deposicional.

7.1.10. Comparação das fácies (variação ao longo do campo de dunas)

Apesar de bastante dispersos, os parâmetros granulométricos das amostras de topo de todas as fácies encontradas no campo de dunas de Ibiraquêra podem indicar certas tendências (Gráficos 7.46 a 7.51). As fácies retrocordão (RC) e rastro linear proximal (RL2), são bastante semelhantes quanto a diâmetro médio, seleção e porcentagem de areia média, areia fina e areia muito fina. Dentre as fácies estudadas, o rastro linear distal (RL1) é a que possui a granulação mais grossa e a pior seleção. Já a fácies cordão de precipitação (CP) é a mais fina e com a maior porcentagem de areia muito fina. A fácies lobo deposicional (LD) possui a melhor seleção, com a maior porcentagem de areia fina.

Estas diferenças permitem interpretar que os parâmetros granulométricos estão ligados à posição relativa das fácies dentro do campo de dunas. As fácies pertencentes à planície de deflação (RC e RL2) têm comportamentos bastante parecidos. A fácies da borda externa (mais proximal) do campo de dunas (RL1), posicionada no limite entre o campo de dunas e a planície de deflação, e a fácies da borda interna (mais distal) do campo de dunas (CP) possuem padrões texturais opostos, indicando aumento da maturidade textural para o interior. A fácies da frente de avanço do campo de dunas (LD) acompanha a tendência textural da borda interna.

Com estes dados e numa observação geral dos gráficos apresentados nota-se que o campo de dunas (sem as fácies da planície de deflação) apresenta tendência, no rumo SW, de afinamento, melhora de seleção e diminuição da porcentagem de areia média.

Gráfico 7.46. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio das fácies do campo de dunas de Ibraquêra em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.48. Diagrama de dispersão binária da assimetria das fácies do campo de dunas de Ibraquêra em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.50. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia fina das fácies do campo de dunas de Ibraquêra em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.47. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão das fácies do campo de dunas de Ibraquêra em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.49. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média das fácies do campo de dunas de Ibraquêra em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.51. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina das fácies do campo de dunas de Ibraquêra em função da distância da fonte praial.

A partir dos gráficos 7.52 a 7.57, observa-se que o teor de minerais pesados aumenta para SW. O iZTR também cresce neste no rumo, enquanto os minerais metaestáveis e instáveis possuem comportamento oposto. Este padrão de distribuição é diferente do esperado caso a seleção aerodinâmica fosse o principal fator controlador. Nesse caso, o padrão esperado seria o detectado nas dunas frontais, isto é, aumento da concentração de minerais mais leves das fácies mais proximais para as mais distais.

As fácies cordão de precipitação (CP) e monte residual (MR) apresentaram os maiores teores de minerais pesados, de onde se deduz que o monte residual pode ser derivado de cordão de precipitação antigo, atualmente submetido a retrabalhamento.

A distribuição dos minerais pesados ao longo do campo de dunas deve ser determinada, portanto, por sua disponibilidade ao longo da praia. A presença de duas celas de deriva litorânea com ponto de divergência na parte central da praia (capítulo 6) faz com que haja uma concentração anômala de minerais ultraestáveis nesta região. As duas extremidades da praia são os locais onde se acumulam mais minerais instáveis e metaestáveis, entretanto, a extremidade sul não parece contribuir com sedimentos para o campo de dunas, pois possui a antepraia constantemente úmida e não apresenta dunas frontais. A extremidade norte da praia atualmente encontra-se muito distante do campo de dunas, contribuindo, aparentemente, apenas com sedimentos da parte traseira do campo de dunas e com a planície de deflação. Deste modo, a parte central da praia parece ser a área fonte mais efetiva e, por este motivo, a área do campo de dunas adjacente a ela se enriquece em minerais pesados e ultraestáveis.

Outro fator que pode estar interferindo na distribuição dos minerais pesados é a presença de afloramentos de unidades eólicas mais antigas (unidade 2 descrita por Giannini, 1993) em algumas depressões interdunares. Estes afloramentos encontram-se em erosão e como descrito por Giannini (1993), Giannini & Suguio (1994) e Martinho (2001), estas unidades são enriquecidas em ultraestáveis e, deste modo, estariam contribuindo para a elevação do índice ZTR ao longo do campo de dunas.

Gráfico 7.52. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados nas fácies do campo de dunas de Ibiraquêra em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.54. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis nas fácies do campo de dunas de Ibiraquêra em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.53. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos nas fácies do campo de dunas de Ibiraquêra em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.55. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis nas fácies do campo de dunas de Ibiraquêra em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.56. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis nas fácies do campo de dunas de Ibraquêra em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.57. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral nas fácies do campo de dunas de Ibraquêra em função da distância da fonte praial.

7.2. CAMPO DE DUNAS DA PRAIA GRANDE DO SUL

7.2.1. Morfologia geral

A sul do cabo de Santa Marta, a linha de costa adquire direção aproximadamente longitudinal ao vento principal, de modo que o campo de dunas migra paralelamente à linha de costa (Anexo 2). Relacionado a este fato, o efluxo de areia eólica para o interior é reduzido. Ao mesmo tempo, o espaço de acumulação eólica entre a área fonte praial e o limite interno do campo de dunas torna-se restrito. O aumento da relação entre o aporte e espaço de acumulação propicia o entulhamento da antepraia por dunas desvegetadas. O excesso de estoque de areia no sistema praia-duna faz com que o campo de dunas não apresente área deflacionar, à semelhança do que ocorre com os *depósitos eólicos mantiformes* descritos por Tomazelli (1990). O campo de dunas apresenta dunas transversais junto à antepraia superior desde o limite nordeste da praia Grande do Sul, na desembocadura lagunar do Camacho, até cerca de 15km a SW. Suas planícies interdunares sofrem inundações periódicas, o que propicia o desenvolvimento de vegetação e a formação de *nebkhas*. Para o interior, observa-se o aumento da altura das dunas transversais, associado ao aparecimento gradual de sinuosidades na crista e de extensões lineares, o que caracteriza a passagem para cadeias barcanóides. A borda interna é formada por cordões de precipitação com frentes de avanço secundárias bem desenvolvidas. As frentes de avanço principais são compostas por lobos deposicionais equidimensionais em planta, com baixa relação comprimento/largura (cerca de 2/1). Os últimos 6km da praia Grande do Sul a SW, entre a desembocadura da laguna Arroio Corrente e o vilarejo de Campo Bom, é seu único trecho com ocorrência de dunas frontais. Depósitos eólicos mais antigos, correspondentes à unidade 2 de Giannini (1993), ocorrem a partir da lagoa Figueirinha e seguem além de Campo Bom (Anexo 2). Nestes depósitos, é possível observar morfologia análoga à encontrada em cordões de precipitação ativos.

7.2.2. Dunas transversais

Nas fotografias aéreas de 1956 e 1979/80, as dunas transversais distribuem-se junto à antepraia superior, em praticamente toda a extensão do campo de dunas da Praia Grande do Sul

(da desembocadura do Camacho a NE, até a desembocadura do Arroio Corrente a SW) (Quadro 8.4). Hoje, com o avanço da urbanização no local, mais intenso nos últimos 10 anos e o impacto antrópico, elas são encontradas somente entre a desembocadura do Camacho e o balneário Dunas do Sul a SW (Quadro 8.4).

A distribuição das dunas transversais pode ser dividida em três trechos, de NE para SW, denominados zona 1, zona 2 e zona 3. A zona 1 possui grande concentração de duna transversais, e neste trecho, a altura das dunas é menor, e conseqüentemente, seu espaçamento também (Gráficos 7.58 e 7.59) (Anexo 4). Na zona 2, ocorrem dunas mais altas e com maior espaçamento, intercaladas com dunas baixas semelhantes à do trecho anterior (Anexo 4). Devido à grande dispersão dos dados tanto na zona 1 como na zona 2, optou-se por comparar as zonas por seus valores médios. Esta comparação evidencia diferenças morfométricas e texturais entre estas zonas: a zona 1 possui dunas mais baixas e menos espaçadas e apresenta sedimentos mais grossos, melhor selecionados e com maior assimetria, em relação à zona 2.

Gráfico 7.58. Diagrama de dispersão binária da altura das dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 7.59. Diagrama de dispersão binária do espaçamento das dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

No trecho da praia Grande do Sul em que as dunas transversais se encontram preservadas (zona 1 e zona 2), não é possível observar claramente uma tendência longitudinal dos dados granulométricos. Entretanto, adicionados os dados obtidos por Giannini (1993), referentes ao trecho de dunas transversais existentes àquela época e mais tarde destruídas pela interferência antrópica (zona 3), foi possível observar certas tendências no rumo SW (Gráficos 7.60 a 7.65): os sedimentos tornam-se mais finos, o grau de assimetria decresce, a porcentagem de areia fina diminui e a de areia muito fina aumenta. Estes padrões de variação dos atributos sedimentológicos das dunas transversais são bastante semelhantes aos encontrados na antepraia superior (capítulo 6), mas diferem dos da zona de espraçamento (A). Conclui-se, portanto, que a antepraia superior emersa (B) exerce influência muito maior como fonte para o campo de dunas do que a zona de espraçamento.

Gráfico 7.60. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio das dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 7.61. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão das dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 7.62. Diagrama de dispersão binária da assimetria das dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 7.63. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média das dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 7.64. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia fina das dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 7.65. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina das dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Com os dados obtidos nas dunas transversais foi possível comparar as variáveis sedimentológicas com as variáveis morfométricas e observar se há alguma correlação entre elas. Os resultados permitem observar que quanto mais alta é a duna transversal, mais finos são os sedimentos, pior é a seleção, menor a assimetria e maior é a porcentagem de areia muito fina (Gráficos 7.66 a 7.70). A altura e o espaçamento entre dunas possuem correlação direta positiva, que ocorre sob forma de três agrupamentos principais (Gráfico 7.71).

R^2	n	A
0,19	46	0,005

Gráfico 7.66. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio em função da altura das dunas transversais.

R^2	n	α
0,153	46	0,005

Gráfico 7.67. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão em função da altura das dunas transversais.

R^2	n	A
0,189	46	0,005

Gráfico 7.68. Diagrama de dispersão binária da assimetria em função da altura das dunas transversais.

R^2	n	α
0,0237	46	0,2

Gráfico 7.69. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média em função da altura das dunas transversais.

R^2	n	A
0,118	46	0,025

Gráfico 7.70. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina em função da altura das dunas transversais.

R^2	n	α
0,651	53	0,005

Gráfico 7.71. Diagrama de dispersão binária do espaçamento em função da altura das dunas transversais.

Ainda utilizando as amostras analisadas por Giannini (1993) além das amostras deste trabalho, observa-se que os padrões de distribuição dos minerais pesados das dunas transversais de orla costeira ao longo do campo de dunas (Gráficos 7.72 a 7.77) são muito semelhantes aos encontrados na antepraia superior emersa (B) para este trecho (capítulo 6).

O teor de minerais pesados e a frequência de minerais opacos tendem a decrescer para SW. Assim como na antepraia emersa (B), a porcentagem de zircão no sentido SW aumenta até

705000E, decresce até 698000E e volta a crescer após este ponto. A frequência da hornblenda comporta-se de maneira oposta à do zircão. No limite nordeste da praia, o índice ZTR é muito superior aos demais índices, porém rumo SW esta diferença diminui, e em alguns pontos os índices chegam a estar equivalentes. Esta queda na diferença entre os índices pode estar ligada à já descrita seleção mineralógica pelo vento. Quanto mais distal (a SW) o sedimento, maior será seu teor de minerais pesados de baixa densidade (instáveis e metaestáveis). Sendo assim, parece que apesar dos sedimentos da antepraia superior emergida controlarem de certo modo os sedimentos das dunas de orla costeira, o vento também tem sua participação na distribuição dos minerais pesados nestas dunas.

Gráfico 7.72. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados nas dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 7.73. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos nas dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 7.74. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis nas dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 7.75. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis nas dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 7.76. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis nas dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Gráfico 7.77. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral nas dunas transversais em função da distância ao longo da praia Grande do Sul.

Por estarem posicionadas junto à antepraia superior, as dunas transversais podem ser atingidas pelas zonas de translação e espraiamento de ondas, durante eventos de marés meteorológicas, produzindo escarpas de até 1,5m de altura em sua parte lateral (Figuras 7.45 a 7.47). Nestas escarpas, é possível observar estruturas internas, como a intercalação de

estratificações cruzadas de dunas eólicas com estratificações plano-paralelas com origem ligada a processos de *overtop*, isto é, espraimento de preamar por sobre depósitos eólicos remodelados pela corrente pulsátil (Figura 7.48).

Em trincheira aberta na crista, observam-se séries de estratificações cruzadas tabulares, separadas por superfície de 3ª ordem (Figuras 7.49 e 7.50). A série inferior, com pelo menos 0,4m de espessura, apresenta orientação semelhante à da face sotavento. A série superior, com cerca de 0,2m de espessura, possui atitude ligeiramente discordante, indicando mudança tênue e possivelmente temporária na direção do vento.

Figura 7.45. Dunas transversais junto à praia Grande do Sul em situação de maré baixa.

Figura 7.46. Dunas transversais ao longo da praia Grande do Sul durante maré alta.

Figura 7.47. Lateral de duna transversal escarpada por fluxo pulsátil durante maré alta.

Figura 7.48. Estratificações cruzadas (fácies de duna transversal) intercaladas com estratificações plano-paralelas (fácies de espraimento de preamar), em escarpa de duna transversal.

Figura 7.49. Trincheira aberta em crista de duna transversal.

Figura 7.50. Duas séries de estratificações cruzadas separadas por superfície de 3ª ordem (linha vermelha). Trincheira em duna transversal.

7.2.3. Planícies interdunares

As planícies interdunares ocorrem entre dunas transversais sucessivas. Geralmente são úmidas e periodicamente inundadas por marés de tempestade (Figuras 7.51 e 7.52). São comuns estruturas de adesão na superfície e presença de *nebkhas* (Figura 7.53). As estruturas internas são monótonas, com franco predomínio de estratificações plano-paralelas sub-horizontais. Localmente, observam-se estratificações cruzadas de dunas transversais truncadas pela superfície da planície interdunar (Figuras 7.54 e 7.55). Seus sedimentos possuem diâmetro médio correspondente a areia fina, muito bem selecionada.

Figura 7.51. Interduna úmida, parcialmente vegetada.

Figura 7.52. Interduna alagada por marés de tempestade.

Figura 7.53. Marcas onduladas na superfície da interduna, com superimposição de marcas de adesão.

Figura 7.54. Trincheira aberta na interduna

Figura 7.55. A) Fotografia e B) fotointerpretação das estruturas encontradas na trincheira da interduna. Observam-se séries de estratificações cruzadas tangenciais na base, sobre estratificações plano-paralelas ligeiramente onduladas

7.2.4. Nebkhas

Os *nebkhas*, presentes nas planícies interdunares e ao interior das dunas transversais (Figura 7.56 e 7.57), geralmente não ultrapassam 0,5m de altura. Em trincheiras abertas nesta fácies (PS-NB, Anexo 4), em meio à planície de inundação, observou-se na base uma camada sub-horizontal encharcada, de coloração mais escura, mosqueada e com estruturas sindeposicionais pouco aparentes (Figuras 7.58 a 7.60). A camada superior, imediatamente acima, tem aproximadamente 0,25m de espessura e é composta por várias séries de estratificações cruzadas de baixo ângulo com azimuth de mergulho bastante disperso. O diâmetro médio dos sedimentos em ambas as camadas corresponde a areia fina, e a seleção é muito boa. Observa-se, porém, que a camada inferior possui maior porcentagem de areia média e de pelíticos em comparação com a sobrejacente. Ela deve portanto representar fácies de inundação da planície interdunar. Assim, apenas a camada superior registraria o depósito do *nebkha* propriamente dito, onde os sedimentos eólicos seriam retidos pela vegetação, preservando desse modo tanto o *foreset* como o *backset*.

Figura 7.56. *Nebkhas* em planície interdunar junto à praia Grande do Sul, próximo à vila de Garopaba do Sul, Jaguaruna.

Figura 7.57. *Nebkhas* na margem interna do campo de dunas, ao interior das dunas transversais em Garopaba do Sul (ao fundo, sambaqui).

Figura 7.58. *Nebkhas* na margem interna do campo de dunas, ao interior das dunas transversais.

Figura 7.59. Trincheira aberta em *nebkha* da fotografia anterior.

Figura 7.60. A) Fotografia e B) fotointerpretação das estruturas encontradas em trincheira aberta no *nebkha*. A camada superior apresenta estratificações cruzadas de baixo ângulo truncadas por superfícies de 3ª ordem (linhas em vermelho). A camada inferior caracteriza-se por estratificação sub-horizontal alternando níveis claros e escuros (destacados com linhas grossas), mosqueados, sem estrutura interna aparente.

7.2.5. Cadeias barcanóides/transversais

As cadeias ocorrem com crista sinuosa a retilínea, muitas vezes como continuação lateral das dunas transversais presentes na antepraia superior (DS-CB, AC-CB e CB-CB, Anexo 4). Quando independentes, possuem altura de 6 a 10m. Quando anexas às transversais, podem ser maiores (Figuras 7.61 e 7.62). Nas depressões interdunares, afloram areias antigas da unidade 2 reconhecida por Giannini (1993) (Figura 7.63). As estruturas internas destas cadeias barcanóides não diferem das já descritas para o campo de dunas de Ibiraquêra, ou seja, as estratificações

cruzadas, com rumo do mergulho médio para SW, apresentam duas modas principais, representativas da sinuosidade característica da face sotavento deste tipo de feição.

Os sedimentos são predominantemente areia fina (diâmetro médio) muito bem selecionada, com tênue piora de grau de seleção rumo SW (Gráficos 7.78 e 7.79). As dunas de Arroio Corrente (AC) e Campo Bom (CB), são empobrecidas em areia média e enriquecidas em areia muito fina, em comparação com as dunas do balneário Dunas do Sul (DS), situadas mais a NE (Gráfico 7.80 a 7.82).

Figura 7.61. Cadeias barcanóides/transversais na localidade de Campo Bom, Jaguaruna.

Figura 7.62. Cadeias barcanóides/transversais na localidade de Arroio Corrente, Jaguaruna.

Figura 7.63. Afloramento de areias antigas (unidade 2) na depressão interdunar entre duas cadeias barcanóides em Campo Bom, Jaguaruna.

Gráfico 7.78. Variação do diâmetro médio das cadeias barcanóides ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.

Gráfico 7.79. Variação do desvio padrão das cadeias barcanóides ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.

Gráfico 7.80. Variação da porcentagem de areia média das cadeias barcanóides ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.

Gráfico 7.81. Variação da porcentagem de areia fina das cadeias barcanóides ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.

Gráfico 7.82. Variação da porcentagem de areia muito fina das cadeias barcanóides ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.

7.2.6. Cordão de precipitação

O cordão de precipitação só se torna uma feição expressiva na morfologia do campo de dunas a SW da laguna Laranjal, a cerca de 8km do seu início (Anexo 2; DS-CP, AC-CP e CB-CP, Anexo 4). Em Arroio Corrente, esta feição chega a atingir 18m de altura (Figuras 7.64 e 7.65). Na localidade de Campo Bom, quase no limite sul do campo de dunas, o cordão de precipitação ocorre ancorado em morros de paleodunas correspondentes à unidade 2 (Giannini 1993). Quanto às estruturas sedimentares, esta fácies é bem semelhante à fácies correlata, descrita no campo de dunas de Ibiracüera: apenas uma série de estratificações cruzadas planares é encontrada. A orientação da série, coincidente com a face externa do cordão, representa rumo de avanço secundário do campo de dunas (NW). O sedimento possui diâmetro médio areia fina e é muito bem selecionado (Gráficos 7.83 e 7.84). Observa-se predomínio de partículas mais grossas, na porção inferior, e mais finas, na superior. Ao longo da feição, observa-se aumento das frações areia média e areia muito fina para SW (Gráficos 7.85 a 7.87).

Figura 7.64. Aspecto geral do cordão de precipitação do campo de dunas da praia Grande do Sul, nos arredores de Arroio Corrente.

Figura 7.65. Cordão de precipitação nas proximidades de Arroio Corrente, com sinuosidades formadas por frentes de avanço secundárias do campo de dunas.

Gráfico 7.83. Variação do diâmetro médio do cordão de precipitação ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.

Gráfico 7.84. Variação do desvio padrão do cordão de precipitação ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.

Gráfico 7.85. Variação da porcentagem de areia média do cordão de precipitação ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.

Gráfico 7.86. Variação da porcentagem de areia fina do cordão de precipitação ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.

Gráfico 7.87. Variação da porcentagem de areia muito fina do cordão de precipitação ao longo do campo de dunas. De norte para sul: DS) Dunas do Sul, AC) Arroio Corrente e CB) Campo Bom.

7.2.7. Lobo deposicional

A fácies mais distal do campo de dunas da praia Grande do Sul corresponde aos lobos deposicionais (CB-LD, Anexo 4). Possuem altura de aproximadamente 24m e baixa relação comprimento/largura (aproximadamente 2/1). Apresentam densa vegetação em sua base e avançam em direção ao vilarejo de Campo Bom (Figuras 7.66 e 7.67). Suas areias classificam-se como finas e muito bem selecionadas.

Figura 7.66. Lobo deposicional em meio ao vilarejo de Campo Bom.

Figura 7.67. Visão frontal do lobo deposicional, em Campo Bom, evidenciando densa vegetação no sopé.

7.2.8. Comparação das fácies (variação ao longo do campo de dunas)

As fácies planície interdunar (ID) e *nebkha* (NB) apresentam valores próximos em todos os parâmetros granulométricos, possuindo granulação mais grossa e maior desvio padrão quando comparadas às demais fácies (Gráficos 7.88 a 7.93). Isto deve-se provavelmente ao fato destas duas fácies ocorrerem nas regiões mais deflacionares do campo de dunas, e desse modo, concentrarem frações mais grossas.

A fácies cordão de precipitação (CP) é a mais fina e melhor selecionada tanto no balneário Dunas do Sul (DS), como em Arroio Corrente (AC) e em Campo Bom (CB), seguida pelo lobo deposicional e pelas cadeias barcanóides (CB).

A tendência geral do campo de dunas é de afinamento, piora de seleção, redução da quantidade de areia média e areia fina e o aumento da porcentagem de areia muito fina rumo SW. Assim como no campo de dunas de Ibirajú, a assimetria não apresenta tendência definida.

Gráfico 7.88. Diagrama de dispersão binária do diâmetro médio nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.89. Diagrama de dispersão binária do desvio padrão nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.90. Diagrama de dispersão binária da assimetria nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.91. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia média nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.92. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia fina nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.93. Diagrama de dispersão binária da porcentagem de areia muito fina nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.

Ao contrário da distribuição de minerais pesados na fácies ao longo do campo de dunas de Ibiracüera, a da praia Grande do Sul apresentou tendência compatível com a seleção hidrodinâmica por densidade. O teor de minerais pesados decresce suavemente para SW, assim como a frequência de minerais opacos. A frequência dos minerais menos densos como turmalina, epidoto e hornblenda cresce rumo SW enquanto a dos minerais menos densos como zircão e estauroлита diminui, e o índice ZTR decresce na medida em que os demais índices MET e INS aumentam de frequência rumo SW (Gráficos 7.94 a 7.99).

Gráfico 7.94. Diagrama de dispersão binária do teor de minerais pesados nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.95. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais opacos nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.96. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais ultraestáveis nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.97. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais metaestáveis nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.98. Diagrama de dispersão binária da frequência de minerais instáveis nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.

Gráfico 7.99. Diagrama de dispersão binária dos índices de estabilidade mineral nas fácies do campo de dunas da praia Grande do Sul em função da distância da fonte praial.

De modo geral, tanto os dados de granulometria quanto os de mineralogia acompanham as tendências observadas e já descritas das dunas transversais de orla costeira e a antepraia emersa (B).

CAPÍTULO 8 – MIGRAÇÃO DOS CAMPOS DE DUNAS E IMPACTO ANTRÓPICO

8.1. MIGRAÇÃO DOS CAMPOS DE DUNAS

8.1.1. Campo de dunas de Ibiraquêra

A sobreposição dos vetores referentes à posição do campo de dunas de Ibiraquêra em 1956 e 1995 permitiu observar sua taxa e rumo de migração, ao longo deste período. Mediram-se deslocamentos das frentes de avanço principais (lobos deposicionais) e secundárias (cordões de precipitação), bem como de limites entre o campo de dunas e a planície deflacionar, conforme apresentado na Tabela 8.1.

Pontos	Feição comparada	Medidas de deslocamento		
		Distância (m)	Taxa média (m/ano)	Rumo (azimute)
1	Lobo deposicional	236	5,9	215
2	Lobo deposicional	25	0,6	210
3	Lobo deposicional	108	2,7	209
4	Lobo deposicional	161	4	210
5	Lobo deposicional	143	3,5	205
6	Lobo deposicional	97	2,4	215
7	Lobo deposicional	147	3,6	215
8	Lobo deposicional	184	4,6	215
9	Cordão de precipitação	35	0,8	300
10	Cordão de precipitação	126	3	308
11	Limite entre campo de dunas e planície deflacionar	319	8	226
12	Limite entre campo de dunas e planície deflacionar	523	13	220

Tabela 8.1. Medidas de deslocamento de feições do campo de dunas de Ibiraquêra, ao longo de 39 anos (1956 a 1995). A posição dos pontos medidos encontra-se no Anexo 5.

O deslocamento das cristas de cadeias barcanóides somente foi possível de ser medido a partir das fotografias aéreas de 1956 e 1979. Neste intervalo de tempo estas feições migraram em média 70m no azimute 210, à taxa média de 3m/ano.

A altura influi na taxa de migração na medida que, sob mesmo regime de ventos, as feições mais baixas tendem a migrar com maior velocidade do que as mais altas, pois, como possuem menor quantidade de areia, requerem menor período de tempo para se locomoverem. Por este motivo, observa-se, na Tabela 8.1, que diferentes lobos deposicionais migram com taxas distintas e que os cordões de precipitação migram com velocidade relativamente lenta.

A inclinação do terreno sobre o qual a feição morfológica transgride também pode controlar a taxa de migração. É o que acontece nos pontos 2, 5 e 6, onde terreno a sotavento do lobo é em aclave e, por este motivo, as feições migram de modo mais lento.

Das feições morfológicas medidas, a que apresentou maior taxa de migração foi a zona limítrofe entre o campo de dunas e a planície de deflação. Ao longo destes 39 anos a planície de deflação aumentou a taxas anuais elevadas (10m/ano em média), e o campo de dunas sofreu encurtamento de cerca de 15%.

8.1.2. Campo de dunas da praia Grande do Sul

Os valores de deslocamento medidos no campo de dunas da praia Grande do Sul para o período de 1956 a 1995 encontram-se na Tabela 8.2.

Pontos	Feição comparada	Medidas de deslocamento		
		Distância (m)	Taxa média (m/ano)	Rumo (azimute)
1	Lobo deposicional	112	2,8	237
2	Lobo deposicional	- 192	- 4,9	237
3	Lobo deposicional	- 1000	- 25,6	237
4	Cordão de precipitação	145	3,7	290
5	Cordão de precipitação	162	4,1	320
6	Cordão de precipitação	88	2,2	320
7	Borda interna do campo de dunas	658	16,8	227
8	Borda interna do campo de dunas	500	12,8	230

Tabela 8.2. Medidas de deslocamento de feições do campo de dunas da praia Grande do Sul, ao longo de 39 anos (1956 a 1995). A posição dos pontos medidos encontra-se no Anexo 6.

As cristas de cadeias barcanóides são pouco evidentes nas fotografias aéreas (Quadro 8.2.), e por este motivo, não foi possível a realização de medidas de deslocamento neste tipo de feição.

Na Tabela 8.2, os pontos com deslocamento negativo indicam que a feição sofreu recuo neste período, provocado pela interferência humana (item seguinte), que arrasou e erodiu algumas feições. Ao contrário do que se observa em Ibiraquêra, os lobos deposicionais na praia Grande do Sul representam as feições com menores taxas de deslocamento, provavelmente devido à sua contenção pelo homem (item seguinte). Nas porções a NE do campo de dunas, observa-se que a borda interna deslocou-se sob altas taxas (15m/ano em média) (Anexo 6), à semelhança do observado no campo de dunas de Ibiraquêra. Assim, parece que o campo de dunas da praia Grande do Sul também vem sofrendo retração de sua área durante o período analisado.

8.2. INTERFERÊNCIA ANTRÓPICA

A partir dos dados do item anterior, dos mapas referentes aos Anexos 5 e 6 e da comparação das fotografias aéreas nos Quadros 8.1 e 8.2, nota-se que nas últimas quatro décadas o homem interferiu no ambiente que envolve o sistema eólico e provocou mudanças em sua morfodinâmica. Dentre estas interferências, a urbanização, na forma de loteamentos, expansão de vilarejos e construção de estradas, é a forma mais evidente, tanto em Ibiraquêra quanto na praia Grande do Sul. Em Ibiraquêra, a construção de loteamentos e casas e a plantação de *Casuarina maritima* sobre a planície de deflação, na retaguarda do campo de dunas, produziu uma barreira ao aporte praial (Figuras 8.1 a 8.3). A planície de deflação funciona como corredor de alimentação (Tomazelli, 1990) do campo de dunas, e, sendo este corredor interrompido, o aporte eólico torna-se praticamente nulo, provocando a retração do campo de dunas, detectada no item anterior. A perda de volume de sedimento do campo de dunas é ainda

maior devido a presença de empresa de mineração, localizada próximo a uma das frentes de avanço principais dos campos de dunas, que retira areia das dunas ativas para fins comerciais (Figura 8.4).

Figura 8.1. Zona urbana ao redor do campo de dunas de Ibiraquêra, estabelecida essencialmente dentro dos últimos 15 anos.

Figura 8.2. Casa junto à duna frontal, próximo ao limite norte de Ibiraquêra. Notar emprego de *Casuarina maritima* como "cerca viva".

Figura 8.3. Casa e plantação de *Casuarina maritima* junto à duna frontal, próximo ao limite norte de Ibiraquêra: obstáculo ao aporte eólico para o campo de dunas.

Figura 8.4. Lavra de extração de areia do campo de dunas por empresa de mineração: redução do volume de areia.

Na praia Grande do Sul, há duas intervenções antrópicas importantes além da construção de loteamentos como Balneário Dunas de Sul, Balneário Nova Camburiú e a expansão das vilas de Garopaba do Sul, Arroio Corrente e Campo Bom. A primeira é a obra de engenharia produzida para manter aberta constantemente a desembocadura lagunar do Camacho (Figura 8.5 e 8.6). Como se observa ao comparar as fotografias de 1956 e 1979 (Quadro 8.2), a abertura da desembocadura do Camacho não era permanente, mas sim temporária, sazonal. Com a abertura artificial definitiva do canal em meados da década de 90, o aporte eólico tornou-se permanentemente interrompido, o que pode contribuir para o aumento da deflação a SW da desembocadura.

A segunda intervenção antrópica pode ser observada no mapa referente ao Anexo 2, onde se percebe a presença de muitas áreas verdes (deflacionares) em meio ao campo de dunas, resultado direto da influência humana no meio ambiente. As dunas livres destas áreas estão sendo estabilizadas, com o auxílio de plantações de *Casuarina maritima*. Esta estabilização tem como objetivo proteger as propriedades de assoreamento por areia eólica e produzir áreas

propícias ao loteamento. Com o aumento dos loteamentos, expansão das vilas e estabilização das dunas, o campo de dunas da praia Grande do Sul parece condenado à completa estabilização dentro de algumas décadas.

Figura 8.5. Desembocadura lagunar do Camacho, barreira ao aporte eólico

Figura 8.6. Obra de engenharia para manter constante a abertura da desembocadura lagunar do Camacho.

Quadro 8.1. Evolução do campo de dunas de Ibraquêra em três datas, entre 1956 e 1995. Observar o aumento dos efeitos da interferência antrópica, tais como a expansão da planície de deflação e o aumento das áreas urbanizadas nas extremidades NE e SW da praia.

Quadro 8.2. Evolução do campo de dunas da praia Grande do Sul em três datas, entre 1956 e 1995. Observar o aumento dos efeitos da interferência antrópica, tais como abertura definitiva da desembocadura lagunar do Camacho, crescimento de loteamentos e áreas urbanizadas e aumento de áreas vegetadas dentro do campo de dunas.

CAPÍTULO 9 – CONCLUSÕES

9.1. FÁCIES - OBSERVAÇÕES GERAIS

As seguintes observações referem-se aos padrões de variação de propriedades sedimentológicas observados entre as diferentes fácies morfológicas e morfo-deposicionais dos sistemas eólicos costeiros da região de Imbituba-Jaguaruna.

- As fácies cadeias barcanóides, dunas transversais e planícies interdunares possuem melhor potencial de preservação pois seus depósitos foram observados sob depósitos de outras fácies. A fácies que possui pior potencial de preservação é a depressão interdunar, haja visto a espessura delgada de seus depósitos e o predomínio de processos de deflação sobre os de deposição.
- A análise de afloramentos e trincheiras permitiu distinguir superfícies de 3ª ordem separando séries de estratificações cruzadas em quase todas as fácies estudadas. A inexistência aparente de superfícies de 1ª ordem pode estar relacionada à ausência de cavalgamento em escala de *draa* ou megaforma (o campo de dunas como um todo)
- Os padrões de variação textural e mineralógica encontrados nas dunas de orla costeira (frontais e transversais) refletem os encontrados na antepraia emersa (B). Já em relação à zona de espraiamento médio (A), as diferenças são bem mais marcadas, em razão do predomínio, nessa zona, de processos hidrodinâmicos.
- Os parâmetros texturais são controlados tanto pelos processos atuantes em cada fácies quanto por sua distância em relação à área fonte. Como exemplo de influência do processo deposicional, depósitos de fluxo de grãos geralmente apresentam granulação mais grossa e pior seleção que depósitos de queda de grãos. Quanto à influência da posição relativa das fácies nos campos de dunas, observa-se que quanto mais próxima a fácies da fonte praial, mais grossos são os sedimentos e pior a seleção. As fácies de frentes de avanço principal e secundária são tipicamente as mais finas e melhor selecionadas.
- A distribuição dos minerais pesados nas fácies pode depender tanto da posição relativa das fácies dentro do campo de dunas como da distribuição de mineralogia ao longo da praia. No primeiro caso, seleção aerodinâmica é o principal fator controlador da distribuição dos pesados, de modo que as fácies proximais se enriquecem em minerais mais pesados e as fácies distais em minerais mais leves (ex. quartzo, feldspato, turmalina, epídoto, hornblenda).

9.2. COMPARAÇÕES ENTRE OS SISTEMAS PRAIA-DUNA

As praias de Ibiraquêra e Grande do Sul apresentam importantes diferenças com relação à morfologia das dunas frontais e antepraia, listadas a seguir, que podem influenciar nos campos de dunas adjacentes (associações de fácies distal e proximal, respectivamente).

- A deriva litorânea longitudinal em Ibiraquêra possui duas celas principais, com rumos opostos (NE e SW), cujo ponto de divergência localiza-se aproximadamente na parte central da

praia. A praia Grande do Sul, apesar de mais extensa, apresenta um padrão mais monótono, com um único rumo, NE, de deriva litorânea longitudinal residual.

- O padrão da variação da morfologia ao longo das praias Grande do Sul e Ibirapuera não é o mesmo. Em Ibirapuera, apesar da menor extensão longitudinal, a variação é bastante rápida: as dunas frontais instabilizam-se e desaparecem gradualmente rumo norte, à medida que se desenvolvem outras feições como franjas de areia eólica e protodunas. Em termos de processo de transporte eólico, o carpete de tração apresenta importância crescente de sul para norte. Duas hipóteses, não excludentes entre si, podem explicar a variação da morfologia dunar ao longo desta praia. A primeira hipótese evoca o crescimento do estoque sedimentar, de sul para norte, devido ao efeito da cela de deriva litorânea longitudinal residual, que possui rumo NE. De acordo com esta hipótese, a variação do influxo eólico determinaria a variação de fácies morfológicas. A segunda hipótese evoca a mudança gradual no ângulo entre a direção do vento efetivo no transporte eólico (NE-SW) e a linha de costa, passando de valores próximos a zero a norte, para valores maiores no sul. Deste modo, a norte, a areia eólica seria transportada ao longo da praia, permanecendo no sistema praia-duna. A sul, a areia seria perdida para o interior, em meio à vegetação, favorecendo a formação de dunas frontais. De acordo com esta hipótese, o efluxo seria o fator determinante da mudança faciológica.

A praia Grande do Sul não apresenta mudanças importantes no ângulo entre a direção do vento efetivo no transporte eólico e a linha de costa. Estes valores são próximos de zero em praticamente toda a extensão da praia. Deste modo, o efluxo de areia eólica para o interior é reduzido e o espaço de acumulação eólica entre a área fonte praial e o limite interno do campo de dunas torna-se restrito. Devido a este fato, há aumento da relação entre aporte e espaço de acumulação, propiciando o entulhamento da antepraia. Este excesso de areia no sistema praia-duna impede o desenvolvimento de vegetação e, conseqüentemente, de fácies vegetadas como dunas frontais. A desembocadura lagunar do Arroio Corrente funciona como uma barreira à migração das dunas transversais presentes junto à antepraia. Em razão disto, o influxo de areia eólica diminui. Com o decréscimo do estoque de areia no sistema praia - duna frontal, a vegetação pioneira consegue se estabelecer, favorecendo o desenvolvimento de dunas frontais neste trecho.

- Quanto aos parâmetros texturais, os depósitos do sistema praia-duna de Ibirapuera são mais imaturos que os da praia Grande do Sul, estando sua pior seleção relacionada a maiores porcentagens de areia média e areia muito fina.

- A praia Grande do Sul, quando comparada à praia de Ibirapuera, apresenta maior teor de minerais pesados e maior freqüência de minerais instáveis.

9.3. COMPARAÇÃO ENTRE OS CAMPOS DE DUNAS

As principais diferenças encontradas nos dois campos de dunas estudados relacionam-se à sua morfodinâmica e faciologia (morfológica e morfo-deposicional). Estas diferenças encontram-se listadas a seguir.

- A associação de fácies proximal desenvolve-se a sul de Laguna, enquanto a distal apresenta-se preferencialmente a norte. A alteração na morfologia dos campos de dunas a sul de Laguna é acompanhada por uma série de mudanças na fisiografia e na deposição costeira: a orientação da costa passa de NNE para NE, a plataforma interna alarga-se e o sistema deposicional planície costeira (*strandplain*) dá lugar ao sistema barra-barreira.
- Das fácies morfológicas comuns a ambos os campos de dunas, as pertencentes à praia Grande do Sul são, via de regra, mais altas que as de Ibiriquera.
- As fácies rastro linear e retrocórdão são exclusivas da planície de deflação e portanto não ocorrem no campo de dunas de praia Grande do Sul. Ao comparar, portanto, as fácies morfo-deposicionais presentes em cada campo de dunas, observa-se que a associação de fácies distal possui influência muito maior das fácies vegetadas que a associação de fácies proximal (Quadro 9.1). A associação proximal difere da distal pela ausência de planície de deflação e pela constante instabilização das dunas frontais, as quais, devido ao excesso de aporte, dão lugar a protodunas e dunas transversais. Os depósitos eólicos da associação proximal são primários, derivam diretamente da área fonte praial. A associação distal tem caráter secundário: a área fonte imediata do campo de dunas não é a praia, mas outros depósitos dunares ativo, como dunas frontais.
- Com relação à textura dos sedimentos, as fácies do campo de dunas de Ibiriquera acompanham a tendência já observada nas praias. Possuem sedimentos mais grossos e pior selecionados quando comparadas às fácies análogas do campo de dunas da praia Grande do Sul.
- A distribuição dos minerais pesados, nas duas associações de fácies, também acompanha as características das praias adjacentes. A associação de fácies distal, em Ibiriquera, apresenta maior teor de minerais pesados, e maior quantidade de minerais ultraestáveis.

9.4. DISCUSSÃO FINAL

Duas hipóteses, que podem ou não estar relacionadas entre si, podem ser evocadas para explicar as diferenças faciológicas observadas entre os campos de dunas de Ibiriquera e praia Grande do Sul.

A primeira relaciona-se a um eventual contraste de suprimento, isto é, maior volume de areia disponível para o transporte eólico na praia Grande do Sul que em Ibiriquera. Razões para isso seriam a maior largura e menor declividade da plataforma interna a sul do cabo de Santa Marta (Giannini 1993) e/ou a diferença de orientação da linha de costa e, portanto, de incidência das ondas, da praia Grande do Sul.

A segunda hipótese é a de que o contraste de orientação da linha de costa favorecerá a manutenção do aporte eólico dentro do sistema praia - campo de dunas cuja direção seja mais

paralela aos ventos prevalecentes de NE, portanto na praia Grande do Sul. De acordo com esta hipótese, a areia retirada pelo vento desta praia migra predominantemente ao longo da costa, com baixa taxa de perda de sedimento para o interior (*onshore*). A razão pela qual o campo de dunas da praia Grande do Sul é muito mais extenso que o de Ibiraquêra pode ser apenas uma questão de alcance ou campo de atuação do vento (*fetch*), combinado com aporte local. A sul do cabo de Santa Marta, a projeção da costa para leste favorece a livre ação dos ventos de norte. Além disso, no campo de dunas da praia Grande do Sul, não existem obstáculos significativos ao caminamento das dunas. Já em Ibiraquêra, a presença da laguna Ibiraquêra a norte da praia restringe o aporte sedimentar eólico, e a existência de morros e pontões de rochas cristalinas nos arredores representam tanto limitações à ação do vento como obstáculos ao trânsito das massas de areia.

A diferença granulométrica entre as fácies das duas associações estudadas pode ser também explicada por duas hipóteses. A primeira evoca a extensão dos campos de dunas como fator principal para esta diferença. O maior comprimento do campo de dunas de praia Grande do Sul possibilitaria maior tempo e distância de transporte, daí a granulometria mais fina e melhor selecionada. Já em Ibiraquêra, além do campo de dunas ser mais curto (menor retrabalhamento) há a presença de morros cristalinos que poderiam fornecer sedimentos aluviais (mesmo que em pequena quantidade). A segunda hipótese explica a diferença granulométrica pela faciologia dos campos de dunas. Em Ibiraquêra há importante influência das fácies vegetadas, localizadas na planície de deflação eólica. As fácies deflacionares têm por característica apresentar depósitos residuais, tipicamente mais grossos, pois os mais finos são levados pelo vento para o campo de dunas. Em razão disto, devido a maior quantidade de fácies vegetadas associadas a planície de deflação, em Ibiraquêra, este campo de dunas teria granulometria mais grossa e pior seleção.

Uma hipótese para explicar as diferenças mineralógicas encontradas tanto nas praias como nos campos de dunas de Ibiraquêra (a norte de laguna) e da praia Grande do Sul (a sul de Laguna) evoca a atuação de correntes de deriva litorânea e a resistência dos minerais pesados ao transporte. A deriva litorânea longitudinal regional da costa sul e sudeste brasileira é, de modo geral, de SW para NE e, conseqüentemente, o transporte longitudinal dos sedimentos é neste rumo. Ao sofrer transporte tão longo, os sedimentos acabam perdendo parte dos minerais pesados menos resistentes (instáveis e metaestáveis), e concentrando, cada vez mais, os minerais mais resistentes (ultraestáveis) nas praias a NE.

Quadro 9.1. Síntese das fácies estudadas, relacionando forma, estrutura, processos e influência da vegetação.

Fácies	Forma	Orientação	Estruturas (produto)	Ângulo de mergulho	Superfícies de separação	Processo deposicional	Influência da vegetação
Duna transversal	Cadeia assimétrica com crista retilínea	Transversal ao vento efetivo	Séries de estratificações cruzadas	Moderado a alto (15° a 30°)	3ª ordem	Queda e fluxo de grãos; migração de ôndulas	nenhuma
Planície interdunar	Plana	--	Estratificações plano-paralelas	Sub-horizontal	--	Tração subaquosa e subaérea; adesão	pouca
<i>Nebkhas</i>	Monte aproximadamente cônico	--	Séries de estratificações cruzadas	Baixo (5° a 10°)	3ª ordem	Deposição por desaceleração do fluxo devido à vegetação	alta
Retrocórdão	Cadeia simétrica concordante ao barlavento do campo de dunas	Aproximadamente transversal ao vento efetivo	Séries de estratificações cruzadas	Baixo (~5°)	3ª ordem	Deposição por desaceleração do fluxo devido à vegetação	alta
Rastro linear residual	Cadeia simétrica com crista retilínea	Paralela à direção do vento efetivo	Duas séries de estratificações cruzadas	Intermediário na série inferior (~25°); baixo na superior (~15°)	3ª ordem	Deposição por desaceleração do fluxo devido à vegetação	alta
Cordão de precipitação	Cadeia assimétrica com crista retilínea e/ou sinuosa	Paralela à direção do vento efetivo	Uma série de estratificação cruzada	Alto (~35°)	--	Queda e fluxo de grãos; deposição por desaceleração do fluxo devido à vegetação; migração de ôndulas	moderada
Extensão linear	Cadeia simétrica com crista retilínea	Paralela ao vento efetivo	Séries entrelaçadas de estratificações cruzadas	Intermediário (20° a 30°)	3ª ordem com formato de letra Z	Queda de grãos e fluxo de grãos; migração de ôndulas	nenhuma
Cadeias barcanóides	Cadeia assimétrica com crista sinuosa	Transversal ao vento efetivo	Séries de estratificações cruzadas	Alto, geralmente > 30°	3ª ordem	Queda e fluxo de grãos; migração de ôndulas	nenhuma
Depressão interdunar	Calha	Transversal ao vento efetivo	Estratificação plano-paralela	Baixo (~5°)	--	Tração; migração de ôndulas	nenhuma
Monte residual	Monte aproximadamente cônico ou piramidal	--	Séries de estratificações cruzadas	Baixo (5° a 10°)	3ª ordem	Deposição por desaceleração do fluxo devido à vegetação	alta
Lobo deposicional	Monte assimétrico, com crista em forma de parábola (em planta)	Convexidade da crista (em planta) apontando para rumo do vento efetivo	Séries de estratificações cruzadas tabulares e sigmoidais	Alto (~30°)	3ª ordem	Queda e fluxo de grãos; migração de ôndulas	nenhuma

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERTON, R. 1985. Clastic facies models and facies analysis. In: BRENCHLEY, P.J. & WILLIAMS, B.P.J. eds. *Recent Developments and Applied Aspects*. Oxford, The Geol.Soc. - Blackwell Scientific Publ. p.31-47.
- ANGULO, R.J. 1996. Problemas na terminologia de ambientes e subambientes litorâneos clásticos dominados por ondas. *Bol. Paranaense de Geociências*, **44**: 51-57.
- ANGULO, R.J.; GIANNINI, P.C.F.; SUGUIO, K.; PESSENDA, L.C.R. 1999. Relative sea level changes during the last 5500 years in the Laguna-Imbituba region (Santa Catarina, Brazil), based on vermetid radiocarbon ages. *Marine Geology* **159**(1999): 323-339.
- BAGNOLD, R.A. 1941. *The physics of blown sand and desert dunes*. Chapman and Hall, London, 266p.
- BARBOSA, L.M. 1997. Campos de dunas costeiras associados à desembocadura do Rio São Francisco (SE/AL). Salvador. 202 p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia).
- BARRETO, A. M. F. 1996. *Interpretação Paleoambiental do Sistema de Dunas Fixadas do Médio Rio São Francisco, Bahia*. Inst. de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 174 p.
- BARRETO, A.M.F.; SUGUIO, K.; BEZERRA, F.H.R.; TATUMI, S.H.; GOZZI, G.; KOWATA, E.A.; YEE, M.; OLIVEIRA, P.E. 2003. Aspectos morfológicos e idades por luminescência do campo de dunas inativas da costa norte da Paraíba. *Estudos Geológicos - UFPE/DGEO*. Recife - PE: vol. 12, p.3 – 12.
- BIGARELLA, J.J. 1972. Eolian environments: their characteristics, recognition, and importance. In: RIGBY, J.K. & HAMBLIN, W.K. eds. *Recognition of Ancient Sedimentary Environments*. Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists. Spec. Publ., **16**: 12-62.
- BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; DUARTE, G.M. 1969. Coastal dune structures from Paraná, Brazil. *Marine Geol.*, **7**: 5-55.
- BROOKFIELD, M.E. 1977. The origin of bounding surfaces in ancient aeolian sandstones. *Sedimentology*, **24** (3): 303 - 332.
- CARTER, R.W.G. 1988. *Coastal Environments*. Academic Press, London, 617 pp.
- CARVALHO, C.H.G. & GIANNINI, P.C.F. 1998. Morfodinâmica de draas costeiros e superfícies de truncamento na região de Imbituba-Jaguaruna, SC. In: CONGR. BRAS. GEOL., 40, Belo Horizonte, MG. *Anais...* Belo Horizonte, SBG. p.258.
- COOPER, W.S. 1958. The coastal sand dunes of Oregon and Washington. *Geol. Soc. Am. Mem.*, **72**: 169 p.
- DAVIS, J.L. 1964. A morphogenic approach to world shorelines. *Z.Geomorphol.* **8** (1): 27-42.
- FISHER, R.A. & YATES, F. 1938. *Tablas Estadísticas*. Madrid, Aguilar, 1954. 131p.
- FISHER, W.L. 1983. *Facies Analysis in Reservoir Geology*. Ouro Preto, Univ.Federal Ouro Preto. Apostila de Curso (iné.). 66p.
- FISHER, W.L. & MCGOWEN, J.H. 1967. Depositional systems in Wilcox Group (Eocene) of Texas and their relation to occurrence of oil and gas. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists*, **53** (1): 30-54, 1969.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. 1957. Brazos River bar, a study in the significance of grain-size parameters. *J.Sediment.Petrol.*, **27**(1):2-26.
- GALEHOUSE, J.S. 1971. Point-counting. In: CARVER, R.E. ed. *Procedures in Sedimentary Petrology*. New York, Wiley- Interscience. p.385-407.

- GARCIA-HIDALGO, J.F.; TEMIÑO, J.; SEGURA, M. 2002. Holocene eolian sediments on the southern border of the Duero Basin (Spain): origin and development of an eolian system in a temperate zone. *Journal of sedimentary research*, 72 (1):30-39.
- GARDNER, D.E., 1955. Beach-sand heavy-mineral deposits of Eastern Austrália. *BMR Bull.* No. 28, 103 pp.
- GIANNINI, P.C.F. 1993. *Sistemas Depositionais no Quaternário Costeiro entre Jaguaruna e Imbituba*, SC. São Paulo, Inst. Geoc. Univ. S. Paulo. Tese de Doutorado (inéd.) 2v, 2 mapas, 439p..
- GIANNINI, P.C.F. 1998. Associações de fácies eólicas ativas na costa centro-sul de Santa Catarina. *Anais da Acad. Bras. Ciências*, 70(3): 696.
- GIANNINI, P.C.F. 2002. Complexo lagunar centro-sul catarinense- valioso patrimônio sedimentológico, arqueológico e histórico. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D.A.; QUEIROZ, E.T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. eds. *Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil*. Brasília, DNPM, p.213-222.
- 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. *Bol. Paranaense de Geociências*, 42: 73-96.
- GIANNINI, P.C.F. & SUGUIO, K. 1994. Diferenciação entre gerações de depósitos eólicos quaternários na costa centro-sul de Santa Catarina. In: CONGR. BRAS. GEOL., 38, Balneário Camboriú, SC. *Resumos Expandidos...* Balneário Camboriú, SBG. p.402-403.
- GIANNINI, P.C.F.; SAWAKUCHI, A.O.; MARTINHO, C.T. 2001a. A estratigrafia de seqüências na evolução das dunas costeiras de Santa Catarina, Sul do Brasil. In: I CONGRESSO DO QUATERNÁRIO DOS PAÍSES DE LÍNGUA IBÉRICA, Lisboa. *Actas*, GTPEQ., AEQUA, SGP. p. 117-120.
- GIANNINI, P.C.F.; SAWAKUCHI, A.O.; MARTINHO, C.T. 2001b. O nível do mar e as dunas eólicas no litoral centro-sul catarinense: um modelo de estratigrafia de seqüências no Quaternário. In: VIII CONGRESSO ABEQUA, Imbé, RS. *Boletim de resumos*, ABEQUA. p. 45-46.
- GIANNINI, P.C.F. & SUGUIO, K. 1994. Diferenciação entre gerações de depósitos eólicos quaternários na costa centro-sul de Santa Catarina. In: CONGR. BRAS. GEOL., 38, Balneário Camboriú, SC. *Resumos Expandidos...* Balneário Camboriú, SBG. p.402-403.
- GIANNINI, P.C.F.; ANGULO, R.J.; SOUZA, M.C.; KOGUT, J.S.; DELAI, M.S. 2004. Erosão na costa leste da Ilha do Mel, Baía de Paranaguá, Estado do Paraná. *Rev. Bras. Geoc.* (aceito).
- GIANNINI, P.C.F.; ASSINE, M.L.; BARBOSA, L.M.; BARRETO, A.M.F.; CARVALHO, A.M.; CLAUDINO-SALES, V.; MAIA, L.P.; MARTINHO, C.T.; PEULVAST, J.P.; 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.S. (Eds.). *Quaternário do Brasil*. ABEQUA, São Paulo. (no prelo).
- GOLDSMITH, V. 1985. Coastal dunes. In: DAVIES Jr., R.A., ed., *Coastal sedimentary environments*. New York, Spring-Verlag. p. 303-378.
- GUILCHER, A. 1958. *Coastal and submarine morphology*. Methuen, London, 274pp.
- HESP, P.A. 1983. Morphodynamics of incipient foredunes in New South Wales, Austrália. In: BROOKFIELD, M.E. & AHLBRANDT, T.S. eds. *Eolian Sediments and Processes*. Amsterdam, Elsevier. p. 325-342 (Developments in Sedimentology, 38).
- HESP, P.A. 1988. Morphology, dynamics and internal stratification of some established foredunes in Southeast Austrália. *Sediment. Geol.*, 55 (1/2): 17-41.
- HESP, P.A., 1989. A review of biological and geomorphological processes involved in the initiation and development of incipient foredunes. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 96B: 181-201.

- HESP, P.A., 1999. The beach backshore and beyond. In: SHORT, A.D. ed. *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. Chichester, John Wiley & Sons Ltd, p. 145-270.
- HESP, P.A. 2000. *Coastal sand dunes. Form and Function*. CDNV Technical Bulletin No. 4. Massey University, 28 pp.
- HESP, P.A. & THOM, B.G., 1990. Geomorphology and evolution of active transgressive dunefields. In: NORDSTROM, K.F.; PSUTY, N.P.; CARTER, R.W.G. eds. *Coastal Dunes: Form and Process*. Chichester, John Wiley & Sons Ltd.
- HESP, P.A.; ILLENBERGER, W.; RUST, I.; McLACHLAN, A.; HYDE, R., 1989. Some aspects of transgressive dunefield and transverse dune geomorphology and dynamics, south coast, South Africa. *Z. Geomorph. N.F. Suppl.-Bd 73*: 111-123.
- HOWELL, J.W. 1960. *Glossary of Geology and Related Sciences*. Washington, Am. Geol. Inst. 325p.
- HUGGETT, R.J. 1985. *Earth Surface Systems*. New York, Springer-Verlag. 270p.
- HUNTER R.E. 1977. Basic types of stratification in small dunes. *Sedimentology*, **24** (3): 361-387.
- HUNTER, R.E.; RICHMOND, B.M.; ALPHA, T.R. 1983. Storm-controlled oblique dunes of the Oregon Coast. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **94**: 1450-1465.
- JIMENEZ, J.A.; MAIA, L.P.; SERRA, J.; MORAIS, J.O. (1999). Aeolian dune migration along the Ceará coast, North-Eastern Brazil. *Sedimentology* **46**: 689-701
- KARPETA, W.P. 1990. The morphology of Permian palaeodunes – a reinterpretation of the Bridgnorth Sandstone around Bridgnorth, England, in the light of modern dune studies. *Sediment. Geol.*, **69** (1/4): 59-75.
- KOCUREK, G. 1981. Significance of interdune deposits and bounding surfaces in eolian dune sands. *Sedimentology*, **28**(6):753-780.
- KOCUREK, G. 1988. First-order and super bounding surfaces in eolian sequences - Bounding surfaces revisited. *Sediment. Geol.*, **56**(1/4):193-206.
- KOCUREK, G. & HAVHOLM, K.G. 1993. Eolian Sequence Stratigraphy – A Conceptual Framework. In: *Siliciclastic Sequence Stratigraphy*. AAPG Memoir 58, cap. 16. p.393-409.
- KOCUREK, G.; TOWNSLEY, M.; YEH, E.; HAVHOLM, K. & SWEET, M.L. 1992. Dune and dunefield development on Padre Island, Texas, with implications for interdune deposition and water-table-controlled accumulation. *Jour. Sedim. Petrol.*, **62** (4): 622-635.
- KRUMBEIN, W.C. 1938. Size frequency distribution of sediments and the normal phi curve. *J. Sediment. Petrol.*, **8**(1): 84-90.
- LANCASTER, N. 1988. The development of large aeolian bedforms. *Sedimentary geology*, **55**: 69-89.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K. 1986. Excursion route along the coastal plains of the states of Paraná and Santa Catarina. In: INTERN. SYMP. ON THE SEA LEVEL CHANGES AND QUATERNARY SHORELINES, São Paulo, IGUSP-FAPESP. 124p.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; AZEVEDO, A.E.G. 1988. *Mapa Geológico do Quaternário Costeiro dos Estados do Paraná e Santa Catarina*. Brasília, DNPM, 40p., 2 mapas. Série Geologia (28), Seção Geologia Básica (18).
- MARTINHO, C.T. 2001. *Morfodinâmica de draas costeiros e gerações de depósitos eólicos no Quaternário da região de Imbituba-Laguna, SC*. São Paulo, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Monografia de Trabalho de Formatura (inéd.). 62 p., 5 anexos.
- MARTINHO, C.T. & GIANNINI, P.C.F. 2001a. Diferenças texturais entre os cimentos das paleodunas eólicas de Imbituba-Laguna, SC. In: VIII CONGRESSO ABEQUA, Imbé, RS. *Boletim de resumos*, ABEQUA. p. 136-138.

- MARTINHO, C.T. & GIANNINI, P.C.F. 2001b. Petrografia e Microscopia Eletrônica de Varredura de diferentes gerações de paleodunas eólicas quaternárias do Morro de Santa Marta, Município de Laguna, SC. *Pesquisas em Geociências* **28** (2): 53-66.
- MARTINHO, C.T. & GIANNINI, P.C.F. 2002. Morphology of the Ibiraquera Dunefield, SC. *An. Acad. Bras. Cienc.* **74** (3): 545-545.
- MARTINHO, C.T.; GIANNINI, P.C.F.; SAWAKUCHI, A.O. 2003. Fácies morfológicas e fácies deposicionais de campos de dunas transgressivos ativos da região de Jaguaruna-Imbituba, SC. In: IX CONGRESSO ABEQUA, II CONGRESSO DO QUATERNÁRIO DOS PAÍSES DE LÍNGUAS IBÉRICAS e II CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DA ZONA COSTEIRA DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA, Recife, PE. *Anais*, arquivo eletrônico em CD, 5p., 102.pdf.
- McKEE, E.D. 1979. A study of global sand seas. *U.S. Geol. Survey, Profess. Papers*, **1052**: 423p.
- MELTON, F.A. 1940. A tentative classification of sand dunes its application to dune history in the Southern High Plains. *Journal of Geology*, **48**(2):113-145.
- MIALL, E.D. 1996. *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*. Berlin, Springer-Verlag, 682p.
- NICKLING, W.G. & WOLFE, S.A. 1994. The morphology and origin of nabkhas, region of Mopti, Mali, West Africa. *Journal of arid environments*, **28**: 13-30.
- NORDSTROM, K. F.; PSUTY, N.; CARTER, B. 1990. *Coastal dunes. Forms and process*. John Wiley & Sons. Chichester. 392 pp.
- PAUL, K. 1944. Morphologie und vegetation der Kurische Nehrung. *Acta Nova Leopoldina Carol.* **NF13**: 217-318.
- PYE, K., 1982. Morphological development of coastal dunes in a humid tropical environment, Cape Bedford and Cape Flattery, North Queensland. *Geografiska Annaler* **64A** (3-4): 213-227.
- PYE, K. 1983. Formation and history of Queensland coastal dunes. *Z. Geomorph. N.F. Suppl.-Bd* **45**: 175-204.
- PYE K. & TSOAR, H. 1990. *Aeolian sand and sand dunes*. London, Unwin., 396p.
- SAWAKUCHI, A. O. 2003. *Sistemas deposicionais eólicos quaternários na costa centro-sul catarinense: Relações com o nível do mar*. São Paulo, Inst. Geoc. Univ. S. Paulo. Dissertação de Mestrado (inéd.), 86p.
- SAWAKUCHI, A. O.; GIANNINI, P.C.F.; MARTINHO, C.T. 2003. Episódios de deposição eólica quaternária no litoral centro-sul de Santa Catarina: correlação com variações do nível relativo do mar baseada em idades TL e LOE. In: IX CONGRESSO ABEQUA, II CONGRESSO DO QUATERNÁRIO DOS PAÍSES DE LÍNGUAS IBÉRICAS e II CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DA ZONA COSTEIRA DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA, Recife, PE. *Anais* CD, ABEQUA. 103.pdf.
- SEMENIUK, V.; CRESWELL, I. D.; WURM, P.A.S. 1989. The Quindalup Dunes: the regional system, physical framework and vegetation habitats. *J. Royal Soc. Western Austrália*, **71**(2/3): 23-47.
- SHERMAN, D.J. & HOTTA, S. 1990. Aeolian sediment transport: theory and measurement. In: NORDSTROM, K. F.; PSUTY, N.; CARTER, B. eds. *Coastal dunes. Forms and process*. John Wiley & Sons. Chichester. p. 17-37.
- SHORT, A.D. 1988a. Holocene coastal dune formation in Southern Austrália: a case study. *Sed. Geol.*, **55** (1/2): 121 - 142.
- SHORT, A.D., 1988b. Wave, beach, foredune, and mobile dune interactions in the Southern Australia. *Journal of Coastal Research*, Special Issue No.3, p. 05-09.
- SHORT, A.D. & HESP, P.A. 1982. Wave, beach and dune interactions in South-eastern Austrália. *Marine Geol.*, **48**(4): 259-284.

- SOARES, P.C. 1992. *Tectônica Sinsedimentar Cíclica na Bacia do Paraná - Controles*. Curitiba, Dpto.Geologia Univ. Fed. Paraná. Tese Prof.Titular (inéd.).131p.
- STOKES, W.L. 1968. Multiple parallel - truncation bedding planes a feature of wind deposited sandstone formations. *J. Sediment. Petrol.*, **38**(2): 510-515.
- TENBERG, A.G. 1994. Nebkhas – their spatial distribution, morphometry, composition and age – in the Side Bouzid area, central Tunisia. *Z.Geomorph.*, **38**(3): 311-325.
- TINLEY, K.L.1985. *Coastal dunes of South Africa*. S.A.Nat.Sci.Prog.Rept. Nº 109, 300pp.
- TOMAZELLI, L.J. 1990. *Contribuição ao Estudo dos Sistemas Depositionais Holocênicos do Nordeste da Província Costeira do Rio Grande do Sul, com Ênfase no Sistema Eólico*. Porto Alegre, Univ. Federal Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado (inéd). 270p.
- TRENHAILE, A.S., 1997. Sand Dunes. In: *Coastal Dynamics and Landforms*. Oxford, Clarendon Press, p.144-169.
- WILSON, I.G., 1972. Aeolian bedforms – Their development and origins. *Sedimentology* **19**: 173-210.

Anexo 1: Mapa geomorfológico do campo de dunas de Ibiraquêra e adjacências.

LEGENDA:

Sistema planície costeira

Praia

Sistema eólico

Unidade 4 (campo de dunas ativo)

Dunas frontais

Lençol de areia

Rupturas de deflação (*blowouts*)

Dunas parabólicas

Planície de deflação

Campo de dunas

Retrocordões (*gegenwalle ridges*)

Rastros lineares (*trailing ridges*)

Cristas de cadeias barcanóides

Cordões de precipitação (*precipitation ridges*)

Unidade 3 (campo de dunas inativo)

Planície de deflação

Duna parabólica

Cordões de precipitação

Depósito eólico retrabalhado

Rastros lineares

Cristas de cordões de precipitação

Unidades 1 e 2 indiferenciadas

Paleodunas cavalgantes

Paleodunas indiferenciadas

Sistema lagunar

Laguna

Laguna antiga

Rocha pré-Cenozóica

Anexo 2: Mapa geomorfológico do campo de dunas da praia Grande do Sul e adjacências.

Anexo 3: Localização dos pontos de amostragem no campo de dunas de Ibraquêra. (Fotografia aérea de 1995).

Anexo 4: Localização dos pontos de amostragem no campo de dunas da praia Grande do Sul. (Fotografia aérea de 1995).

Anexo 5: Mapa de deslocamento do campo de dunas de Ibiraquera: período 1956-1995.

Anexo 6: Mapa de deslocamento do campo de dunas da praia Grande do Sul: período 1956-1995.