

Marcelo Reitor de Castro Faria

**CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DOS CORDÕES
ARENOSOS HOLOCÊNICOS DA PLANÍCIE COSTEIRA DO
DELTA DO RIO PARAÍBA DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso

(Geologia)

UFRJ

Rio de Janeiro

2016



UFRJ

Marcelo Reitor de Castro Faria

**CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DOS CORDÕES ARENOSOS
HOLOCÊNICOS DA PLANÍCIE COSTEIRA DO DELTA DO RIO PARAÍBA DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo

Orientadores:

Leonardo Fonseca Borghi de Almeida
Thiago Gonçalves Carelli

Rio de Janeiro

Agosto de 2016

Marcelo Reitor de Castro Faria

**CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DOS CORDÕES ARENOSOS
HOLOCÊNICOS DA PLANÍCIE COSTEIRA DO DELTA DO RIO PARAÍBA DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientadores:
Leonardo Fonseca Borghi de Almeida
Thiago Gonçalves Carelli

Aprovada em: 02 de agosto de 2016

Por:

Orientador: Leonardo da Fonseca Borghi de Almeida, *D.Sc.* (UFRJ)

Co-orientador: Thiago Gonçalves Carelli, *M.Sc.* (UFRJ)

Kátia Leite Mansur, *D.Sc.* (UFRJ)

Amanda Goulart Rodrigues, *M.Sc.* (UFRJ)

UFRJ
Rio de Janeiro
2016

MARCELO, Reitor de Castro Faria

Caracterização sedimentológica dos cordões arenosos holocênicos da planície costeira do delta do rio Paraíba do Sul / Marcelo Reitor de Castro Faria. - Rio de Janeiro: UFRJ / IGeo, 2016.

x, 066 p. : il.; 30cm

Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2016.

Orientador(es): Leonardo Fonseca Borghi de Almeida, Thiago Gonçalves Carelli

1. Geologia. 2. Setor de Paleontologia e Estratigrafia – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Leonardo Fonseca Borghi de Almeida e Thiago Gonçalves Carelli. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. **Caracterização sedimentológica dos cordões arenosos holocênicos da planície costeira do delta do rio Paraíba do Sul.**

Agradecimentos

Agradeço aos meus orientadores Leonardo Borghi e Thiago G. Carelli pelos conselhos, discussões e ajuda na elaboração deste trabalho.

Agradeço ao Projeto *Delta - Arquitetura deposicional do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul e seu papel na transferência sedimentar para águas profundas: um análogo moderno à acumulação dos arenitos reservatórios do campo de Frade*, financiado com recursos de P&D através do convênio CHEVRON BRASIL / ANP / UFRJ, pela concessão da bolsa e suporte financeiro para aquisição do material de estudo.

Agradeço ao Laboratório de Geologia Sedimentar da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Lagesed-UFRJ) pela infraestrutura necessária a realização das análises granulométricas e morfoscópicas.

Agradeço ao técnico Roberto Gomes de Lima pela ajuda na preparação e realização das análises granulométricas.

Agradeço ao biólogo Bruno Rafael Santos pela ajuda na realização da análise estatística e elaboração dos gráficos utilizados neste estudo.

Agradeço também ao geólogo Luís Fernando Silveira da Silva, pela ajuda na realização das análises granulométricas, morfoscópicas e estatísticas, além das discussões realizadas acerca deste trabalho.

Agradeço aos meus pais, Deise Brandão e Luiz Maurício e também à minha namorada, Tayssa Gondim, por toda ajuda e apoio durante minha graduação e realização deste trabalho.

Resumo

FARIA, Marcelo Reitor de Castro. **Caracterização sedimentológica dos cordões arenosos holocênicos da planície costeira do delta do rio Paraíba do Sul.** 2016. x, 66p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Localizado na região norte do estado do Rio de Janeiro, o delta do rio Paraíba do Sul têm sido alvo de estudos que procuram entender melhor sua evolução. Alguns autores mostram divergência em relação à sua classificação como um típico delta dominado por ondas, questionando, entre outros motivos, se as correntes de deriva litorânea têm um importante papel na sedimentação e evolução da parte sul, enquanto a sedimentação na parte norte seria mais influenciada pelo rio. O presente trabalho mostra, por meio da análise sedimentológica (granulometria e graus de arredondamento e esfericidade) de areias coletadas dos cordões arenosos holocênicos deste delta, que características morfológicas e granulométricas dos sedimentos fornecem base para apontar tanto a deriva litorânea quanto o rio Paraíba do Sul como principais agentes de transporte e deposição em diferentes porções do delta. Os resultados obtidos indicam que esses agentes de transporte influenciam diferentes regiões da planície deltaica com intensidades distintas. Além disso, também é possível concluir que tais variações possuem uma forte relação com a localização em relação à desembocadura principal do rio. Amostras coletadas nos cordões ao norte do rio Paraíba do Sul apresentam predomínio de areias com baixos graus de arredondamento além de grande dispersão nos parâmetros granulométricos, indicando grande quantidade de sedimentos de origem fluvial. Areias coletadas ao sul e adjacentes à desembocadura do rio mostraram tanto areias predominantemente marinhas quanto fluviais. Já as amostras localizadas próximas à Lagoa Salgada, ao sul do rio Paraíba do Sul, apresentaram indícios de contribuição exclusiva da deriva litorânea, com parâmetros granulométricos constantes ao longo da amostragem. Com isso, conclui-se que a deriva litorânea desempenhou um papel fundamental na evolução desse delta que, portanto, não se configura como um clássico delta dominado por ondas.

Palavras-chave: Delta, Delta do rio Paraíba do Sul; Planície de cordões arenosos, Holoceno.

Abstract

FARIA, Marcelo Reitor de Castro. **Sedimentological characterization of the holocenic beach ridges on the Paraíba do Sul River coastal plain**. 2016. x, 66p. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Situated on the northern region of the Rio de Janeiro state, the Paraíba do Sul river delta has been the subject of many studies aiming to better understand its evolution. Many authors diverge on whether this delta should be classified as a typical wave-dominated delta or not, questioning the relevance of longshore drift currents on the development of southern part of delta, while the northern part would be mostly influenced by the Paraíba do Sul River itself. This work shows through sedimentological analysis of sand samples collected on holocenic beach ridges from the Paraíba do Sul delta plain that textural parameters such as grain size and roundness can tell which transporting agent, the longshore drift currents or the Paraíba do Sul river, are dominant in different areas of the delta region. The results suggest that there is a strong relation between the dominance of the transporting process and the positioning of the samples relatively to the river mouth. Samples collected north of the river mouth show low degrees of roundness plus big degrees of scattering and small scale variation on grain size data. Samples located on the southern part of the delta and adjacent to the river mouth show oscillating textural parameters, suggesting varying dominant processes through time. The samples from the southernmost part of the delta plain show strong indicatives that this area has been completely under influence of the longshore drift currents, with higher levels of sediment sorting and barely any changes on the grain size parameters. Thus, it is safe to say that the Paraíba do Sul river delta had great influence from longshore drift currents in its development and, therefore, does not fit the classical definition of a typical wave-dominated delta.

Keywords: Delta, Paraíba do Sul river delta, Beach ridge plain, Holocene.

Lista de figuras

- Figura 1** – Mapa de coleta das amostras na planície holocênica do delta do rio Paraíba do Sul. As linhas contínuas amarelas limitam as planícies de cordões ao norte e ao sul do rio. As regiões marcadas por traços pretos representam as seções locais de amostragem.....4
- Figura 2** – Mapa das regiões denominadas “Norte”, “Sul I” e “Sul II” (destacadas por linhas contínuas vermelhas9
- Figura 3** – Tabela de classificação de arredondamento e esfericidade de grãos de areia quartzosa utilizada nas análises morfoscópicas (Powers, 1989).....9
- Figura 4** – Mapa dos cordões litorâneos ao norte da desembocadura do rio Paraíba do Sul com as sequências de cordões (identificadas em amarelo pela letra “H”, referente a sua idade holocênica, e números, que estabelecem relações de idade entre as sequências) definidas por Tomaz (2005).....10
- Figura 5** – Mapa de coleta das amostras na região denominada “Sul I”, próximo ao rio Paraíba do Sul. As linhas vermelhas contínuas delimitam as sequências de cordões (identificadas em amarelo pela letra “H”, referente a sua idade holocênica, e números, que estabelecem relações de idade entre as sequências) interpretadas por Tomaz (2005).....11
- Figura 6** – Mapa de coleta da região denominada “Sul II”. As linhas vermelhas contínuas delimitam as sequências de cordões (identificadas em amarelo pela letra “H”, referente a sua idade holocênica, e números, que estabelecem relações de idade entre as sequências) interpretadas por Tomaz (2005).....12
- Figura 7** – Modelos exemplificando: (A) leque deltaico (*fan delta*); (B) delta entrelaçado com área fonte distante; (C) deltas entrelaçados coalescentes cujas planícies deltaicas desenvolveram-se abaixo (com ou sem relação) de leques aluviais em uma frente montanhosa; (D) deltas entrelaçados coalescentes formados em planície glácio-fluvial (*outwash* ou *sandur*).....15
- Figura 8** – Sucessão costeira em frente deltaica dominada por ondas. Notar a sequência de engrossamento granulométrico em direção ao topo com a deposição de argilas em zonas mais afastadas da costa devido à maior energia próximo à mesma.....17
- Figura 9** – Diagrama ternário de classificação de deltas19
- Figura 10** – Imagem de satélite do delta do rio Mississipi (EUA). Notar a grande quantidade de lobos deltaicos e canais distributários, além do padrão geomorfológico denominado “pé de pássaro”.....20
- Figura 11** – Imagem de satélite do delta do rio Fly, em Papua-Nova Guiné. Notar as barras alongadas paralelas à direção das correntes de maré e os largos canais na desembocadura do rio21
- Figura 12** – Imagem de satélite do delta do rio São Francisco (costa leste brasileira), típico delta dominado por ondas segundo o modelo de Galloway (1975). Notar as sucessivas sequências de cordões arenosos depositados paralelamente à linha de costa, resultado da intensa ação de ondas no local.....22
- Figura 13** – Mapa dos domínios tectono-magmáticos dos estados do RJ, SP, MG e ES.....26
- Figura 14** – Mapa da área da Bacia de Campos e seus limites geológicos com as bacias adjacentes de Santos e Espírito Santo. Os polígonos coloridos representam campos de petróleo em fase produção ou concessão. O retângulo preto destaca a localização do delta do rio Paraíba do Sul.....28
- Figura 15** – Esquema evolutivo para a porção do litoral brasileiro compreendida entre Macaé (RJ) e Maceió (AL).....30

- Figura 16** – Curva de variação do nível relativo do mar para os últimos 7.000 anos do litoral norte de Salvador, BA.....33
- Figura 17** – Desenho esquemático ilustrando os efeitos da descarga fluvial e da deriva litorânea no transporte e deposição de sedimentos na desembocadura do rio Paraíba do Sul.....34
- Figura 18** – Sistemas de cordões arenosos H1 e H2 e sua posição em relação à Lagoa do Campelo.....36
- Figura 19** – Sistemas H2 e H3 segmentados pela planície flúvio-lagunar.....37
- Figura 20** – Delimitação dos sistemas H4, H5 e H6 (linhas contínuas em vermelho) ao sul do rio Paraíba do Sul e discordâncias de menor ordem interiores a estes marcadas por linhas tracejadas em amarelo.....39
- Figura 21** – Gráfico de dispersão ilustrando o tamanho médio dos grãos de cada amostra da região Norte. Os pontos circulados em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam os distintos sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).....41
- Figura 22** – Gráfico de dispersão ilustrando o tamanho médio dos grãos de cada amostra da região Sul I. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam diferentes sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).....42
- Figura 23** – Gráfico de dispersão ilustrando o tamanho médio dos grãos de cada amostra da região Sul II. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam diferentes sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).....42
- Figura 24** – Gráfico de dispersão com valores de desvio padrão (grau de seleção) das amostras da porção Norte. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).....43
- Figura 25** – Gráfico de dispersão com valores de desvio padrão (grau de seleção) das amostras da região Sul I. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).....44
- Figura 26** – Gráfico de dispersão com valores de desvio padrão (grau de seleção) das amostras da região Sul II. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).....44
- Figura 27** – Gráfico de dispersão com valores de curtose das amostras da região Norte. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).....46
- Figura 28** – Gráfico de dispersão com valores de curtose de cada amostra da região Sul I. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005)..... 46
- Figura 29** – Gráfico de dispersão com valores de curtose de cada amostra da região Sul II. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).....47
- Figura 30** – Gráfico de dispersão com valores de assimetria das curvas de distribuição de cada amostra da região Norte. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).....48

- Figura 31** – Gráfico de dispersão com valores de assimetria das curvas de distribuição de cada amostra da região Sul I. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).....48
- Figura 32** – Gráfico de dispersão com valores de assimetria das curvas de distribuição de cada amostra da região Sul II. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).....49
- Figura 33** – Sedimentos da região Norte do delta (sistema H6) com grau de arredondamento 1,5 (angular). Notar as inúmeras faces pontiagudas dos grãos.....50
- Figura 34** – Sedimentos da região Sul I do delta (sistema H6) com grau de arredondamento 3,5 (sub-arredondado). Notar as faces dos grãos com contornos mais suaves e arredondados.....50
- Figura 35** – Gráfico de dispersão com valores de arredondamento da fração areia grossa de cada amostra da região Norte. As diferentes cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). Notar aumento no grau de arredondamento nos sistemas H5 e H6.....51
- Figura 36** – Gráfico de dispersão com valores de esfericidade da fração areia grossa de cada amostra da região Norte. As diferentes cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).....52
- Figura 37** – Gráfico de dispersão com valores de arredondamento da fração areia grossa de cada amostra da região Sul I. As diferentes cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).....52
- Figura 38** – Gráfico de dispersão com valores de esfericidade da fração areia grossa de cada amostra da região Sul I. As diferentes cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).....53
- Figura 39** – Gráfico de dispersão ilustrando o grau de arredondamento da fração areia grossa de cada amostra da região Sul II. As diferentes cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).....53
- Figura 40** – Gráfico de dispersão com valores de esfericidade da fração areia grossa de cada amostra da região Sul II. As diferentes cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).....54
- Figura 41** – Figura sintetizando principais características em cada região analisada e sua relação com o rio Paraíba do Sul.....55
- Figura 42** – Imagem destacando (polígono branco) possível área-fonte para os sedimentos com baixo grau de arredondamento (localizados nos traços hachurados em vermelho) presentes no sistema de cordões arenosos H4, próximo à Lagoa Salgada (destacada em azul).....60
- Figura 43** – Mapeamento mostrando semelhança no padrão de fechamento da Lagoa Salgada e de uma antiga lagoa menor (destacadas em azul) parcialmente assoreada.....62

Lista de quadros

Quadro 1 - Classes granulométricas de acordo com o tamanho da partícula, em escala de micrômetros ou de phi (Adaptado de Folk & Ward, 1957).....	5
Quadro 2 - Classificação da seleção do sedimento de acordo com os valores de desvio padrão da amostra (Adaptado de Folk & Ward, 1957).....	6
Quadro 3 - Classificação de curvas de distribuição granulométrica quanto à curtose (Adaptado de Folk & Ward, 1957).....	6
Quadro 4 - Classificação de curvas de distribuição granulométrica quanto à assimetria (Adaptado de Folk & Ward, 1957).....	7
Quadro 5 - Esquema evolutivo da região do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul. Destaque para a migração do curso fluvial na transgressão marinha de 5.000 A.P.....	31
Quadro 6 - Características gerais de cada região com base nos resultados das análises granulométricas e morfoscópicas.....	40

Sumário

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Lista de figuras	vi
Lista de quadros	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODO	3
3. DELTAS.....	13
3.1 Classificação de deltas.....	18
3.2 Deltas dominados por ondas.....	22
3.3 Contexto geológico do delta do rio Paraíba do Sul	25
3.4 O delta do rio Paraíba do Sul.....	32
4. RESULTADOS	40
4.1 Média	40
4.2 Desvio padrão.....	42
4.3 Curtose	44
4.4 Assimetria.....	46
4.5 Grau de arredondamento e esfericidade	49
5. DISCUSSÃO	54
5.1 Região Norte.....	54
5.2 Região Sul I	56
5.3 Região Sul II	57
6. CONCLUSÕES.....	61
7. Referências Bibliográficas	63

1. INTRODUÇÃO

Grande parte do sedimento continental transportado por rios tende a ser depositado próximo a desembocadura fluvial e áreas adjacentes da costa. Quando a taxa de aporte sedimentar supera a de dispersão dos sedimentos por processos costeiros, ocorre a progradação da linha de praia e formação de um ambiente de sedimentação parálico denominado “Delta” (Fisher *et al.*, 1969; Wright & Coleman, 1973; Coleman & Wright, 1975). Este ambiente apresenta grande importância social por abrigar um grande número de pessoas, e econômica, por estar relacionado direta ou indiretamente a depósitos de carvão e hidrocarbonetos (Syvitski *et al.*, 2005).

Localizado na região norte do estado do Rio de Janeiro, o delta do rio Paraíba do Sul destaca-se como uma extensa planície litorânea caracterizada por um sistema progradante de cordões arenosos com morfologia assimétrica, onde observam-se diferentes padrões de sedimentação ao norte e ao sul da desembocadura fluvial. Além disso, sua evolução está diretamente associada às variações relativas do nível do mar e influência da dinâmica fluvial e costeira atuantes na região durante o Holoceno (Dominguez *et al.* 1983, Martin *et al.* 1984, Martin *et al.* 1997).

A classificação dessa planície litorânea como um típico delta dominado por ondas (Bacoccoli, 1971) tem sido contestada por distintos pesquisadores (Dominguez *et al.*, 1983; Martin *et al.*, 1984; Martin & Flexor, 1987), uma vez que se desconsidere o papel das variações relativas do nível do mar e da dinâmica costeira em seu desenvolvimento. A classificação de delta dominado por ondas implica em que o delta tenha evoluído sob ação de um regime de ondas incidentes

paralelamente à linha de costa e onde o transporte longitudinal de sedimentos não tenha sido expressivo (Martin & Flexor, 1987). Entretanto, a região costeira do delta do rio Paraíba do Sul apresenta um padrão oblíquo de incidência das frentes de onda, fenômeno responsável por induzir uma corrente de deriva litorânea com sentido de Sul para Norte que atuaria como um importante agente de transporte de sedimentos, por vezes, mais influente do que o próprio rio Paraíba do Sul (Martin *et al.* 1984).

Para Dominguez *et al.* (1983), as correntes de deriva litorânea tiveram uma maior importância na sedimentação e evolução da parte sul do delta, enquanto que a sedimentação na parte norte teria ocorrido sob maior influência do rio Paraíba do Sul, onde os sedimentos (predominantemente fluviais) são incorporados à costa pela ação de ondas a partir da formação de ilhas-barreira.

Além disso, o delta do rio Paraíba do Sul configura-se numa importante área de estacionamento de sedimentos que podem ser remobilizados para águas profundas durante episódios de regressão forçada (quedas no nível relativo do mar), contribuindo, assim, para a formação de depósitos em água profundas (leques turbidíticos e contornitos) que se constituem em modelos análogos a rochas reservatório na Bacia de Campos (e.g. Campo de Frade, Bacia de Campos, RJ).

Neste contexto, este estudo tem por **objetivo**: I) A caracterização qualitativa e quantitativa de parâmetros texturais das areias dos cordões arenosos holocênicos da planície costeira do delta do rio Paraíba do Sul através de análises granulométricas e morfoscópicas (arredondamento e esfericidade) e II) Tratamento estatístico dos dados texturais quantitativos para determinação de medidas de tendência central (média) e de dispersão (desvio padrão, assimetria e curtose), com a **finalidade** de reavaliar o papel efetivo de processos litorâneos e fluviais na evolução da planície costeira do delta do rio Paraíba do Sul.

2. MATERIAL E MÉTODO

O material de estudo consistiu de: i) imagem de satélite (Google Earth, 2016) do delta do rio Paraíba do Sul utilizada na individualização das principais descontinuidades que isolam grupos cordões arenosos, identificadas por Tomaz (2005), as quais serviram de base para a coleta de amostras de sedimentos e ii) 215 amostras de sedimentos coletadas nos cordões arenosos a aproximadamente 1 metro de profundidade com o auxílio de uma cavadeira manual. Dentre as amostras de sedimento coletadas, 105 são oriundas da parte norte e, 110 da parte sul. Dentre as amostras da região sul, parte foram coletadas em uma área próxima ao rio Paraíba do Sul e o restante em uma área localizada próxima à Lagoa Salgada (Figura 1).

As amostras coletadas (aproximadamente 1kg de massa cada) foram processadas (Suguio, 1973; Folk, 1974) no Laboratório de Geologia Sedimentar da Universidade Federal do Rio de Janeiro (Lagesed - UFRJ) para: 1) secagem à temperatura ambiente por no mínimo 24 horas; 2) quarteamento para separação de 50 gramas de amostra; 3) dessalinização através da lavagem com água destilada; 4) remoção de matéria orgânica através da aplicação de peróxido de hidrogênio; 5) secagem da amostra em temperatura controlada (estufa a 60°C); 6) tamisação (peneiramento) com a utilização de um sistema do tipo *ro-tap* e 7) análise morfoscópica para determinação do grau de arredondamento e esfericidade com o uso de um estereomicroscópio. Para a tamisação utilizou-se um sistema de peneiras com aberturas de 2,00; 1,41; 1,00; 0,71; 0,50; 0,35; 0,25; 0,177; 0,125; 0,083 e 0,062mm. Sedimentos de granulometria inferior a 0,062mm (silte e argila) foram

agrupados em uma única classe. Não foi necessária a remoção de carbonatos pois não se constatou quantidades significativas de partículas dessa natureza.

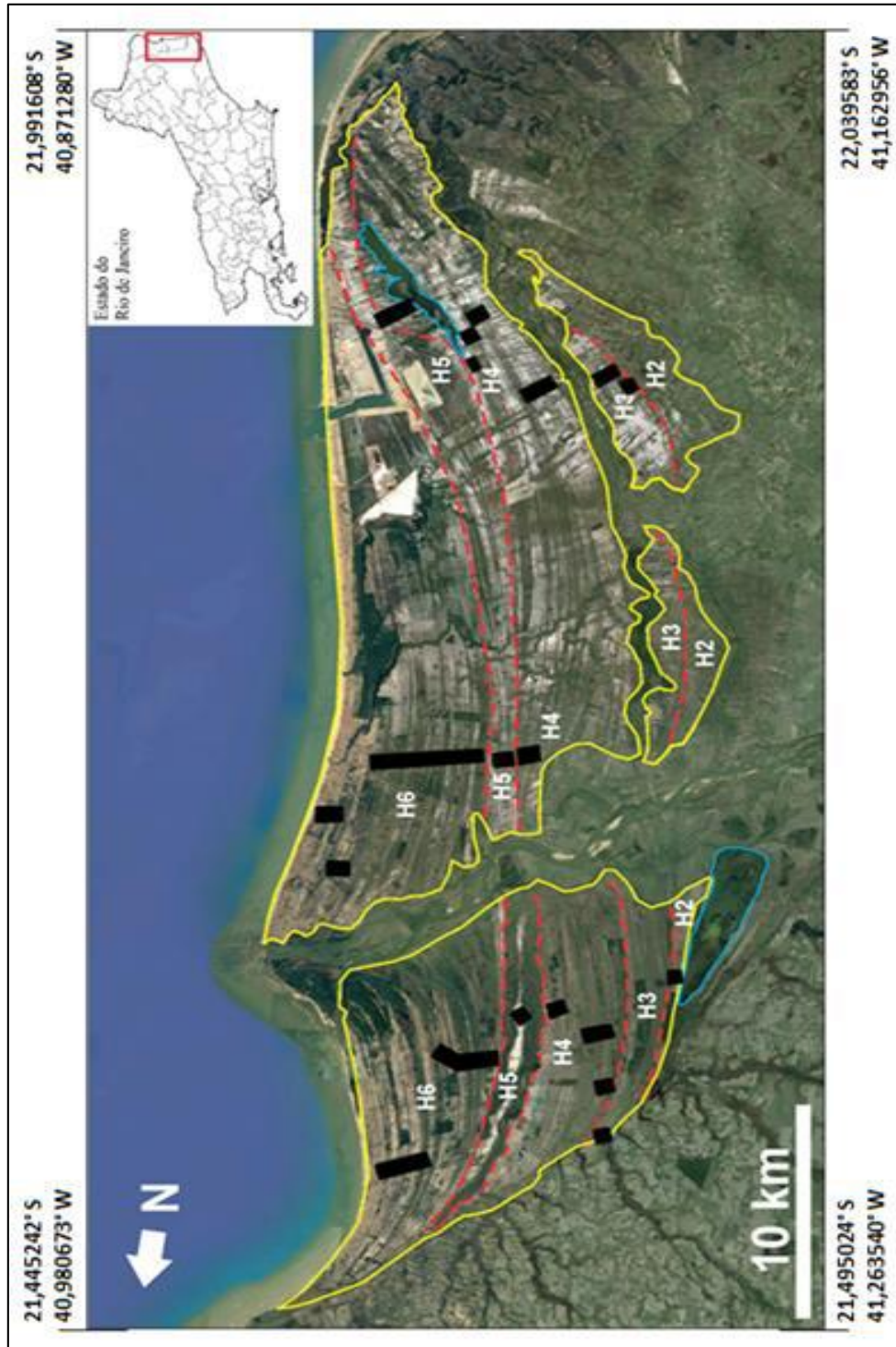


Figura 1: Mapa de coleta das amostras na planície holocênica do delta do rio Paraíba do Sul. As linhas contínuas amarelas limitam as planícies de cordões ao norte e ao sul do rio. As regiões marcadas por traços pretos representam as seções locais de amostragem. Notar as linhas tracejadas em vermelho que separam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). As linhas contínuas em azul destacam as lagoas do Campelo e Salgada, ao norte e ao sul da desembocadura do rio Paraíba do Sul, respectivamente (Fonte: Google Earth, 2016).

Os dados quantitativos de granulometria foram convertidos em porcentagens, já que nem sempre as amostras analisadas nas peneiras continham valores equivalentes de massa inicial. Após isso, os dados (somente das frações de areia) foram importados para o *software* GRADISTAT (Blott & Pye, 2001), para o processamento dos mesmos segundo o método de Folk & Ward (1957). Como resultado, obtiveram-se valores para quatro parâmetros: 1) tamanho médio; 2) desvio padrão; 3) assimetria e 4) curtose.

O tamanho médio representa o valor de diâmetro médio das partículas sedimentares de determinada amostra. Foram adotadas classes granulométricas respectivas ao sistema de peneiras utilizado na tamisação do sedimento, segundo o quadro abaixo:

Quadro 1: Classes granulométricas de acordo com o tamanho da partícula, em escala de micrômetros ou de phi (Adaptado de Folk & Ward, 1957).

Tamanho (μm)	Phi (ϕ)	Classe
> 1000	< 0,5	Areia muito grossa
500 - 1000	0,5 - 1,5	Areia grossa
250 - 500	1,5 - 2,5	Areia média
125 - 250	2,5 - 3,5	Areia fina
62 - 125	3,5 - 4,0	Areia muito fina

O desvio padrão mede a dispersão dos dados em relação à média. Em análises granulométricas, esse parâmetro reflete o grau de seleção de determinada amostra (Suguio, 1973). Folk & Ward (1957) sugeriram classes de seleção baseadas nos valores de desvio padrão (Quadro 2).

Quadro 2: Classificação da seleção do sedimento de acordo com os valores de desvio padrão da amostra (Adaptado de Folk & Ward, 1957).

Desvio Padrão	Grau de Seleção
0,35 - 0,50	Bem Selecionado
0,50 - 0,70	Moderadamente Bem Selecionado
0,70 - 1,00	Moderadamente Selecionado
1,00 - 2,00	Pobrememente Selecionado

A curtose descreve o grau de agudez dos picos em uma curva de distribuição de frequências (Suguio, 1973). Curvas achatadas são denominadas platicúrticas, as com picos elevados de leptocúrticas e, as mais próximas da normalidade, de mesocúrticas. Para Martins (2003), curvas platicúrticas mostram um espalhamento de sedimentos mais finos e mais grossos nas caudas, indicando mistura de diferentes sub-populações. Já curvas leptocúrticas evidenciam sedimentos bem selecionados na parte central da distribuição, sendo mais comuns em sedimentos praias. Folk & Ward (1957) definiram classes de curvas de distribuição de frequência quanto à curtose para análises sedimentológicas (Quadro 3).

Quadro 3: Classificação de curvas de distribuição granulométrica quanto à curtose (Adaptado de Folk & Ward, 1957).

Curtose	Curva
0,67 - 0,90	Platicúrtica
0,90 - 1,11	Mesocúrtica
1,11 - 1,50	Leptocúrtica

A assimetria é um parâmetro utilizado para descrever o deslocamento da média em relação à mediana (Suguio, 1973). Caso a “cauda” da curva de distribuição granulométrica seja em direção às frações mais grossas (para a esquerda da curva de distribuição, em escala de phi), a assimetria da curva é negativa e, caso seja em direção às frações mais finas (para a direita da curva de distribuição, em escala de phi), a mesma assume valores positivos.

Friedman (1961) afirma que assimetrias positivas ocorrem devido à capacidade de transporte de fluxos unidirecionais (agentes eólicos e fluviais) enquanto valores negativos ocorreriam por adição de material grosso ou remoção da cauda de finos por joeiramento (ação de ondas em ambientes praias). Folk & Ward (1957) elaboraram uma classificação de curvas granulométricas em relação à assimetria das mesmas (Quadro 4).

Quadro 4: Classificação de curvas de distribuição granulométrica quanto à assimetria (Adaptado de Folk & Ward, 1957).

Assimetria	Curva
-1,0 a -0,3	Muito Assimétrica p/ Grossos
-0,3 a -0,1	Assimétrica p/ Grossos
-0,1 a +0,1	Simétrica
+0,1 a +0,3	Assimétrica p/ Finos
+0,3 a +1,0	Muito Assimétrica p/ Finos

Após as análises granulométricas, foram realizadas caracterizações morfoscópias utilizando um estereomicroscópio modelo Zeiss Stemi 2000-C para identificação do arredondamento e esfericidade dos sedimentos.

O grau de arredondamento do sedimento diz respeito à angulosidade de suas partículas. Já a esfericidade, o quanto a forma de tal partícula se assemelha a de uma esfera. Fatores como a forma original do fragmento, estruturas de acamamentos e clivagem, agente de transporte e sua intensidade, entre outros, ditam o desenvolvimento da forma do sedimento (Suguio, 1973). Os graus de arredondamento e esfericidade utilizados nesse trabalho foram obtidos com a análise da fração areia grossa de cada amostra, como sugerido por Cailleux & Tricart (1959 *apud* Martin *et. al*, 1984). A classificação foi feita através de visadas, com base na tabela de Powers (1989) (Figura 3).

Após realizadas as análises granulométricas e morfoscópicas do sedimento, os dados resultantes foram ilustrados sob a forma de gráficos de dispersão, com o objetivo de expressarem variações nos parâmetros morfológicos e estatísticos ao longo do tempo. Para isto, as amostras foram ordenadas estratigraficamente de acordo com o posicionamento relativo entre os cordões arenosos, com aquelas classificadas como bimodais pelo *software* GRADISTAT destacadas em vermelho nos gráficos de dados quantitativos. Além disso, foram atribuídas cores aos pontos, de acordo com os sistemas de cordões arenosos definidos por Tomaz (2005).

Foram estabelecidas três regiões para as análises e interpretações: a região “Norte” (Figuras 2 e 4), correspondente aos sedimentos coletados ao norte do rio Paraíba do Sul; a região “Sul I” (Figuras 2 e 5), correspondente aos sedimentos amostrados ao sul e adjacentes ao rio Paraíba do Sul e a região “Sul II” (Figuras 2 e 6), referente às amostras coletadas na região próxima à Lagoa Salgada, ao sul do rio Paraíba do Sul.

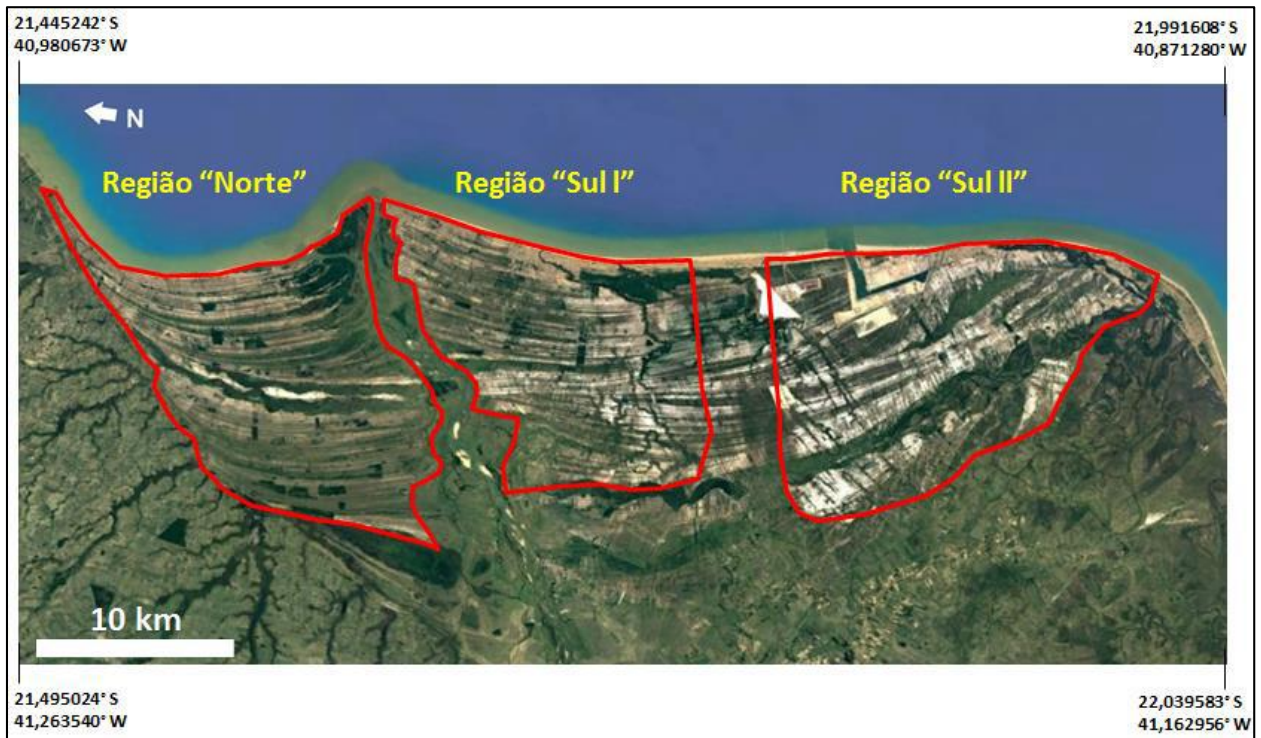


Figura 2: Mapa das regiões denominadas "Norte", "Sul I" e "Sul II" (destacadas por linhas contínuas vermelhas (Fonte: Google Earth, 2016).

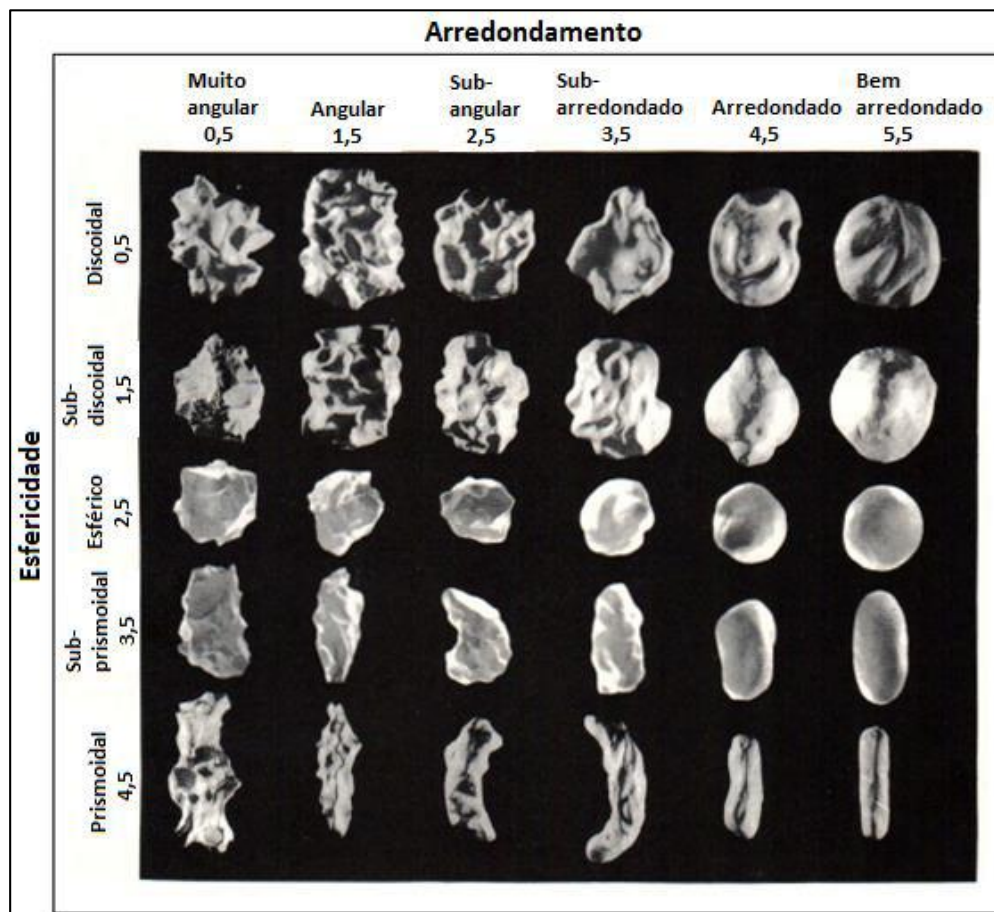


Figura 3: Tabela de classificação de arredondamento e esfericidade de grãos de areia quartzosa utilizada nas análises morfoscópicas (Powers, 1989).

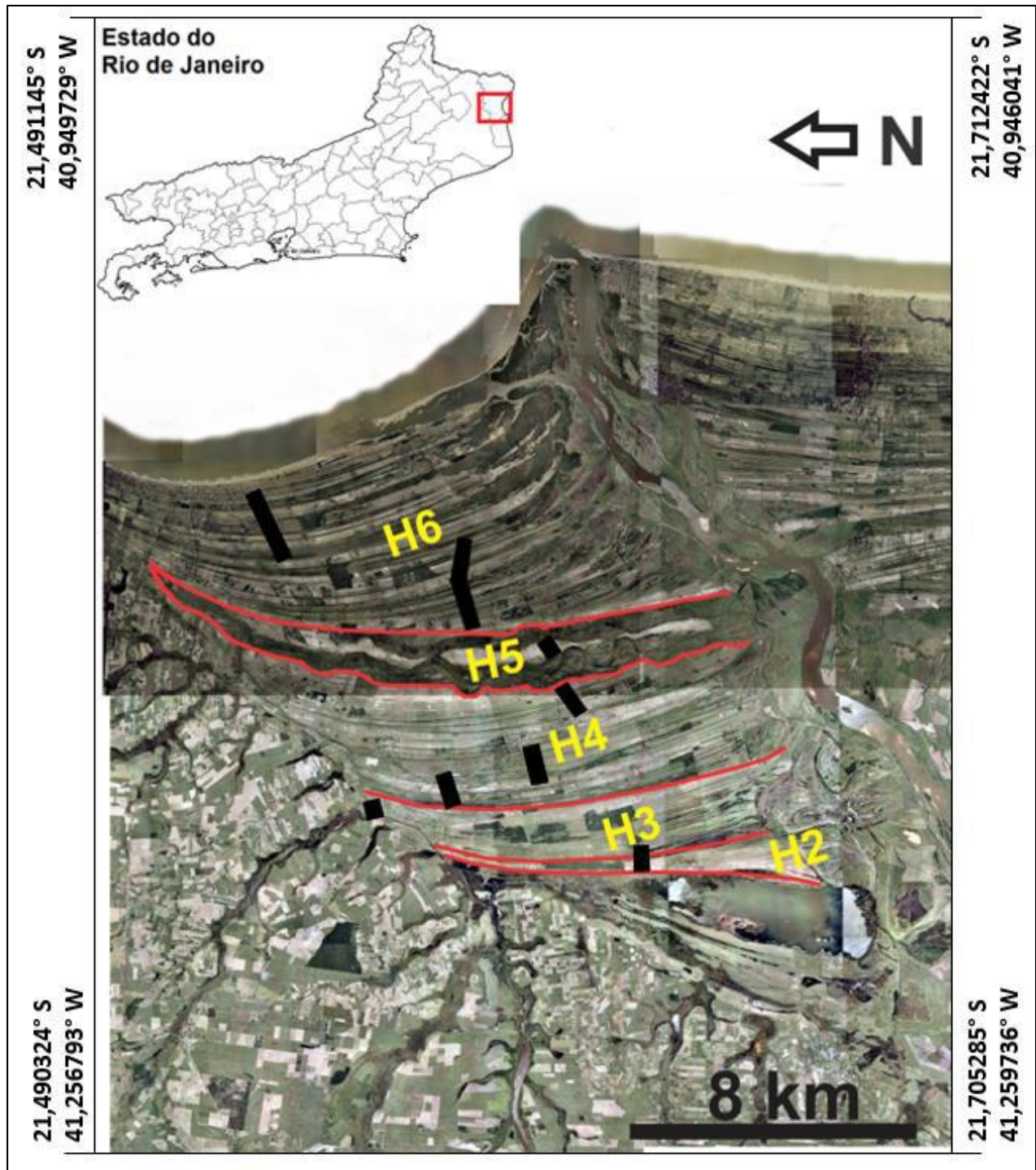


Figura 4: Mapa dos cordões litorâneos ao norte da desembocadura do rio Paraíba do Sul com as sequências de cordões (identificadas em amarelo pela letra "H", referente a sua idade holocênica, e números, que estabelecem relações de idade entre as sequências) definidas por Tomaz (2005) delimitadas por linhas vermelhas contínuas. As regiões marcadas por traços pretos representam as seções locais de amostragem. (Fonte: IBGE, 2016).

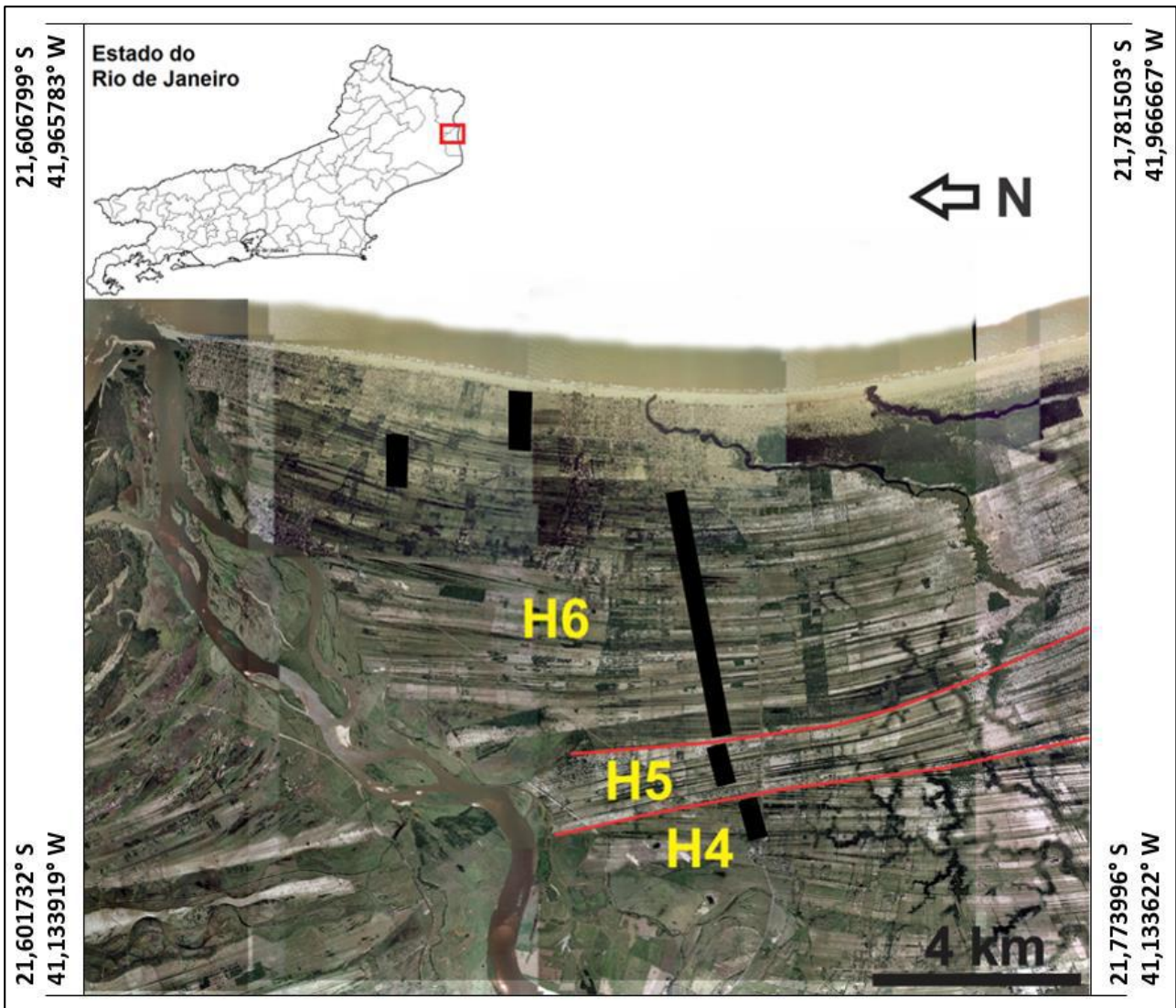


Figura 5: Mapa de coleta das amostras na região denominada “Sul I”, próximo ao rio Paraíba do Sul. As linhas vermelhas contínuas delimitam as seqüências de cordões (identificadas em amarelo pela letra “H”, referente a sua idade holocênica, e números, que estabelecem relações de idade entre as seqüências) interpretadas por Tomaz (2005). As regiões marcadas por traços pretos representam as seções locais de amostragem (Fonte: IBGE, 2016).

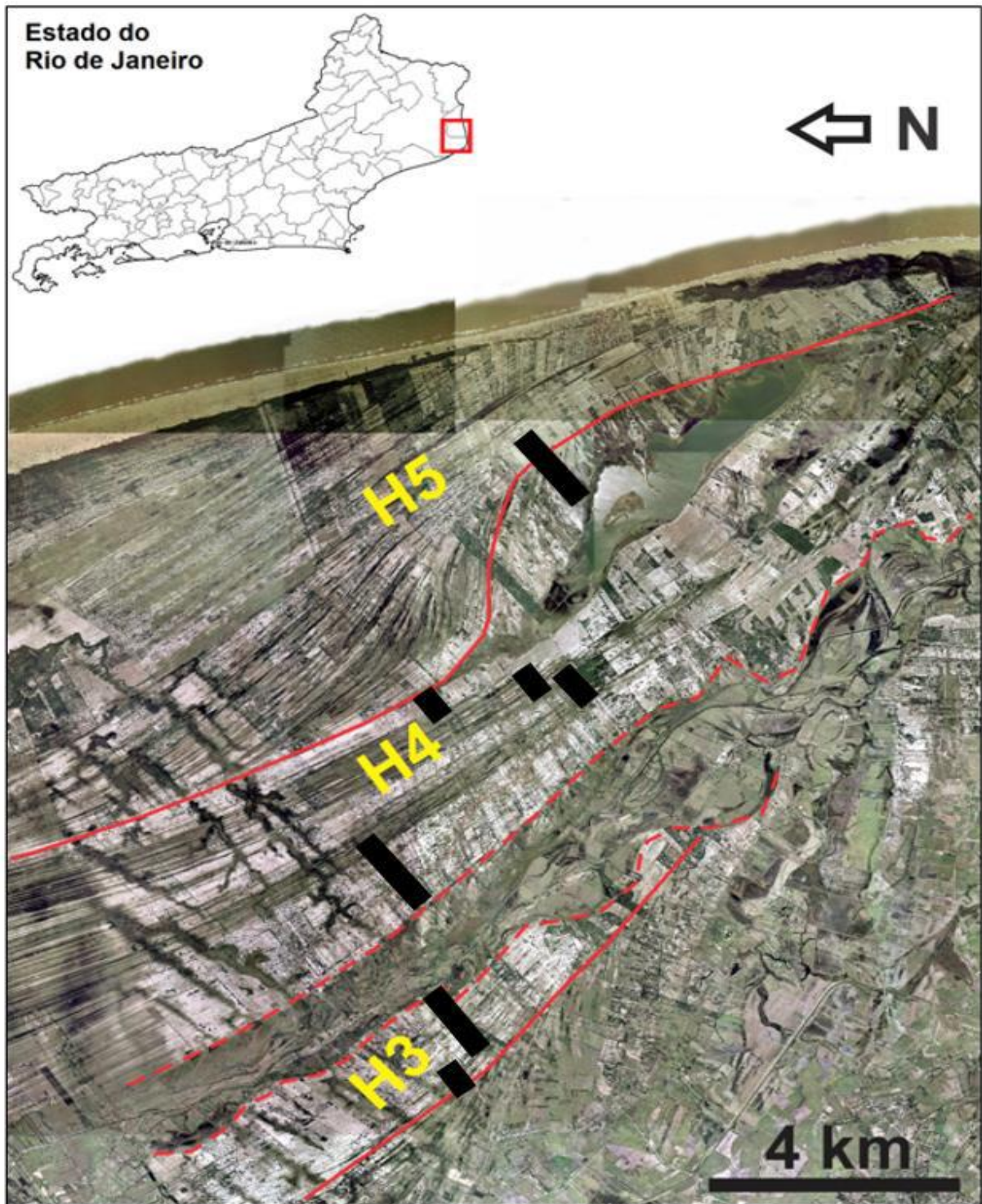


Figura 6: Mapa de coleta da região denominada “Sul II”. As linhas vermelhas contínuas delimitam as sequências de cordões (identificadas em amarelo pela letra “H”, referente a sua idade holocênica, e números, que estabelecem relações de idade entre as sequências) interpretadas por Tomaz (2005). Linhas vermelhas pontilhadas delimitam a área pantanosa que separa as sequências H3 e H4. As regiões marcadas por traços pretos representam as seções locais de amostragem (Fonte: IBGE, 2016).

3. DELTAS

O termo “delta” é um dos mais antigos das Ciências Naturais e da Terra, datando de 450 a.C., quando o historiador Heródoto observou que as planícies aluviais na foz do rio Nilo eram morfologicamente similares, quando vista em planta, à letra grega “Δ” (Δέλτα) (Nemec, 1990).

O primeiro estudo de deltas antigos foi conduzido por Gilbert (1885 *apud* Bhattacharya, 2006), que descreveu fácies associadas a um delta pleistocênico de granulometria grossa no paleolago Bonneville, estado de Utah, Estados Unidos da América. Nesse local, o autor identificou três unidades deposicionais distintas, as quais denominou de *topset* (camadas horizontalizadas constituídas essencialmente por cascalho), *foreset* (camadas inclinadas com mergulho variando entre 10° e 25° e constituídas por areia e cascalho) e *bottomset* (camadas com ângulo baixo de inclinação, constituídas por sedimentos de granulometria fina).

No entanto, foi somente a partir da década de 1960 que os ambientes deltaicos ganharam posição de destaque no cenário mundial, principalmente pela descoberta de reservatórios de hidrocarbonetos em áreas associadas a grandes deltas, como o do rio Mississippi no Golfo do México. Desde então, diversos estudos sucederam-se na tentativa de estabelecer uma definição conceitual e melhor compreensão dos processos de formação e arquitetura deposicional desses ambientes, buscando-se neles análogos a depósitos pretéritos (Fisher *et al.*, 1969).

Quando relacionado à Geomorfologia e Geologia Sedimentar, deltas têm sido tradicionalmente associados a um prisma costeiro relativamente espesso, derivado de sedimentos continentais transportados por rios que adentram o mar ou um lago (Holmes, 1965; Fisher *et al.*, 1969; Wright & Coleman, 1973; Coleman & Wright, 1975). Dentre os principais conceitos de “deltas” difundidos na literatura, destacam-se os de Fisher *et al.* (1969), Wright (1978), Coleman (1982) e Nemeç (1990).

Para Fisher *et al.* (1969), um delta representa um “sistema deposicional alimentado por um rio, onde o acúmulo de sedimentos resulta na progradação irregular da linha de praia”.

Wright (1978) propôs que deltas representariam acumulações costeiras subaquosas e subaéreas construídas a partir de sedimentos trazidos por um rio, adjacentes ou em estreita proximidade com o mesmo, incluindo depósitos reelaborados, os quais devido sua extensão territorial podiam englobar um grande espectro de acumulações costeiras (e.g. praias, dunas, planícies de maré, pântanos, manguezais, lagunas, ilhas-barreira, baías, além de depósitos de canal e desembocadura fluvial), produzindo assim, uma ampla variedade de fácies.

Segundo Coleman (1982), deltas são definidos como depósitos costeiros tanto subaquosos quanto subaéreos, derivados de sedimentos de origem fluvial. Além desses, também se incluem depósitos moldados por agentes marinhos como ondas, correntes e marés que são encontrados na planície deltaica.

Nemeç (1990) define um delta como um depósito sedimentar construído por um sistema alimentador terrestre, tipicamente aluvial, dentro ou contra um corpo d’água (mar ou lago), resultando em uma progradação localizada e irregular da linha de praia controlada diretamente pelo sistema alimentador terrestre e passível de modificações por processos bacinais (ondas e marés).

A partir da década de 1980, pesquisadores como Ethridge & Wescott (1984), McPherson *et al.* (1987) e Nemec & Steel (1988) dedicaram-se ao estudo dos “deltas de granulometria grossa”, que incluem *fan deltas*, *alluvial fan deltas* e *braided deltas* (Figura 7). No entanto, os resultados desses estudos são raramente integrados àqueles de deltas associados a grandes rios, particularmente pela diferença de fácies sedimentares. Este fato resultou em inúmeras discussões em relação ao conceito de deltas formados por rios e aqueles formados por leques aluviais, por suas diferenças geomorfológicas e pela natureza do tipo de sistema alimentador.

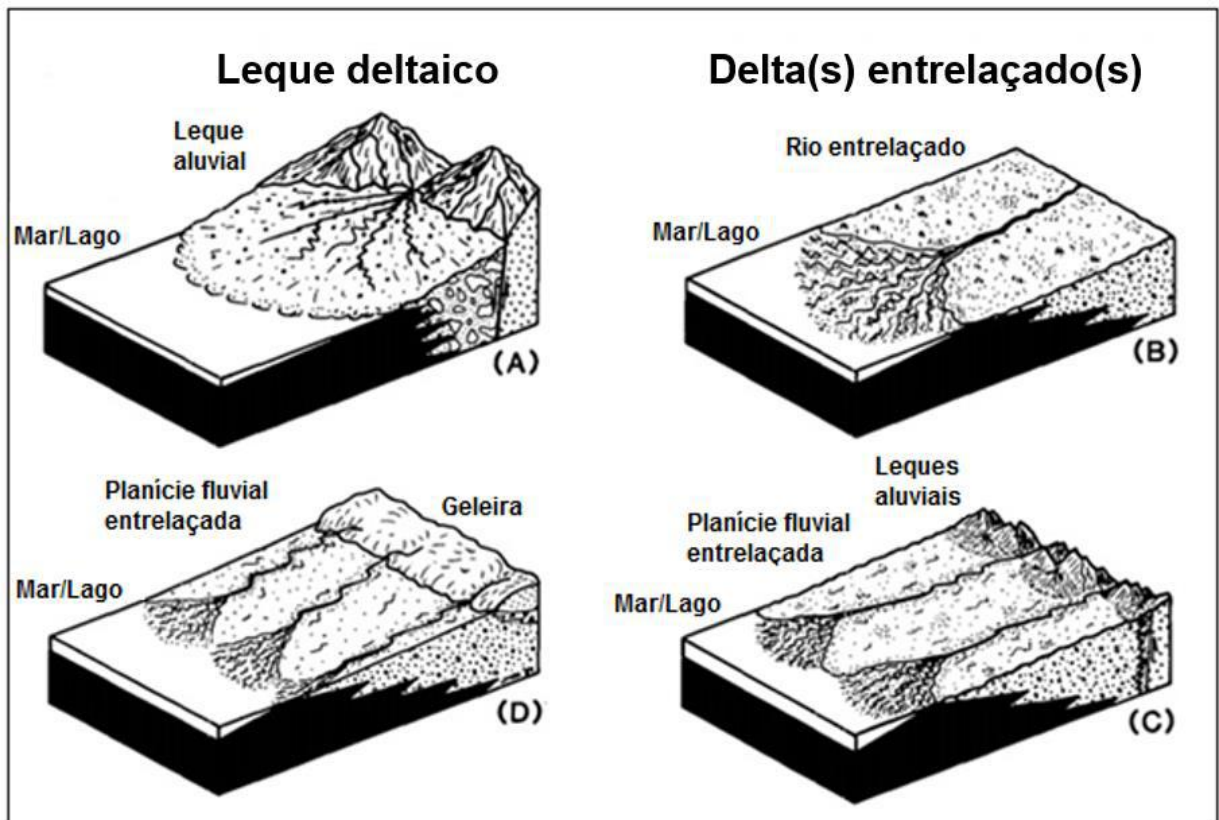


Figura 7: Modelos exemplificando: (A) leque deltaico (*fan delta*); (B) delta entrelaçado com área fonte distante; (C) deltas entrelaçados coalescentes cujas planícies deltaicas desenvolveram-se abaixo (com ou sem relação) de leques aluviais em uma frente montanhosa; (D) deltas entrelaçados coalescentes formados em planície glácio-fluvial (*outwash* ou *sandur*) (Adaptado de McPherson *et al.*, 1987).

Assim, conforme os estudos e descrições de deltas modernos aumentavam em número, ficou evidente que estes depósitos originados por rios, com características variadas e, muitas vezes, não mantendo nenhuma relação geomorfológica com a letra “ Δ ”, tinham perdido seu significado geométrico original, passando a manter apenas o significado genético, visto a ocorrência de “deltas” sem a típica expressão subaérea na forma de uma planície deltaica progradante ou mesmo com distintos sistemas alimentadores.

Os estudos publicados nas últimas décadas acabaram por expandir o conceito de “delta” ao agregar novas descrições morfológicas, faciológicas, e processos de formação, incluindo até mesmo os “deltas não aluviais” (*q.v.* Holmes, 1965). Como resultado, a terminologia difundida na literatura tornou-se incrivelmente mais elaborada e complexa.

Deltas podem ser divididos, morfologicamente, em três grandes subambientes. O primeiro, denominado planície deltaica (que está acima do nível do mar), é caracterizado por um canal isolado ou um sistema de canais distributários, podendo incluir uma ampla variedade de outros subambientes. O segundo, denominado frente deltaica, é caracterizado, em um ambiente marinho, aproximadamente pela região intermarés, com mergulho ancetudo, envolvendo os cenários de face de praia (*foreshore*) e antepraia (*shoreface*). A terceira, denominada prodelta, é a porção mais distal do delta, onde ocorre predomínio de sedimentação fina (siltes e argilas) por processos decantativos, depositados em camadas subparalelas e com leve inclinação em direção ao mar, onde corresponde ao cenário de costa-afora (*offshore*). Ocasionalmente ocorre sedimentação grossa (areias) por processos trativos associados a fluxos hiperpicnais e correntes de turbidez.

A natureza prográdante (regressão normal) dos depósitos deltaicos, caracterizada pela migração dos depósitos de planície deltaica e frente deltaica sobre os depósitos de prodelta, tende a gerar uma típica sucessão de engrossamento granulométrico e raseamento em direção ao topo (Figura 8).

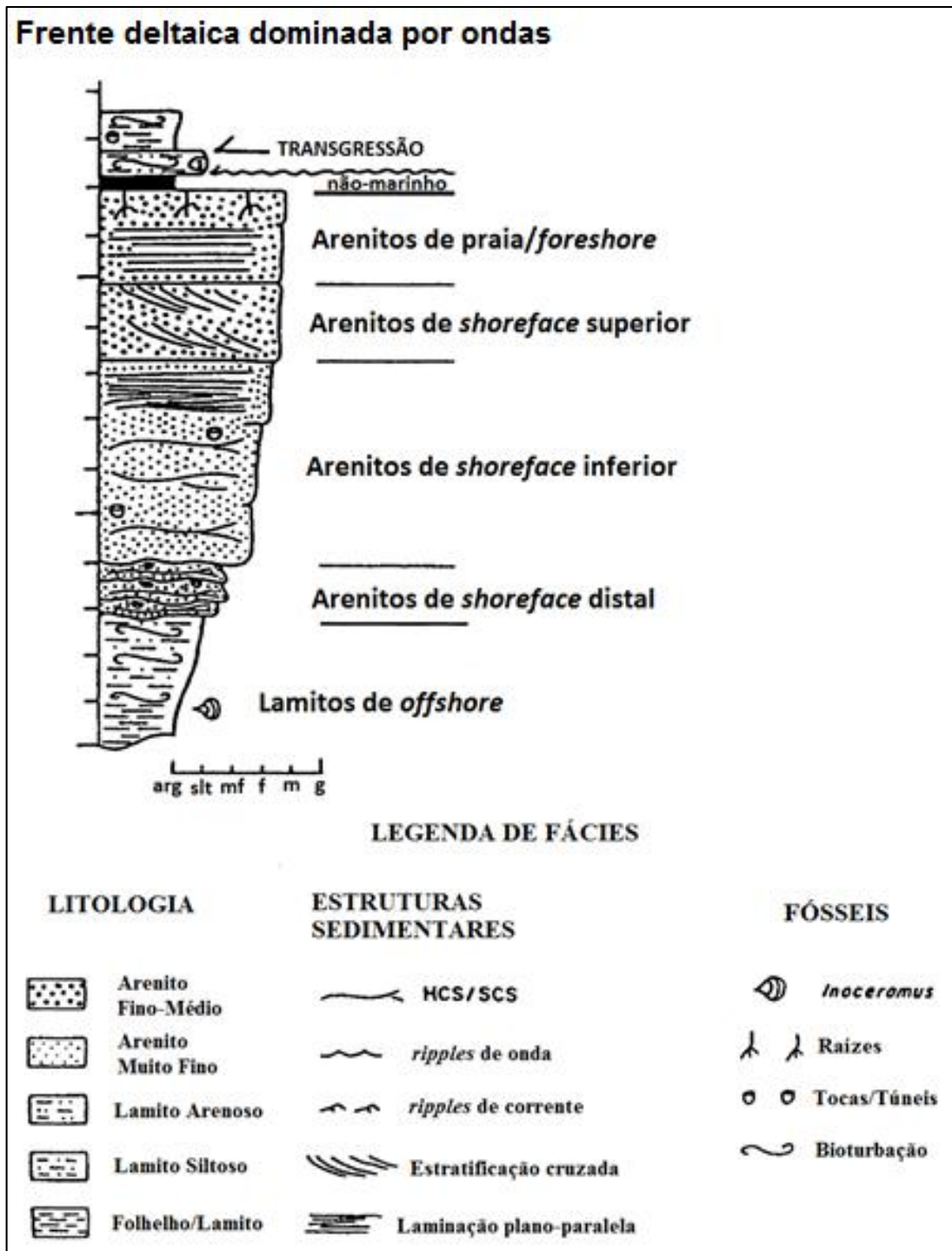


Figura 8: Sucessão costeira em frente deltaica dominada por ondas. Notar a seqüência de engrossamento granulométrico em direção ao topo com a deposição de argilas em zonas mais afastadas da costa devido à maior energia próximo à mesma. (Adaptado de Bhattacharya & Giosan, 2003)

3.1 Classificação de deltas

Uma variedade de aproximações adotando diferentes critérios têm sido propostas na literatura para classificar deltas. Muitas delas levam em consideração a natureza do sistema alimentador (Holmes, 1965), o padrão de distribuição de espessuras (Coleman & Wright, 1975), a configuração tectonofisiográfica (Ethridge & Wescott, 1984), o regime da frente deltaica (Galloway, 1975), a dinâmica sedimentar (Fisher *et al.*, 1969) ou uma combinação do regime da frente deltaica e tamanho de grão (Orton, 1988).

Ainda hoje, os sistemas de classificação empregam frequentemente critérios mais genéticos do que descritivos, o que dificulta sua aplicação ao registro estratigráfico. Com o intuito de integrar estudos sobre deltas antigos e modernos, Postma (1990) sugere que o nível de primeira ordem para reconhecimento e classificação de um delta deveria pertencer à fisiografia e às fácies sedimentares presentes, enquanto que a natureza do sistema alimentador (se leque aluvial, planície entrelaçada ou rio solitário) deveria constituir um nível de segunda ordem.

Um dos sistemas de classificação mais utilizados é o de Galloway (1975), que utiliza um diagrama ternário para classificar deltas aluviais em três tipos básicos: I) dominado por rio, II) dominado por onda e III) dominado por maré, além de deltas com características intermediárias, ou seja, variedades mistas onde os ambientes possuem uma maior dinâmica de interação entre mais de um tipo de processo (Figura 9).

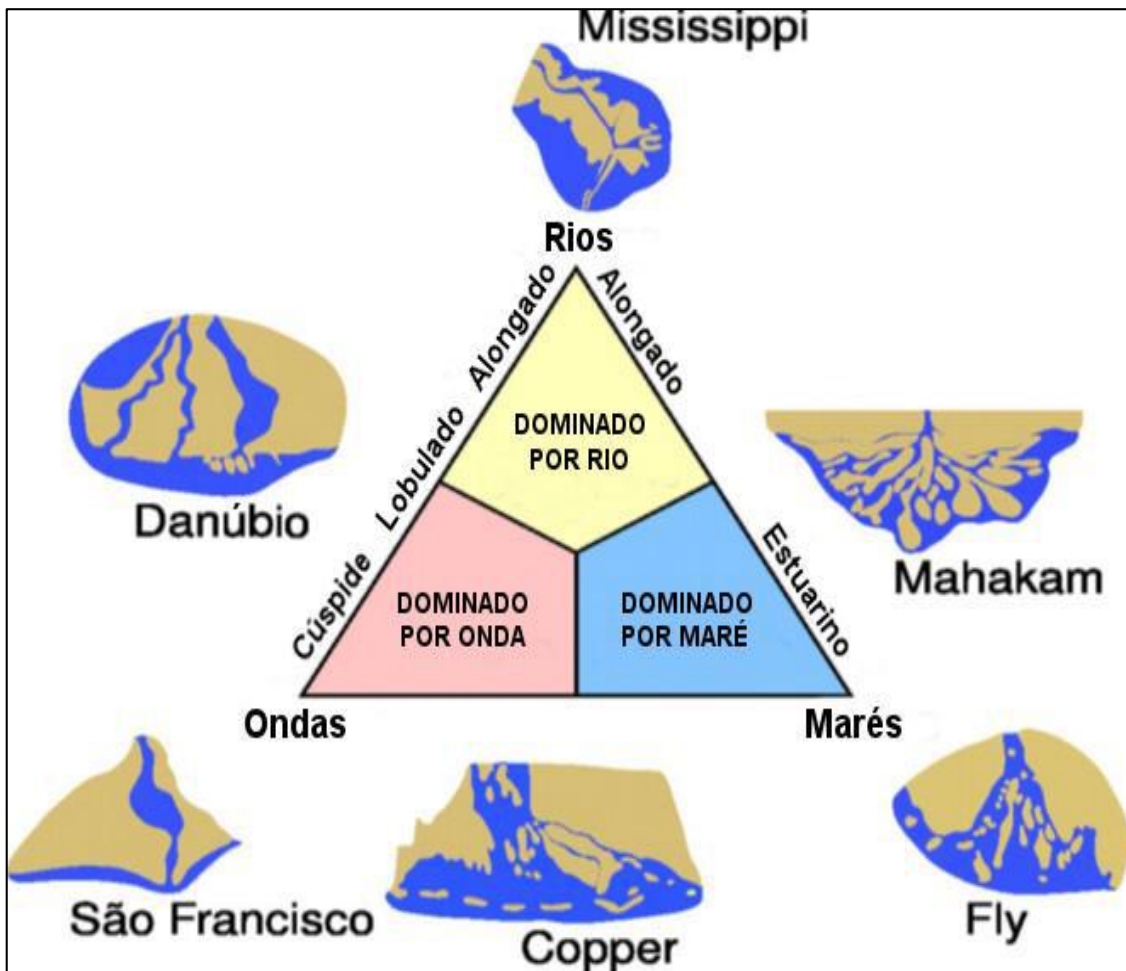


Figura 9: Diagrama ternário de classificação de deltas (Adaptado de Galloway, 1975).

Deltas dominados por rios – Ocorrem quando existe o predomínio do aporte sedimentar e descarga fluvial sobre o efeito de ondas e marés. Sua configuração geomorfológica é denominada de “pé de pássaro”, caracterizado por um canal alongado, frequentemente ladeado por diques marginais, em cuja extremidade observam-se diversos canais distributários (Figura 10). Os processos sedimentares que caracterizam este delta estão associados a: 1) avulsão do canal principal que tende a gerar novos lobos deltaicos, 2) a reelaboração dos lobos abandonados e 3) a progradação dos canais distributários e lobos de crevasse nas áreas ativas.



Figura 10: Imagem de satélite do delta do rio Mississippi (EUA). Notar a grande quantidade de lobos deltaicos e canais distributários, além do padrão geomorfológico denominado “pé de pássaro” (Fonte: Google Earth, 2016).

Deltas dominados por marés – Ocorrem quando as marés possuem uma força maior que o rio e correntes direcionadas para dentro e para fora do canal fluvial geram barras alongadas, paralelas à direção do canal, redistribuindo os sedimentos (Figura 11). Normalmente esses deltas confundem-se com os estuários, em função de sua morfologia em forma de funil; no entanto, a característica progradante destes ambientes costeiros reafirma a natureza deltaica.



Figura 11: Imagem de satélite do delta do rio Fly, em Papua-Nova Guiné. Notar as barras alongadas paralelas à direção das correntes de maré e os largos canais na desembocadura do rio. (Fonte: Google Earth, 2016).

Deltas dominados por ondas – Ocorrem quando a ação das ondas é o processo dominante; os sedimentos trazidos pelo rio e depositados em frente à desembocadura são reelaborados pela ação das ondas e correntes de deriva litorânea e são acrecionados à linha de praia sob a forma de cordões litorâneos e/ou barras arenosas alongadas (Figura 12).



Figura 12: Imagem de satélite do delta do rio São Francisco (costa leste brasileira), típico delta dominado por ondas segundo o modelo de Galloway (1975). Notar as sucessivas sequências de cordões arenosos depositados paralelamente à linha de costa, resultado da intensa ação de ondas no local (Fonte: Google Earth, 2016).

3.2 Deltas dominados por ondas

Regiões costeiras dominadas por ondas podem apresentar uma grande variabilidade de ambientes deposicionais (e.g., estuários, ilhas barreiras, planícies de cordões litorâneos e deltas). De forma geral, essas áreas são caracterizadas pela presença de corpos arenosos alongados, dispostos paralelamente à costa, sedimentos texturalmente maduros, predominantemente quartzosos devido ao alto grau reelaboração por ação de ondas e correntes (Heward, 1981; Hampson & Howell, 2005). Quando na presença de rios com elevada carga sedimentar, é comum o desenvolvimento de sistemas deltaicos classificados como “dominados por ondas” (Galloway, 1975).

Historicamente, os deltas dominados por ondas consistem de uma série de cristas de praia progradantes, retilíneas ou ligeiramente curvadas, onde os sedimentos são supridos por um rio próximo (Coleman & Wright, 1975) (Figura 11). A contínua acreção de depósitos de praia e antepraia, proporcionada pela alta taxa de aporte sedimentar e um padrão de incidência de ondas paralelo a linha de costa, tende a favorecer uma distribuição homogênea de sedimentos em ambos os lados da desembocadura fluvial, auxiliando, assim, o desenvolvimento de cristas de praia relativamente simétricas que apresentam tipicamente uma sucessão de fácies arenosa com engrossamento granulométrico para o topo (Heward, 1981) (Figura 7). No entanto, o reconhecimento deste padrão faciológico não deve ser tomado como referência para classificação de um sistema deltaico dominado por ondas, uma vez que planícies de cordões arenosos não deltaicas (*strandplains*) podem apresentar características semelhantes (Walker & Plint, 1992).

Nas últimas décadas, novos estudos e descrições de ambiente deltaicos questionaram os modelos de deltas tidos como “típicos dominados por ondas” (Martin *et al.*, 1987; Dominguez, 1990 e 1996; Bhattacharya & Giosan, 2003). Como exemplo, podemos destacar o delta do rio São Francisco, cuja classificação proposta por Coleman & Wright (1975) e Galloway (1975) tem sido contestada por Martin & Flexor (1987) e Dominguez (1990, 1996).

Segundo esses autores, o delta do rio São Francisco, entre outros da costa brasileira (e.g., delta dos rios Paraíba do Sul e Doce), apresenta uma evolução muito mais complexa, associada às variações eustáticas holocênicas, um padrão de incidência de ondas oblíquo à linha de costa que favorece uma alimentação longitudinal de sedimentos através de correntes de deriva litorânea e, por último, uma nítida assimetria na distribuição de fácies. Esses fatores contrariam as definições generalistas previamente utilizadas, que descrevem deltas dominados por

onda como resultado exclusivo da interação entre um agente fluvial, dispersão lateral e retrabalhamento por ondas de sedimentos de rios (Coleman & Wright, 1975).

Bhattacharya & Giosan (2003) chamam atenção para a “tendência geral” dos pesquisadores de acomodar, mesmo que de maneira forçada, um delta particular em um dos três vértices do diagrama de classificação de Galloway (1975), ignorando, por vezes, complexas relações de interação entre diferentes agentes geológicos que atuam em sua evolução e distribuição faciológica. Por este motivo, muitos pesquisadores adotam o termo “influenciado por ondas” para referir-se a sistemas deltaicos que apresentam características mistas de sedimentação (Bhattacharya & Giosan, 2003; Bhattacharya, 2006).

3.3 Contexto geológico do delta do rio Paraíba do Sul

O estado do Rio de Janeiro, localizado na região Sudeste do Brasil, está inserido na província geotectônica da Mantiqueira. Seu território pode ser dividido em três grandes domínios tectono-magmáticos: Região dos Lagos, Serra do Mar e Juiz de Fora/Paraíba do Sul. (Figura 13). As rochas constituintes desses domínios são ortognaisses, paragnaisses e metassedimentos (mármore, quartzitos, xistos, entre outros) com idades que variam do Arqueano ao Paleoproterozóico e que foram deformadas e metamorfasadas nas fácies anfibolito ou granulito durante o Ciclo Brasileiro, quando da aglutinação do megacontinente Gondwana (CPRM, 2001).

Além desses domínios, há importantes coberturas cenozóicas como a Formação Barreiras, presente ao longo do litoral do Brasil desde o estado do Amapá até o estado do Rio de Janeiro (Arai, 2006). A Formação Barreiras depositou-se durante o Plioceno, em um contexto climático semiárido sujeito à fortes e esporádicas chuvas (Martin *et al.* 1993). O estudo de Brêda *et al.* (2011) mostra que um ambiente fluvial entrelaçado com leques aluviais associados tenha sido o provável ambiente de deposição dessa formação. Tanto a Formação Barreiras quanto os três domínios tectono-magmáticos configuram-se como áreas-fonte para os sedimentos transportados pelo rio Paraíba do Sul.

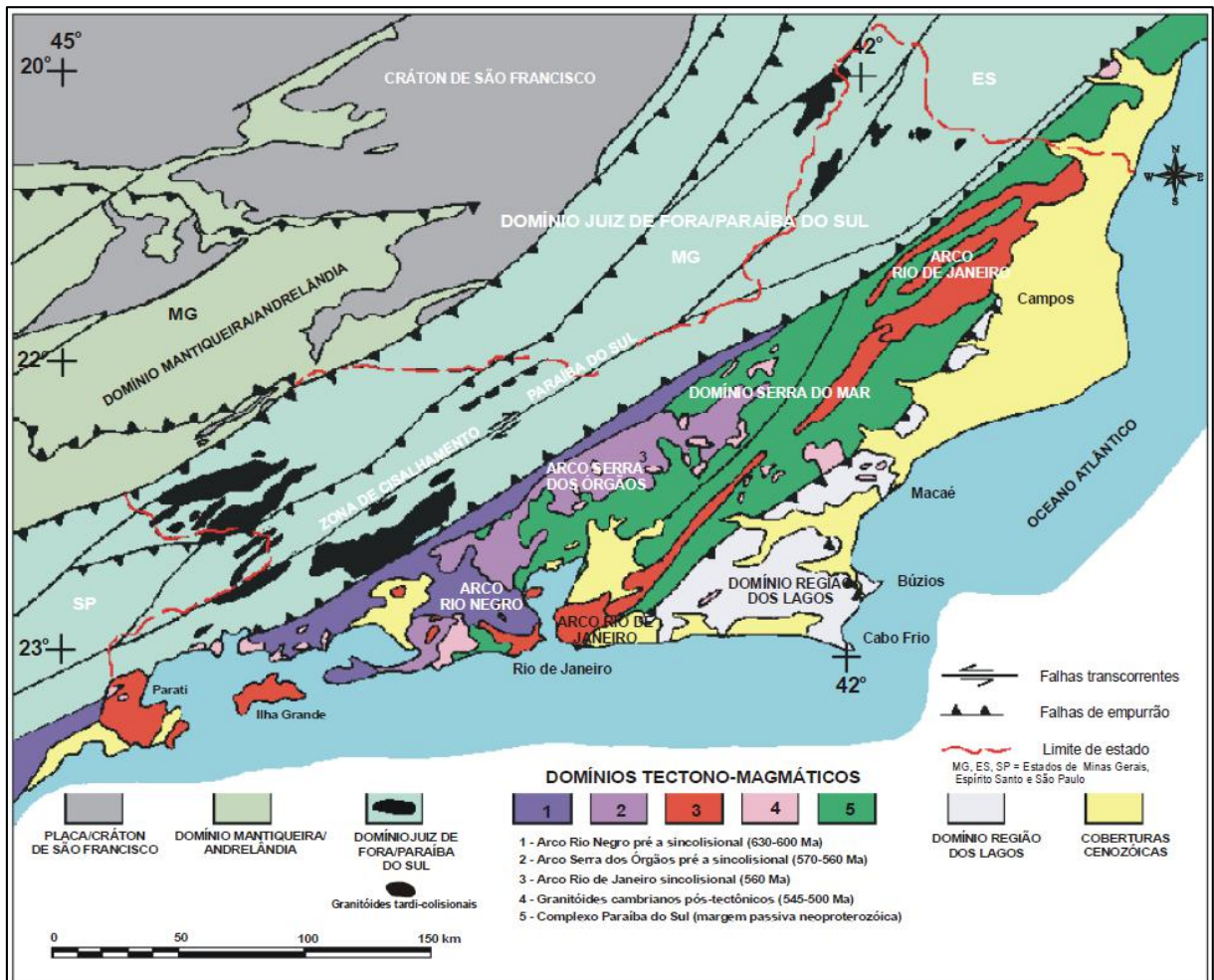


Figura 13: Mapa dos domínios tectono-magmáticos dos estados do RJ, SP, MG e ES (CPRM, 2001).

A Bacia de Campos, na qual o delta do rio Paraíba do Sul está inserido, localiza-se na costa norte do estado do Rio de Janeiro, estendendo-se até a costa sul do estado do Espírito Santo. Sua formação teve início no processo de quebra do megacontinente Gondwana, durante o Eocretáceo (Winter *et al.* 2007). Com uma área de cerca de 120.000 km² e profundidades de até 3.400 metros, a Bacia de Campos é limitada ao norte pelo Alto de Vitória e, ao sul, pelo Alto de Cabo Frio, que a separa da Bacia de Santos (Figura 14). Segundo Winter *et al.* (2007), a estratigrafia da bacia pode ser dividida em três supersequências: Rife, Pós-rife e Drifte, associadas à diferentes períodos de desenvolvimento.

A Supersequência Rifte, de idade Neocomiana, teve sua origem associada a paleoambientes continentais. A mesma é composta por sedimentos carbonáticos e siliciclásticos do Grupo Lagoa Feia, na base, por basaltos e diabásios da Formação Cabiúnas.

A Supersequência Pós-rifte é composta pelas formações Gargaú, Itabapoana, Macabu e Retiro, todas pertencentes ao Grupo Lagoa Feia (Winter *et al.*, 2007). Esta supersequência apresenta, em geral, seções com espesso registro de sedimentos clásticos, passando para uma sedimentação carbonática nas porções distais da bacia, recobertas por depósitos evaporíticos no final do Aptiano (Papaterra, 2010).

A Supersequência Drifte é caracterizada por sedimentos marinhos depositados em um regime de tectônica adiastrófica e subsidência térmica. Sua formação contempla três paleoambientes principais, sendo estes um ambiente marinho raso, marinho aberto transgressivo e marinho aberto regressivo (Winter *et al.*, 2007).

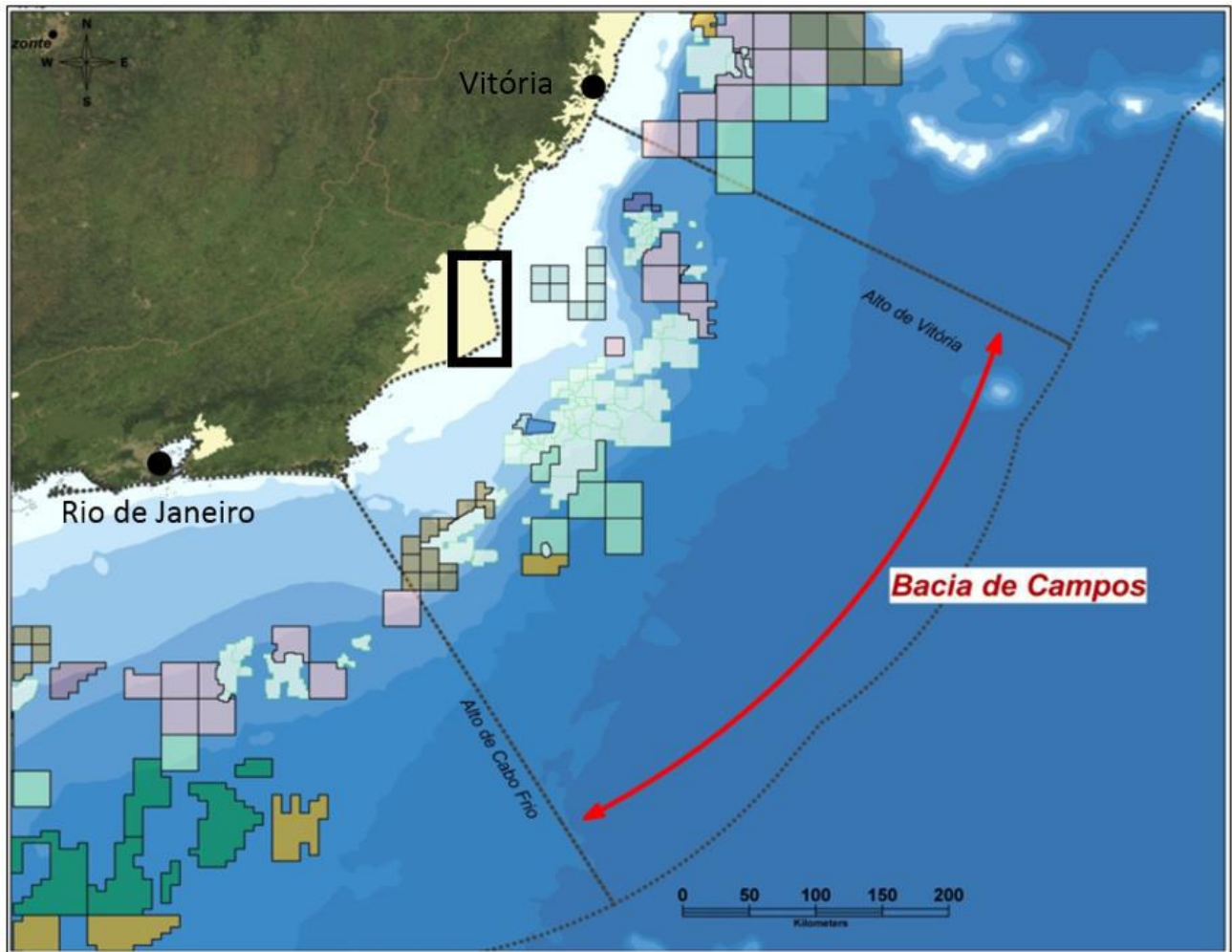


Figura 14: Mapa da área da Bacia de Campos e seus limites geológicos com as bacias adjacentes de Santos e Espírito Santo. Os polígonos coloridos representam campos de petróleo em fase produção ou concessão. O retângulo preto destaca a localização do delta do rio Paraíba do Sul (Adaptado de Papaterra, 2010).

Quanto à evolução da planície costeira da região do delta do Paraíba do Sul, Martin *et al.* (1984), apoiados em diversos estudos geológicos na região, caracterizaram quatro fases evolutivas para o litoral compreendido entre Macaé (RJ) e Maceió (AL) (Figura 15).

Primeira fase - há cerca de 120.000 anos A.P., esta fase corresponde ao máximo da penúltima transgressão pleistocênica, quando o nível do mar estaria cerca de 8 ± 2 m acima do atual. Nesta fase, a atual planície costeira era inexistente e diversos vales entalhados nas rochas da Formação Barreiras ou do embasamento foram

invadidos pelo mar, desenvolvendo inúmeras lagunas. Essa fase é marcada por uma linha de falésias na Formação Barreiras.

Segunda fase - após 120.000 anos A.P., o nível do mar inicia uma queda, com a construção de terraços arenosos recobertos por cordões litorâneos. Ao norte e ao sul esses terraços estão diretamente encostados nos sedimentos do Grupo Barreiras. À medida em que ocorria o abaixamento do nível relativo do mar, instalava-se uma rede hidrográfica sobre a planície costeira.

Terceira fase - a partir de 18.000 anos A.P. (máximo da última glaciação quaternária no Hemisfério Norte), o nível do mar começa uma subida muito rápida. No decorrer dessa fase transgressiva, a maior parte da planície costeira pleistocênica foi destruída.

Quarta fase - a partir de 5.100 anos A.P., o abaixamento do nível relativo do mar foi acompanhado pela transferência de areias da plataforma interna para a praia. Essas areias foram reelaboradas pelas correntes de deriva litorânea, tendo contribuído na construção dos terraços arenosos holocênicos.

O ressecamento parcial da extensa laguna, cujo testemunho atual é a Lagoa Feia, ocorreu não somente pelo abaixamento do nível do mar, mas também pelo aporte fluvial do rio Paraíba do Sul, que nessa época despejava seus sedimentos na paleolaguna, constituindo um delta intralagunar. Entretanto, é possível que já antes de 4.400 anos A.P., um braço do rio Paraíba do Sul atingisse diretamente o mar aberto.

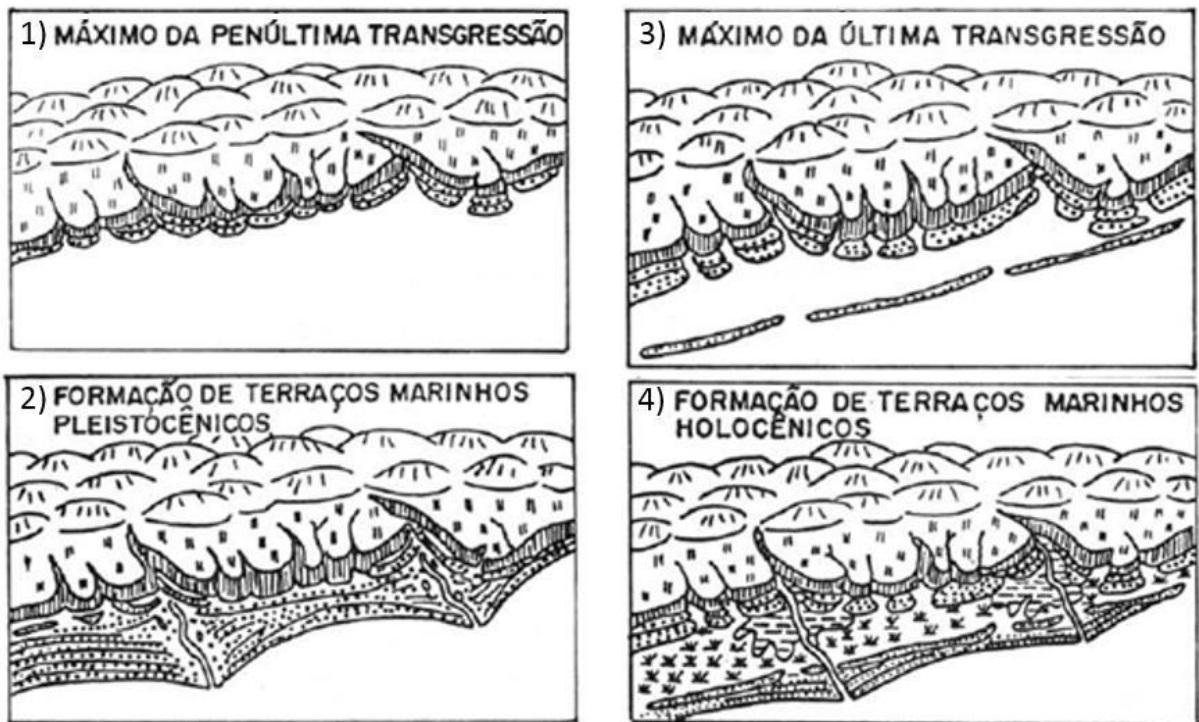








Figura 15: Esquema evolutivo para a porção do litoral brasileiro compreendida entre Macaé (RJ) e Maceió (AL). As quatro fases evolutivas descritas por Martin *et. al* (1984) estão identificadas por números na figura (Adaptado de Martin *et al*, 1993).

Silva (1987) também propôs um esquema evolutivo para a planície costeira e toda a região do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul (Quadro 5), com destaque para a formação da Lagoa Feia e a migração do curso do rio Paraíba do Sul.

Quadro 5: Esquema evolutivo da região do complexo deltaico do rio Paraíba do Sul. Destaque para a migração do curso fluvial na transgressão marinha de 5.000 A.P. (Silva, 1987)

Fases de evolução	Descrição evolutiva	Esquema evolutivo
A	Transgressão provoca o afogamento e erosão parcial da Formação Barreiras	
B	Regressão permite a formação de cristas de praia paralelas à orientação das paleofalésias da Formação Barreiras	
C	Transgressão marinha (120.000 anos A.P.) provoca o truncamento das cristas de praia formadas anteriormente	
D	Regressão marinha (15.000 anos A.P.), inicia-se a formação de um novo sistema de cristas de praia remanescente da Lagoa Feia, que truncou o sistema de cristas de praia formado na fase B.	
E	Última transgressão holocênica (5.000 anos A.P.) provocou o afogamento de grande parte das planícies de cristas arenosas formadas na fase D, individualizou uma extensa laguna que originou a Lagoa Feia. Ocorreu a mudança na orientação do rio Paraíba do Sul para a posição atual.	
F	A fase atual é caracterizada pelo assoreamento progressivo da Lagoa por sedimentação fluvial, e como consequência a formação de deltas intralagunares.	

3.4 O delta do rio Paraíba do Sul

Inserido na porção emersa da Bacia de Campos, o delta do rio Paraíba do Sul representa parte de sua evolução estratigráfica mais recente. Seus depósitos são compostos basicamente pelos terraços arenosos de idade holocênica, presentes na região (Martin *et al.* 1997). Estes terraços apresentam sua distribuição próximo a atual desembocadura do rio Paraíba do Sul, estando presentes tanto ao norte quanto ao sul da foz do rio, sendo mais desenvolvidos na porção sul e com idades inferiores a 5.100 anos A.P.

Este delta foi classificado como um típico delta dominado por ondas por muitos anos (Bacoccoli, 1971), até que trabalhos como os de Martin & Flexor (1987) e Dominguez (1990) questionassem tal atribuição pelo fato de se desconsiderarem particularidades sedimentológicas na região do delta, resultantes da influência de fatores como as variações do nível do mar ocorridas durante o Holoceno (Figura 16), as quais teriam mobilizado grandes quantidades de sedimentos da plataforma continental interna em períodos de queda do nível do mar (Martin *et al.*, 1984).

Segundo o modelo de Fisher (1969), no qual a classificação de Bacoccoli (1971) baseou-se, deltas dominados por ondas seriam feições desenvolvidas na desembocadura de um rio em uma região costeira com um regime de ondas altamente destrutivo e dominante sobre o rio. Além disso, o padrão de incidência de ondas seria paralelo à costa, o que não é o caso no rio Paraíba do Sul, onde as ondas incidem de maneira oblíqua à costa na região do delta (Dominguez *et al.*, 1983). Tal característica é responsável por induzir uma corrente de deriva litorânea com sentido de Sul para Norte capaz de transportar e depositar sedimentos, por vezes, mais efetivamente que o próprio rio Paraíba do Sul (Martin *et al.* 1987).

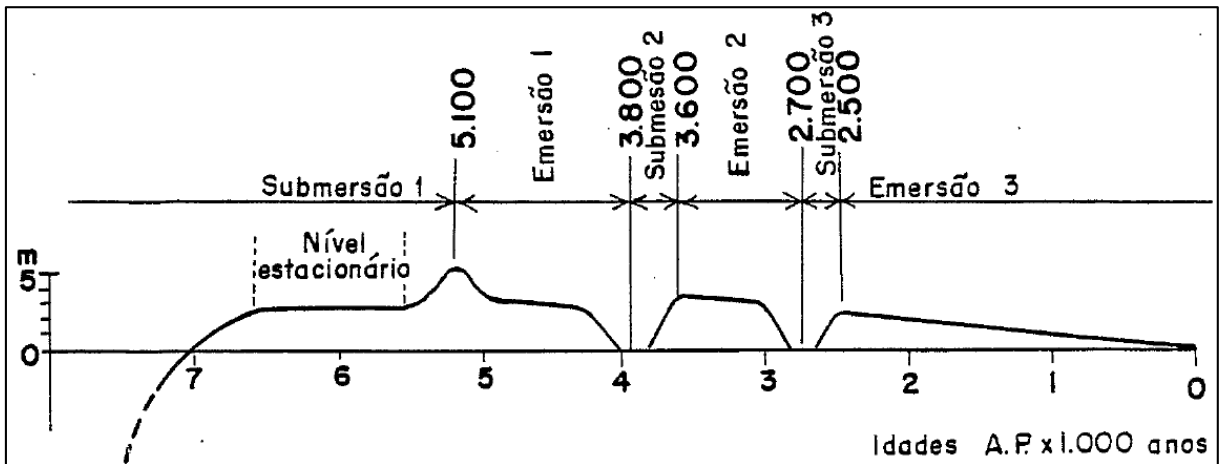


Figura 16: Curva de variação do nível relativo do mar para os últimos 7.000 anos do litoral norte de Salvador, BA. Apesar de tratar-se de outra região, Martin *et al.* (1993) destacam a semelhança entre esta curva, considerada a mais completa, e curvas construídas para outras regiões litorâneas, indicando somente variações menores ou maiores em determinadas áreas (Martin *et al.* 1984).

Outro argumento utilizado para contestar a classificação do delta do rio Paraíba do Sul é sua expressiva assimetria. Dominguez *et al.* (1983) caracterizam a dinâmica na desembocadura do rio em períodos com diferentes taxas de descarga fluvial. Segundo esses autores, ocorre um bloqueio da passagem de sedimentos causado pelo próprio fluxo do rio em épocas de alta descarga, que atua como uma barreira à carga sedimentar transportada pelas correntes de deriva litorânea. Tal efeito levaria a uma acumulação acentuada na porção sul do delta ao mesmo tempo em que geraria uma escassez de material ao norte (Figura 17), possivelmente causando erosão nesta região, que incorporaria em grande parte material sedimentar mais grosso oriundo do rio. Esse fenômeno, denominado “efeito molhe” por Dominguez *et al.* (1983), explica a assimetria do delta do Paraíba do Sul, onde se pode notar um maior desenvolvimento da planície de cordões arenosos ao sul e uma planície de cordões reduzida ao norte (Figura 1).

Nos períodos de baixa descarga ocorre erosão à barlamar da desembocadura, disponibilizando sedimentos que geram a construção de um esporão arenoso que obstrui parcialmente a foz do rio. Este evento erosivo fica registrado através de uma linha de discordância ou truncamentos na planície de cordões arenosos (Figura 17).

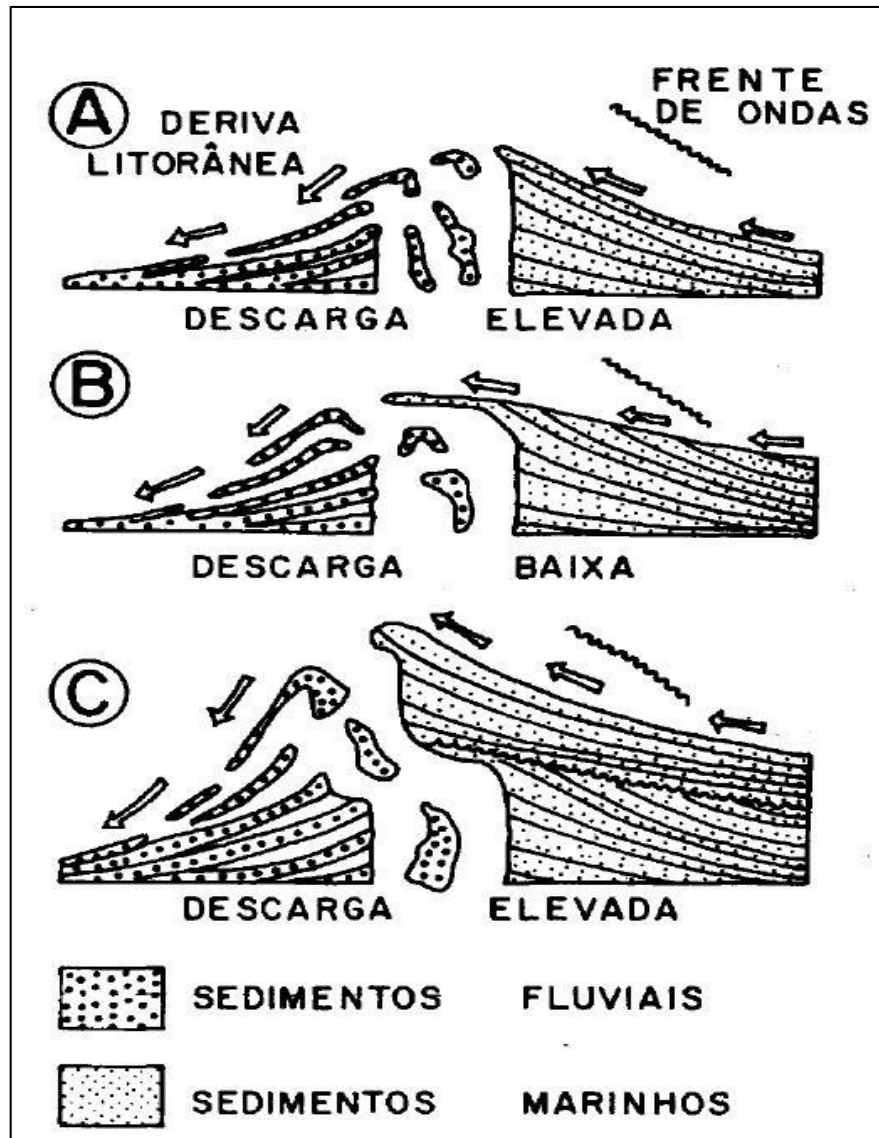


Figura 17: Desenho esquemático ilustrando os efeitos da descarga fluvial e da deriva litorânea no transporte e deposição de sedimentos na desembocadura do rio Paraíba do Sul. Em (A), a alta descarga ocasiona o “efeito molhe”, gerando acumulação à barlamar e escassez de sedimentos à sotamar. Em (B), a baixa descarga fluvial gera erosão dos cordões à barlamar e o acúmulo de sedimentos na própria desembocadura do rio, formando um esporão arenoso. Em (C), a migração da desembocadura fluvial para sotamar da deriva e a deposição de uma nova sequência de cordões. (Dominguez, 1990).

O estudo de Martin *et al.* (1984) sobre o grau de arredondamento das areias ao norte e ao sul da desembocadura do rio Paraíba do Sul reforça esse modelo, mostrando que ao norte as areias tendem a ser menos arredondadas que ao sul. Dessa maneira, o autor caracteriza as areias da porção norte como ora fluviais e ora de origem da deriva litorânea; variação que ocorre em virtude de alterações na energia de descarga do rio Paraíba do Sul. Já as areias da porção sul foram definidas como de origem da deriva litorânea devido ao seu maior grau de arredondamento.

Tomaz (2005) realizou uma fotointerpretação na região do delta do rio Paraíba do Sul baseado em superfícies discordantes e datações realizadas por Martin *et al.* (1997). Assim, foram individualizados um total de 7 “sistemas” de cordões arenosos, sendo 6 de idade holocênica (H1-H6) e 1 de idade pleistocênica (P1):

Sistema P1 - Localiza-se na porção ao norte do rio Paraíba do Sul, fazendo contato com a formação barreiras a Oeste e com a Lagoa do Campelo a Leste; possui cerca de 1,5 km de largura e 8 km de extensão. Martin *et al.* (1997), através da observação de feições geomorfológicas, atribuíram idade pleistocênica a este sistema.

Sistema H1 – Caracteriza-se como uma faixa de cordões arenosos com orientação N-S localizada ao sul do rio Paraíba do Sul, a aproximadamente 10 km da cidade de Campos dos Goytacazes (RJ). Acredita-se que sua idade seja superior a 5.100 anos A.P., visto que a região pantanosa que separa os sistemas H1 e H2, onde também se encontra a Lagoa do Campelo (Figura 1), está provavelmente associada ao pico transgressivo atingido em 5.100 A.P. (Figura 16). Esta hipótese é reforçada pelas datações realizadas por Martin *et al.* (1997), que obtiveram idades de 5.270 anos A.P. em sedimentos lagunares ao norte desta lagoa.

Sistema H2 - Caracteriza-se como uma faixa de cordões arenosos com orientação aproximada NW-SE, separada do sistema anterior (H1) por uma área pantanosa. Ao norte do rio Paraíba do Sul, este sistema está em contato direto com a Lagoa do Campelo (Figura 1). Ao Sul, em direção ao Cabo de São Tomé, ocorre uma segmentação do sistema pela extensa planície flúvio-lagunar presente na região (Figura 18), fato que Tomaz (2005) diz estar relacionado a uma possível paleodesembocadura do rio Paraíba do Sul.



Figura 18: Sistemas de cordões arenosos H1 e H2 e sua posição em relação à Lagoa do Campelo (Adaptado de Tomaz, 2005).

Sistema H3 - Tomaz (2005) diferenciou este sistema do anterior (H2) por diferenças na orientação dos cordões arenosos, já que os cordões do “sistema” H2 orientam-se em direção NW-SE e aqueles do sistema H3 na direção NNW-SSE (Figura 19). Martin *et al.* (1997) realizaram datações na área que indicam que a região pantanosa presente entre os sistemas H3 e H4 possui idade de cerca de 3.780 anos A.P. Desse modo, atribui-se uma idade entre 5.100 anos AP (último máximo transgressivo) e 3.780 anos A.P. (idade de formação da região pantanosa) ao sistema H3.

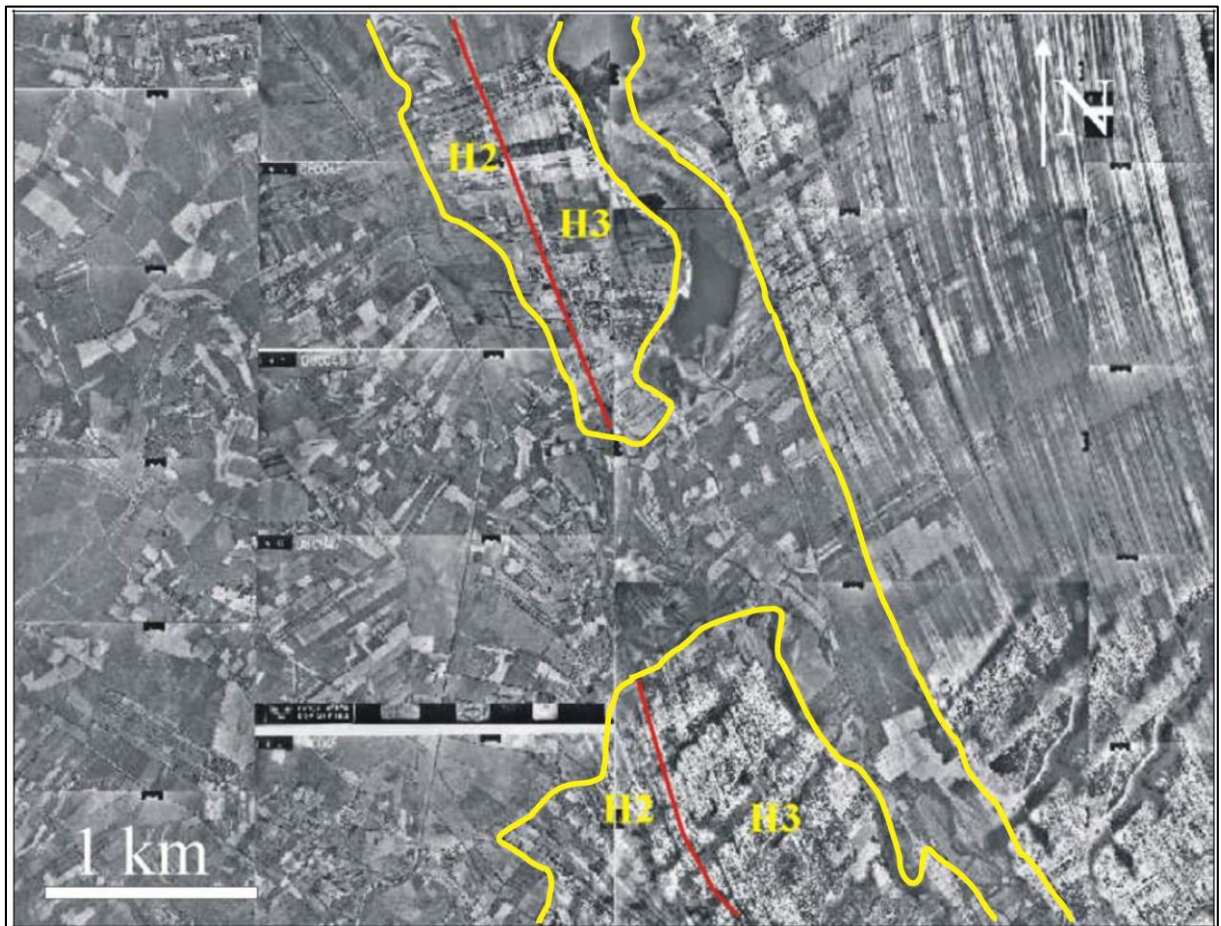


Figura 19: Sistemas H2 e H3 segmentados pela planície flúvio-lagunar (Adaptado de Tomaz, 2005).

Sistema H4 - Com idades aproximadas variando entre 3.600 e 2.700 anos A.P., o sistema H4 separa-se do anterior (H3) por uma área pantanosa (Figura 6) com idades de cerca de 3.780 anos A.P. (Martin *et al.*, 1997), associada ao período de submersão ocorrido entre 3.800 e 3.600 anos A.P. No limite entre este sistema e o sistema H5 na região do Cabo de São Tomé encontram-se as lagoas das Ostras, Salgada e da Flecha, cujas idades variam entre 3.100 e 2.900 anos A.P. (Martin *et al.*, 1997).

Sistema H5 - Este sistema é representado, ao sul do rio Paraíba do Sul, por uma estreita faixa de cordões arenosos de orientação NNW-SSE, que aumenta de espessura à medida que se afasta do rio, em direção à Lagoa Salgada (Figura 1). Separa-se do sistema anterior (H4) pela superfície discordante H4/H5. A extensa área pantanosa de orientação N-S localizada a leste da lagoa do Campelo, ao norte do rio Paraíba do Sul, foi associada à superfície H4/H5 (Tomaz, 2005). Datações por radiocarbono obtidas em sedimentos desta área pantanosa forneceram idades entre 2.360 anos A.P. e 2.530 anos A.P. (Martin *et al.*, 1997), as quais sugerem que esta área tenha sido formada durante o pico transgressivo de 2.500 anos A.P., quando o nível do mar estava a aproximadamente 3 metros acima do atual (Figura 16).

Sistema H6 - Caracteriza-se por uma faixa de cordões arenosos de aproximadamente 4,5 km de largura, orientados aproximadamente na direção N-S, limitando-se do sistema anterior (H5) pela superfície discordante H5/H6. Tomaz (2005) associou este sistema ao período de contínua progradação da planície costeira do rio Paraíba do Sul após o pico transgressivo de 2.500 anos A.P. Esse mesmo autor também chama a atenção para superfícies discordantes de menor escala, interiores aos sistemas H6 e H4, atribuídas a variações na interação entre os processos fluviais e costeiros, que teriam gerado períodos erosivos (Figura 20).

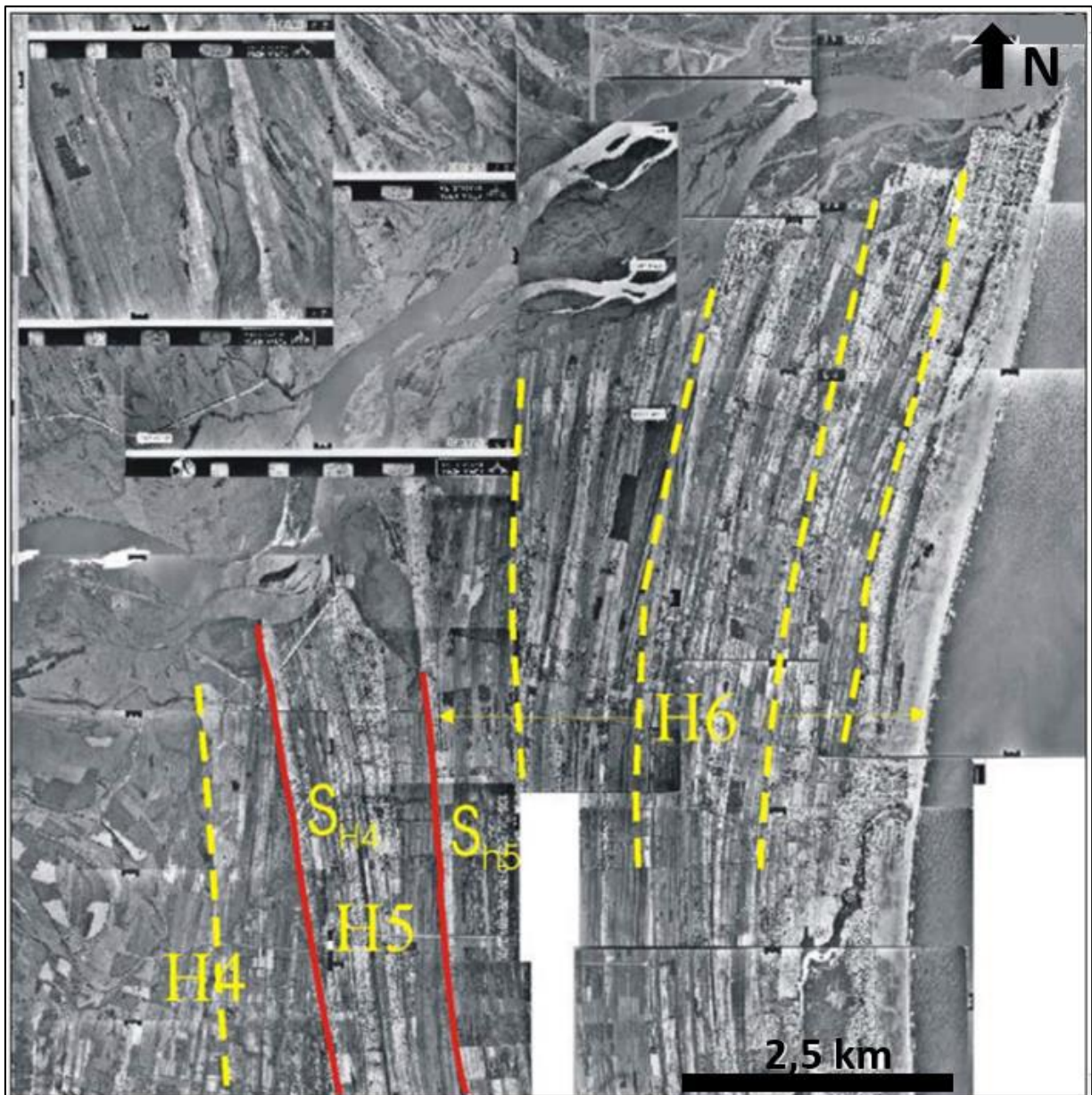


Figura 20: Delimitação dos sistemas H4, H5 e H6 (linhas contínuas em vermelho) ao sul do rio Paraíba do Sul e discordâncias de menor ordem interiores a estes marcadas por linhas tracejadas em amarelo (Adaptado de Tomaz, 2005).

4. RESULTADOS

Quadro 6: Características gerais de cada região com base nos resultados das análises granulométricas e morfoscópias.

Região	Observações Gerais
Norte	Bimodalidade em todos os sistemas analisados (exceto H3); Variações em curtos espaços de tempo; Alto grau de dispersão dos pontos.
Sul I	Bimodalidade somente no sistema H6; Variações graduais ao longo do tempo; Sistema H4 com grandes proporções de areias finas, leptorcúrticas e moderadamente bem selecionadas (marinhas).
Sul II	Ausência de amostras bimodais; Parâmetros granulométricos constantes; Queda no grau de arredondamento dos grãos em parte do sistema H4.

4.1 Média

Na região Norte os sedimentos possuem tamanhos variando entre areias médias nos sistemas H2 e H5, areias finas à médias nos sistemas H3 e H4 e areias finas à grossas no sistema H6 (Figura 21). Em geral, o gráfico apresenta um padrão de sucessivas quedas e aumentos na média de tamanho de seus grãos, persistindo mesmo em diferentes sistemas de cordões.

A região Sul I apresentou somente areias finas superiores e médias superiores nos sistemas H4 e H5, respectivamente. O sistema H6 possui médias entre areias finas superiores e grossa inferiores (Figura 22).

Na região Sul II os resultados mostraram uma tendência geral de diminuição granulométrica (aumento do phi médio) ao longo do tempo, saindo de areias grossas no sistema H3 para médias nos sistemas H4 e H5 (Figura 23).

- **Região Norte**

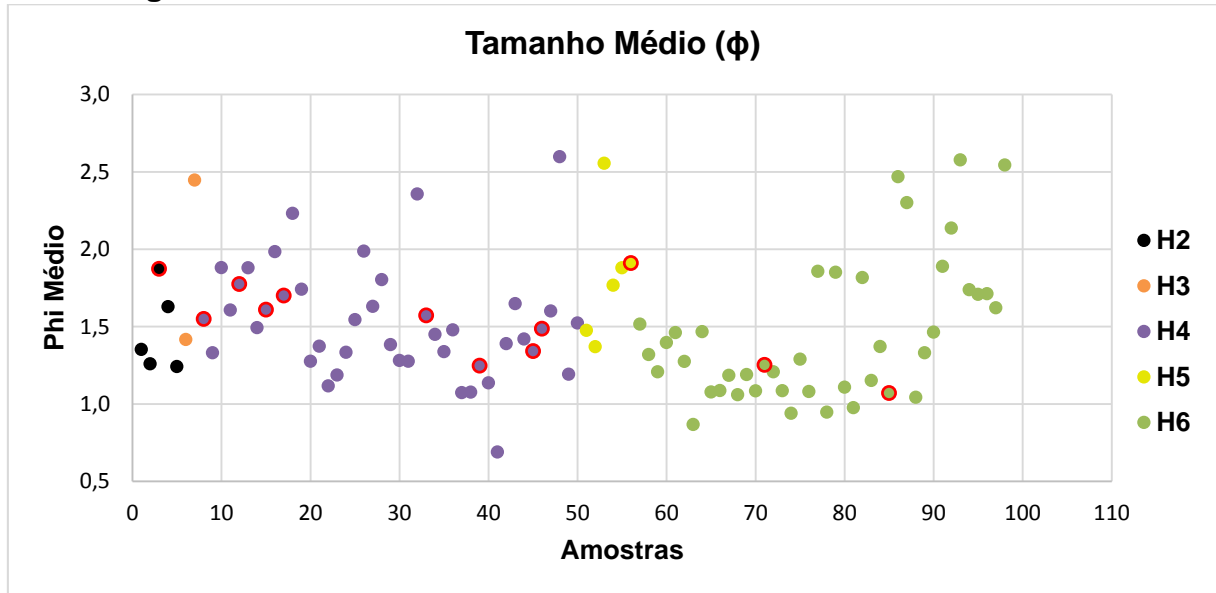


Figura 21: Gráfico de dispersão ilustrando o tamanho médio dos grãos de cada amostra da região Norte. Os pontos circulado em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam os distintos sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). Notar os constantes aumentos e diminuições no tamanho médio das amostras.

- **Região Sul I**

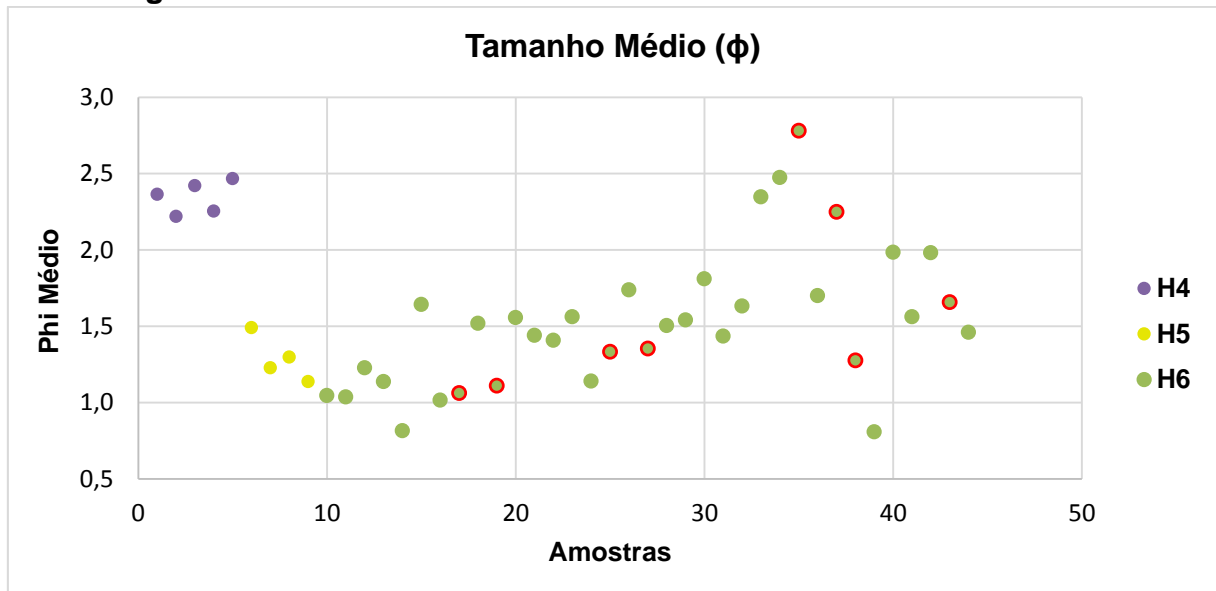


Figura 22: Gráfico de dispersão ilustrando o tamanho médio dos grãos de cada amostra da região Sul I. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam diferentes sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). Notar maiores valores de phi médio no sistema H4, sucedido por uma queda nos sistemas H5 e início do H6, a partir de onde os valores de phi voltam a aumentar.

- **Região Sul II**

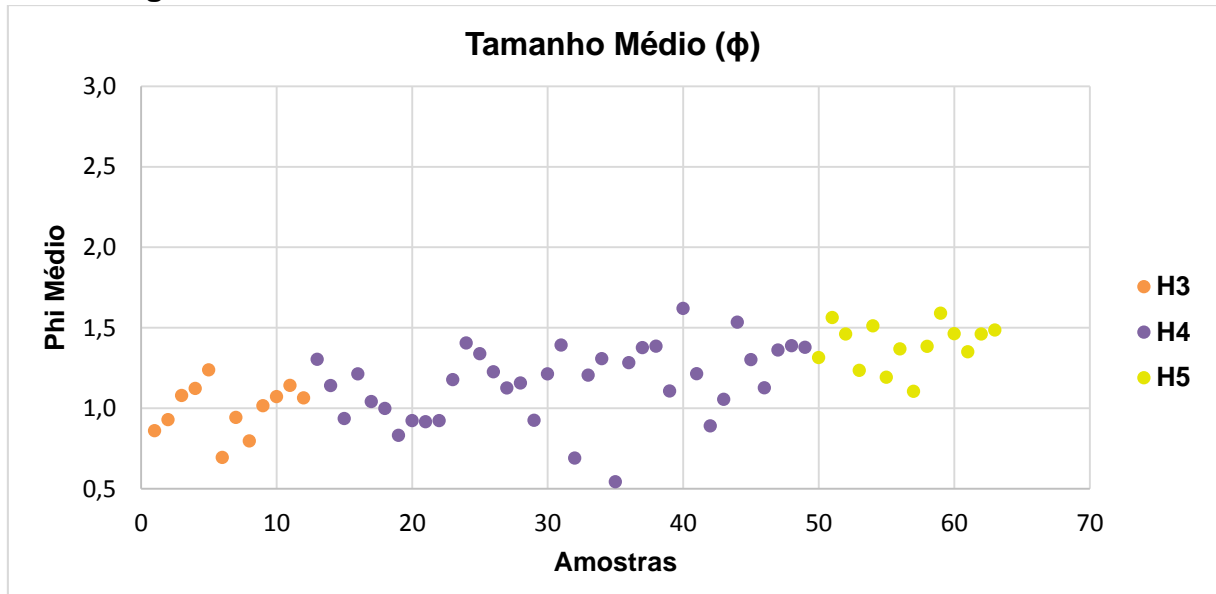


Figura 23: Gráfico de dispersão ilustrando o tamanho médio dos grãos de cada amostra da região Sul II. As cores distintas representam diferentes sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). Notar a ausência de amostras bimodais e o padrão crescente no phi médio das amostras ao longo do tempo.

4.2 Desvio padrão

A região Norte apresentou tanto amostras moderadamente selecionadas quanto moderadamente bem selecionadas. Destaca-se a grande quantidade de amostras com valores de desvio padrão superiores à 0,7 (Figura 24).

A região Sul I apresentou predomínio de areias classificadas como moderadamente bem selecionadas. O sistema H6 apresenta maior variação, possuindo amostras tanto moderadamente bem quanto moderadamente selecionadas (Figura 25).

A região Sul II apresentou um padrão de constância no grau de seleção dos seus sedimentos, que se mantém na faixa de 0,6 a 0,7 em grande parte das amostras, caracterizando-as como moderadamente bem selecionadas (Figura 26).

- **Região Norte**

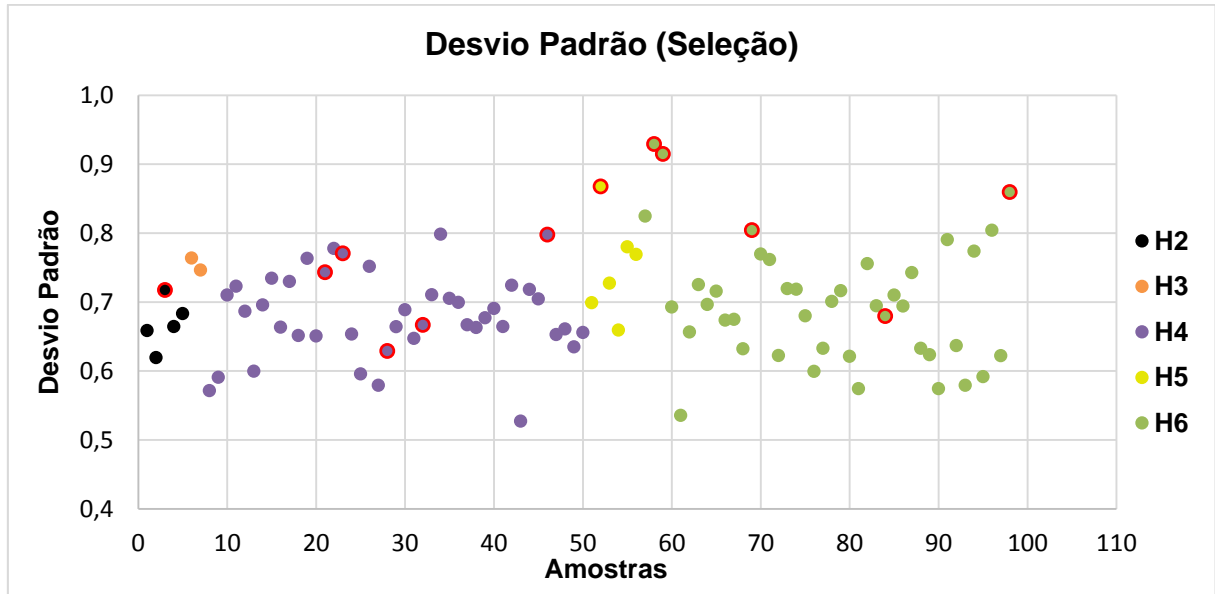


Figura 24: Gráfico de dispersão com valores de desvio padrão das amostras da região norte. Os pontos circulado em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005).

- **Região Sul I**

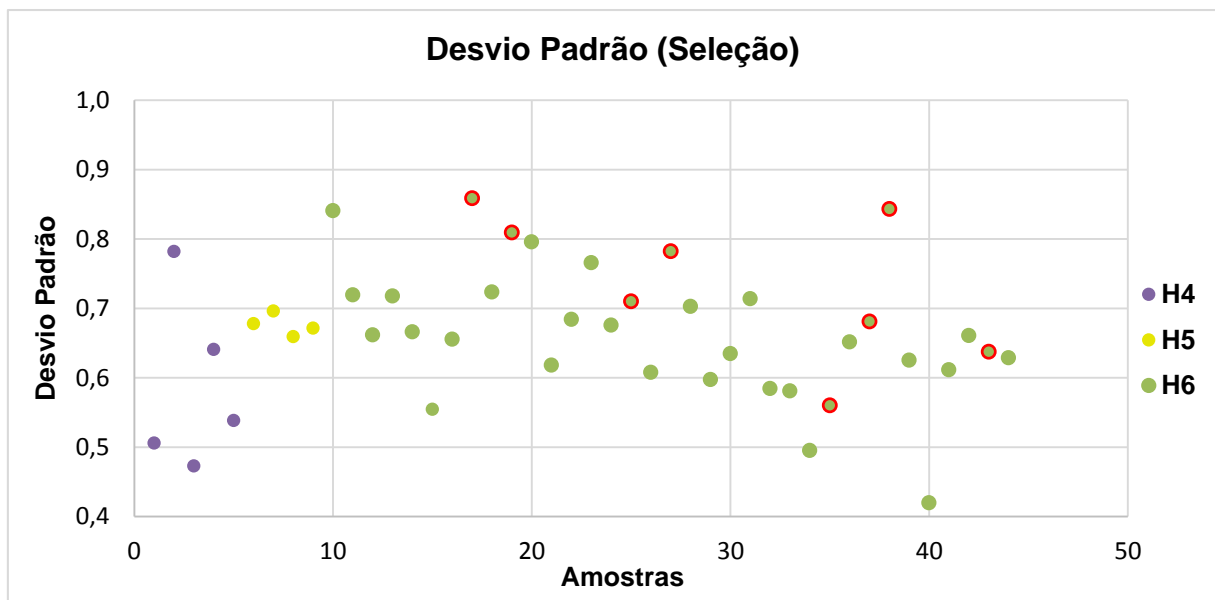


Figura 25: Gráfico de dispersão com os valores de desvio padrão das amostras da região Sul I. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam diferentes sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). Notar a redução no grau de seleção na mudança do sistema H4 para o sistema H5. O sistema H6 apresenta maior quantidade amostras com baixos graus de seleção (valores superiores à 0,7).

- Região Sul II

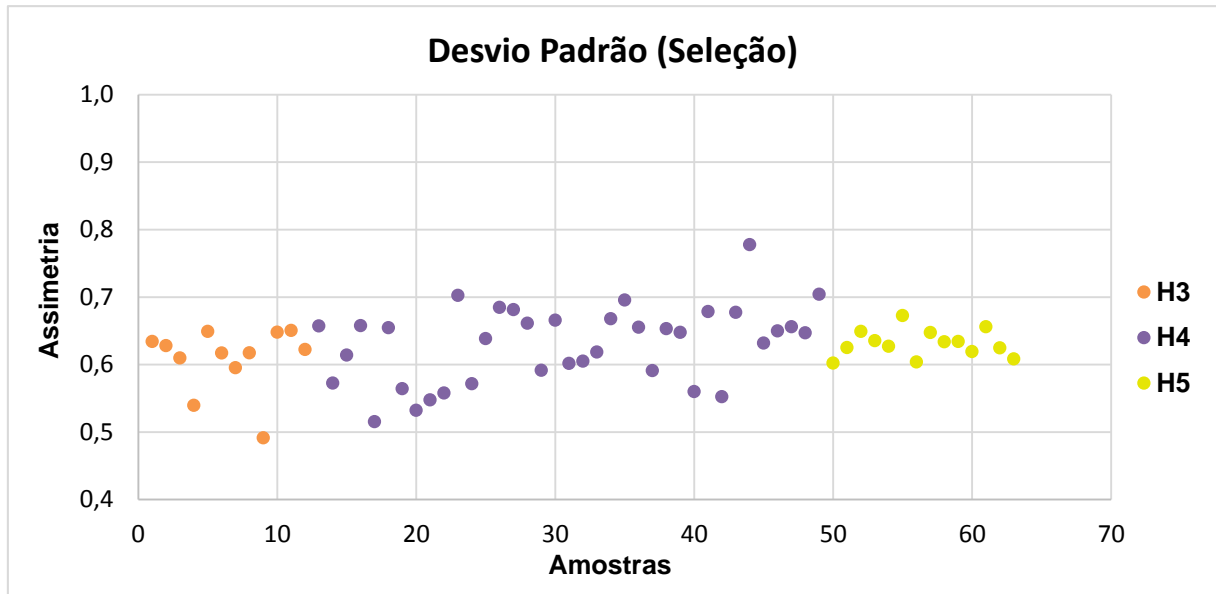


Figura 26: Gráfico de dispersão com os valores de desvio padrão das amostras da região Sul II. As cores distintas representam diferentes sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). Notar a ausência e amostras bimodais e a constância dos valores, que quase sempre se mantém entre 0,5 e 0,7.

4.3 Curtose

Na região Norte, boa parte das amostras apresentaram curvas mesocúrticas. Curvas fora desse padrão são quase sempre leptocúrticas, predominando valores entre 1,1 e 1,2 nesses casos. Entretanto, é possível notar um grupo de amostras com curvas de distribuição platicúrticas entre as amostras 50 e 60, contemplando parte dos sistemas H5 e H6 (Figura 27).

Na região Sul I observam-se curvas leptocúrticas no sistema H4, passando para mesocúrticas no sistema H5. O sistema H6, inicialmente, apresenta tanto curvas platicúrticas quanto mesocúrticas (valores de curtose entre 0,7 e 1,0) e, a partir da amostra 30, aproximadamente, adquire um padrão de grande dispersão, passando a apresentar, também, curvas leptocúrticas (Figura 28).

Na região Sul II observa-se uma grande constância nos valores, com boa parte das amostras caracterizadas como mesocúrticas (valores de curtose entre 0,9 e 1,1) (Figura 29).

- **Região Norte**

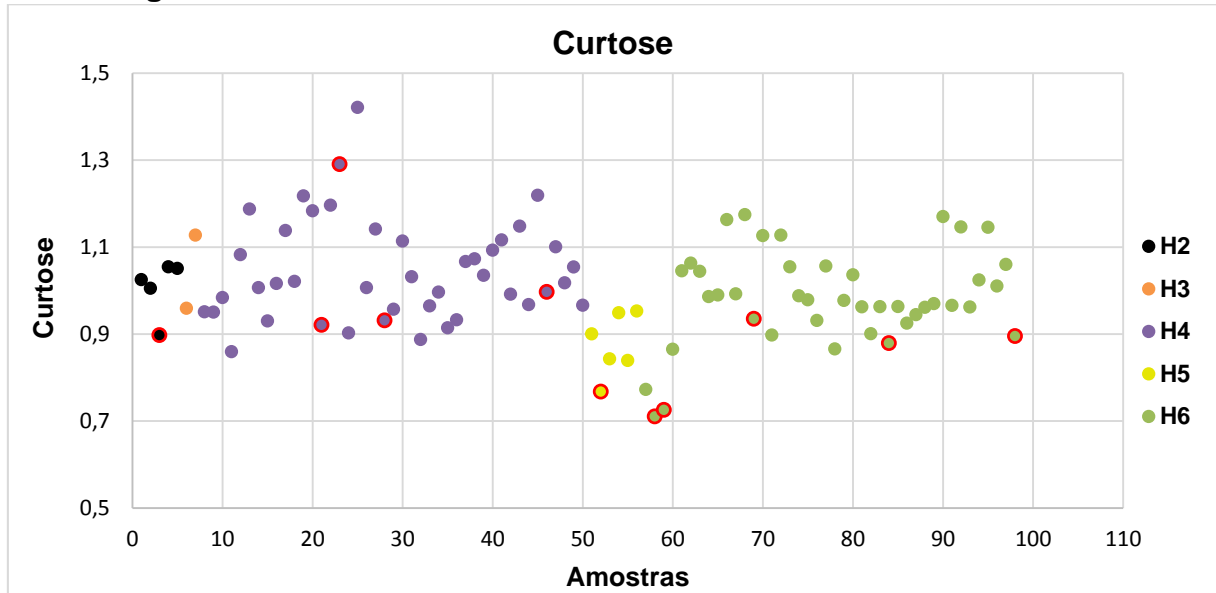


Figura 27: Gráfico de dispersão com valores de curtose das amostras da região Norte. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). Notar menores valores de curtose entre as amostras 50 e 60, onde são observados os menores valores em todo o gráfico.

- **Região Sul I**

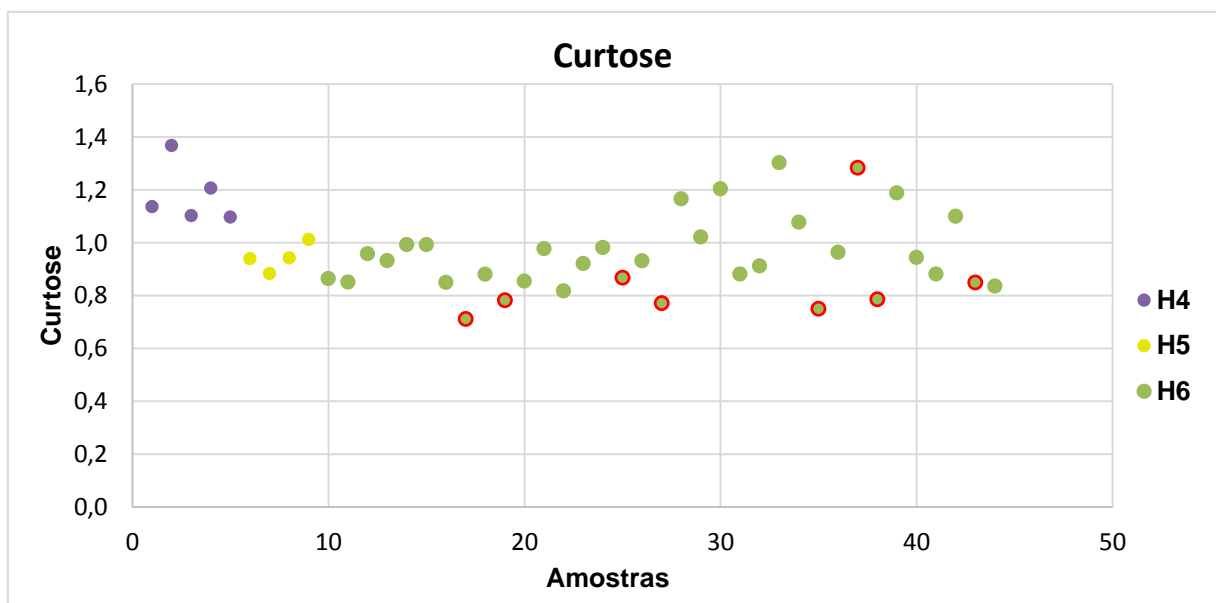


Figura 28: Gráfico de dispersão com valores de curtose das amostras da região Sul I. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). Notar diminuição contínua até a amostra 10 (sistemas H4 e H5), quando os valores se estabilizam até, aproximadamente, a amostra 27 (sistema H6). A partir daí os valores assumem um maior grau de dispersão.

- Região Sul II

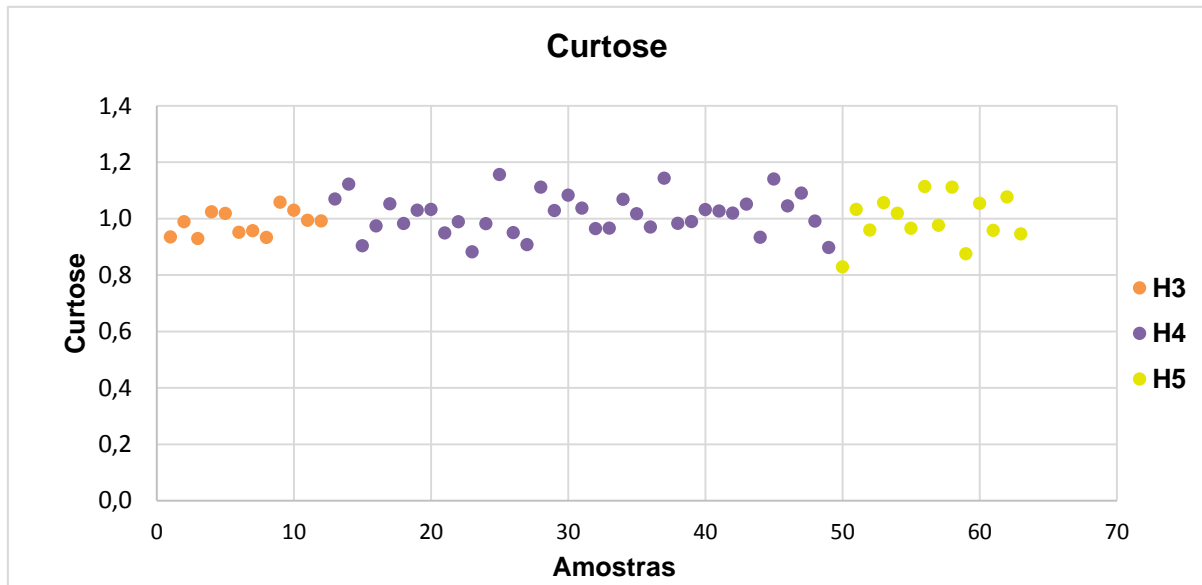


Figura 29: Gráfico de dispersão com valores de curtose de cada amostra. As cores distintas representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). Notar a ausência de amostras bimodais e a constância dos valores em toda a distribuição, classificadas como mesocúrticas em praticamente todo o conjunto de amostras.

4.4 Assimetria

Os resultados mostram que uma expressiva maioria das amostras possuem distribuições simétricas ou assimétricas negativas em todas as porções do delta. Estes resultados provavelmente refletem o próprio processo formador dos cordões arenosos amostrados, essencialmente regido pela ação de ondas, gerando assimetrias negativas como sugerido por Friedman (1961).

A região “Norte” mostra grande dispersão nos valores, que são simétricos ou assimétricos negativos praticamente todo o gráfico.

A região “Sul I” também apresentou dominância de amostras simétricas ou assimétricas negativas. Entretanto, ocorrem valores mais positivos de assimetria em

duas porções distintas do sistema H6, indicando distribuições com “caudas” de sedimentos finos (Figura 31).

A região Sul II apresentou dominância quase absoluta de distribuições simétricas (Figura 32).

- **Região Norte**

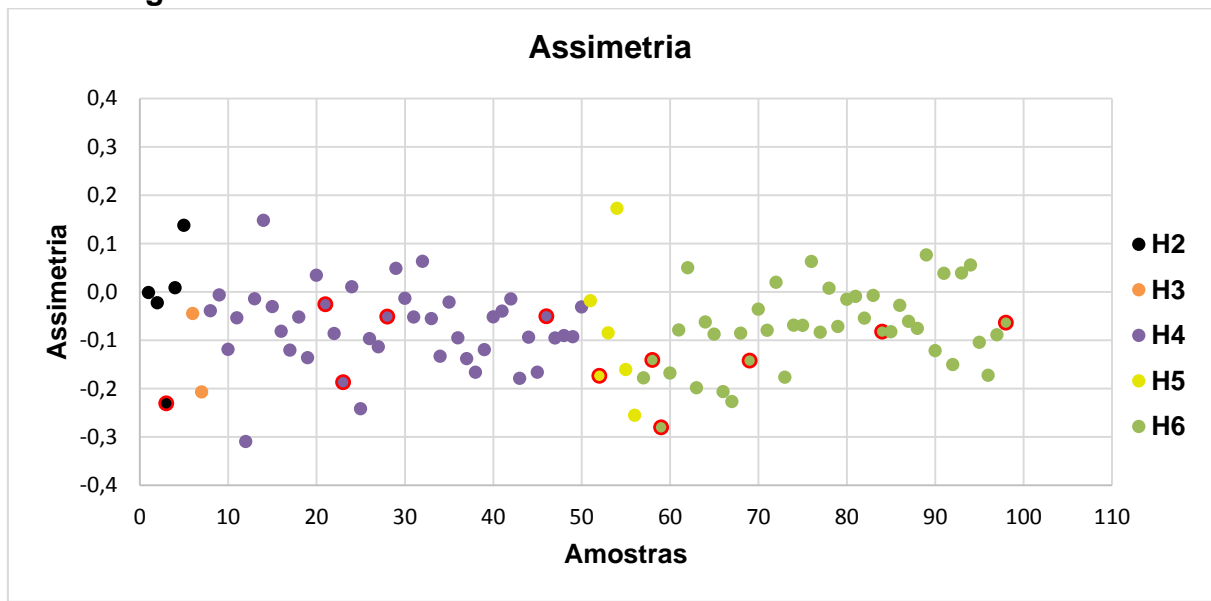


Figura 30: Gráfico de dispersão com valores de assimetria das curvas de distribuição de cada amostra. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). Notar a grande quantidade de distribuições simétricas e assimétricas negativas.

- Região Sul I

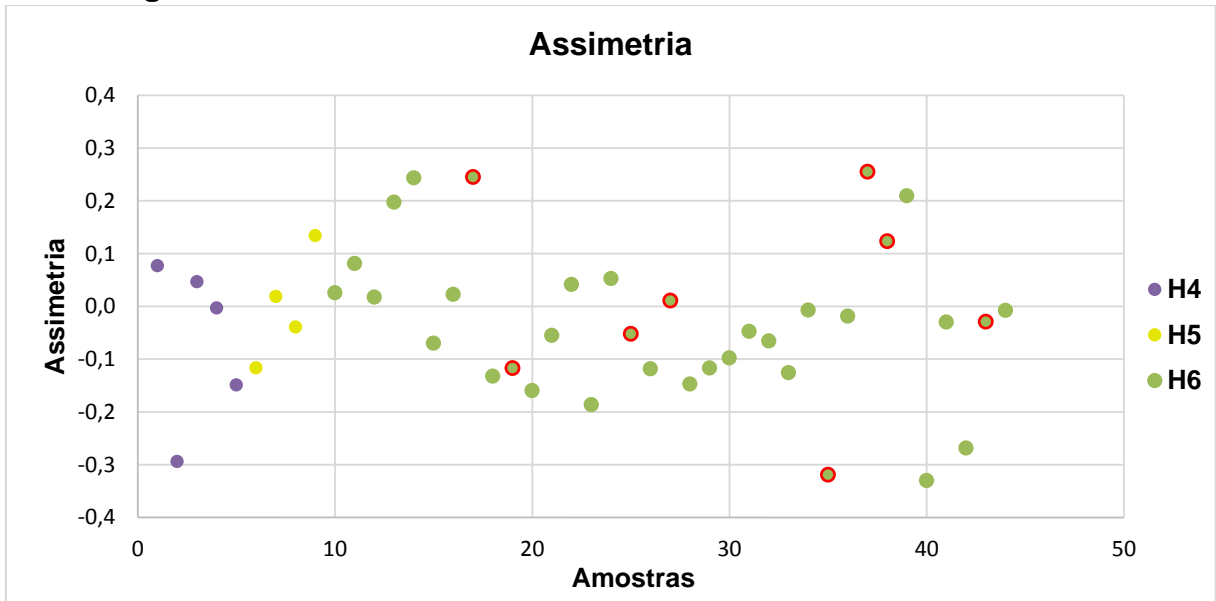


Figura 31: Gráfico de dispersão com valores de assimetria das curvas de distribuição de cada amostra. Os pontos em vermelho indicam amostras bimodais. As demais cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). Destacam-se maiores valores de assimetria positiva no início do sistema H6.

- Região Sul II

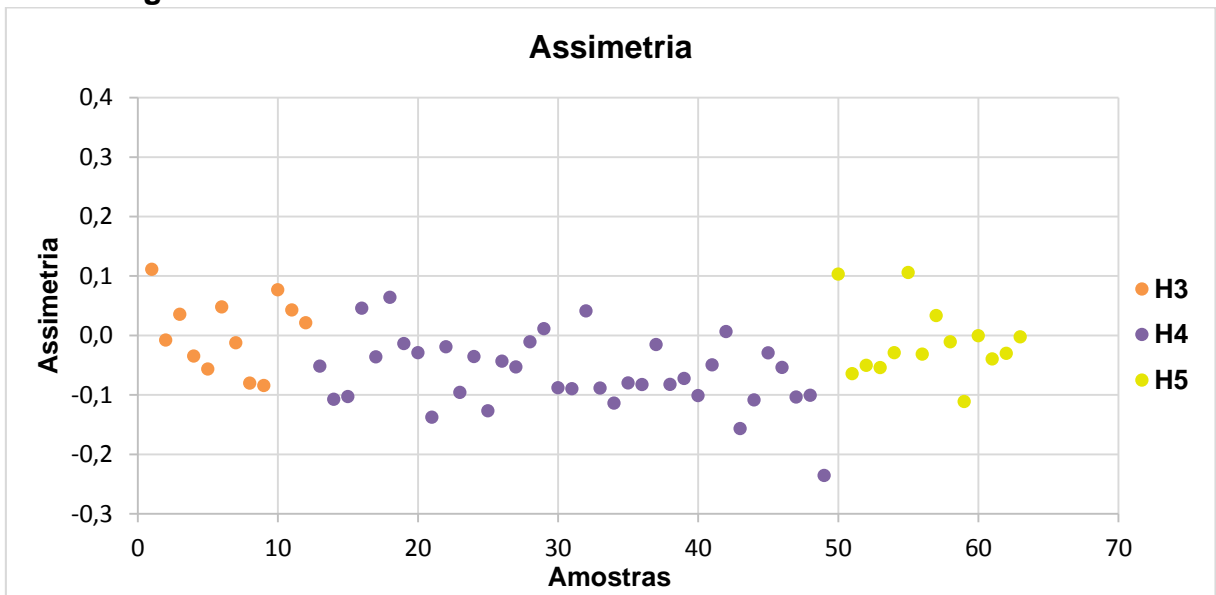


Figura 32: Gráfico de dispersão ilustrando o grau de assimetria das curvas de distribuição granulométrica de cada amostra. As cores distintas representam diferentes sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). Notar a ausência de amostras bimodais e a predominância quase absoluta de distribuições simétricas.

4.5 Graus de arredondamento e esfericidade

De forma geral, a porção norte do delta do rio Paraíba do Sul apresentou sedimentos com baixos graus de arredondamento. Nessa mesma região, entretanto, ocorrem amostras sub-arredondadas nos sistemas H5 e H6 (Figura 35). Quanto à esfericidade, as amostras são majoritariamente esféricas. Ocorrem algumas classificadas como sub-primoidais, no início do sistema H4, e sub-discoidais, em todos os sistemas, exceto o H3 (Figura 36).



Figura 33: Sedimentos da região norte do delta (sistema H6) com grau de arredondamento 1,5 (angular). Notar as inúmeras faces pontiagudas dos grãos.



Figura 34: Sedimentos da região Sul I do delta (sistema H6) com grau de arredondamento 3,5 (sub-arredondado). Notar as faces dos grãos com contornos mais suaves e arredondados.

Na região Sul I, as amostras do sistema H4 são predominantemente sub-angulares. O sistema H5 apresenta amostras variando entre sub-angulares a arredondadas. O sistema H6 apresenta amostras predominantemente sub-arredondadas. Os sedimentos mostraram-se, em grande parte, sub-prismoidais (Figuras 37 e 38).

Na região Sul II, o grau de arredondamento varia entre sub-angular a arredondado até, aproximadamente, a amostra 20. A partir daí, no sistema H4, ocorre uma queda muito bem marcada no grau de arredondamento das amostras, que passa a variar entre angular a sub-angular até o final do sistema H4. No início do sistema H5, observa-se uma elevação no grau de arredondamento, que varia entre sub-arredondado a arredondado. Quanto à esfericidade, a maior parte das amostras são classificadas como sub-prismoidais, com ocorrência de algumas consideradas esféricas e sub-discoidais ao longo da amostragem. (Figuras 39 e 40).

- Região Norte

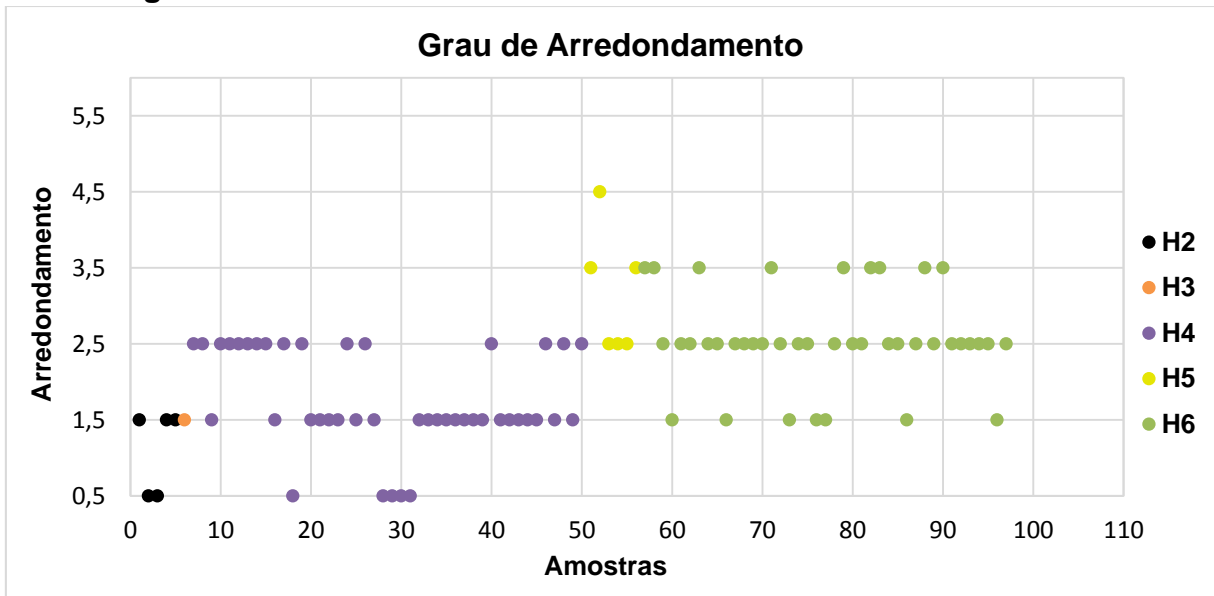


Figura 35: Gráfico de dispersão com valores de arredondamento da fração areia grossa de cada amostra. As diferentes cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). Notar aumento no grau de arredondamento nos sistemas H5 e H6.

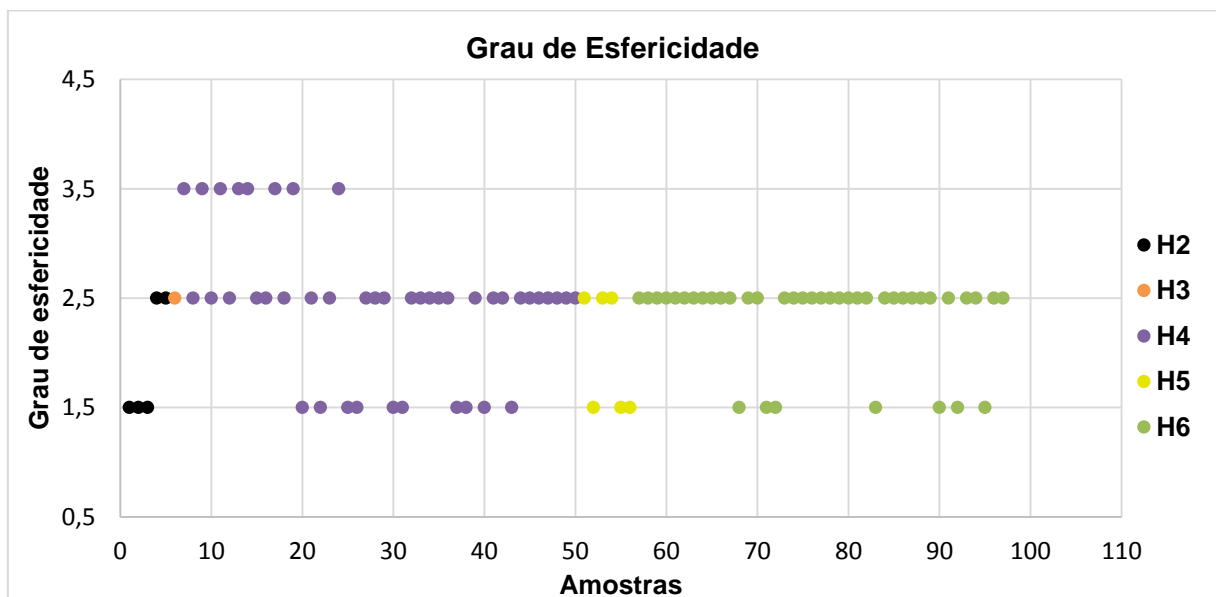


Figura 36: Gráfico de dispersão com valores de esfericidade da fração areia grossa de cada amostra. As diferentes cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). Notar a predominância de grãos esféricos, com ocorrência de poucos grãos sub-prismoidais, no início do sistema H4, e grãos sub-discoidais em todos os sistemas, exceto o H3.

- Região Sul I

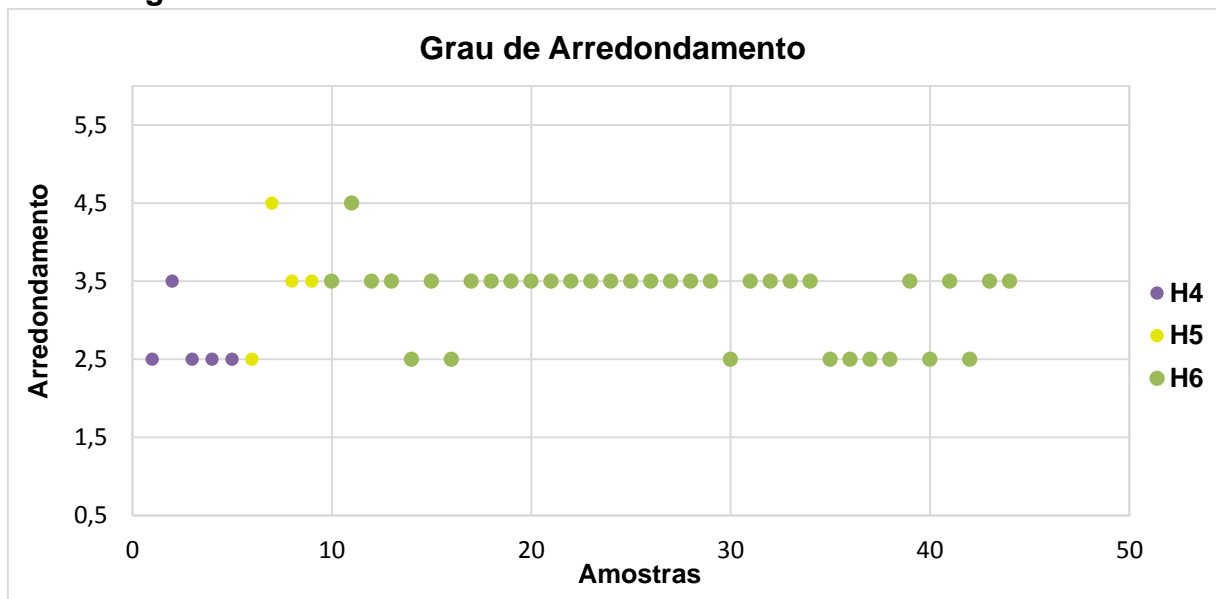


Figura 37: Gráfico de dispersão com valores de arredondamento da fração areia grossa de cada amostra. As diferentes cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). O sistema H4 apresenta grãos sub-angulares. Os sistemas H5 e H6 apresentam um maior grau de arredondamento, com praticamente todas as amostras classificadas como sub-arredondadas.

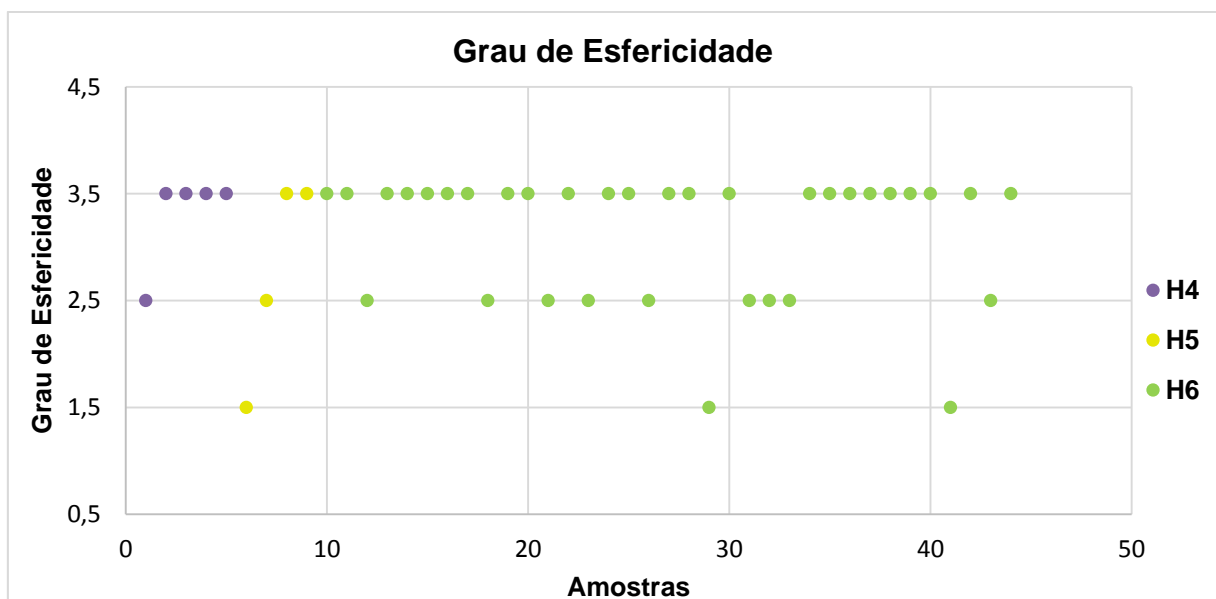


Figura 38: Gráfico de dispersão com valores de esfericidade da fração areia grossa de cada amostra. As diferentes cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). Grande parte das amostras é classificada como sub-prismoidal (3,5), com ocorrência de poucas caracterizadas como esféricas nos três sistemas amostrados. Ocorrem apenas três amostras sub-discoidais, nos conjuntos H5 e H6.

- Região Sul II

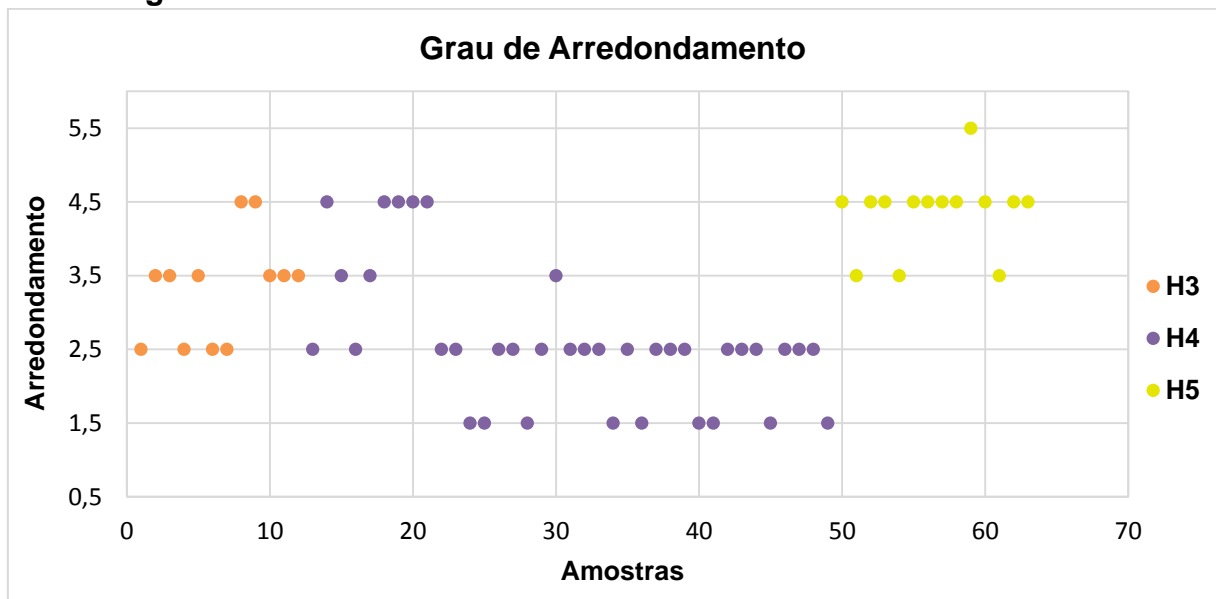


Figura 39: Gráfico de dispersão ilustrando o grau de arredondamento da fração areia grossa de cada amostra. As diferentes cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). Notar as “quebras” do padrão de variação logo após a amostra 20 (sistema H4), onde as amostras passam a apresentar baixos graus de arredondamento e, após a amostra 50, na mudança do sistema H4 para o H5, quando mostram um aumento em seu arredondamento, passando a ser sub-arredondadas a arredondadas.

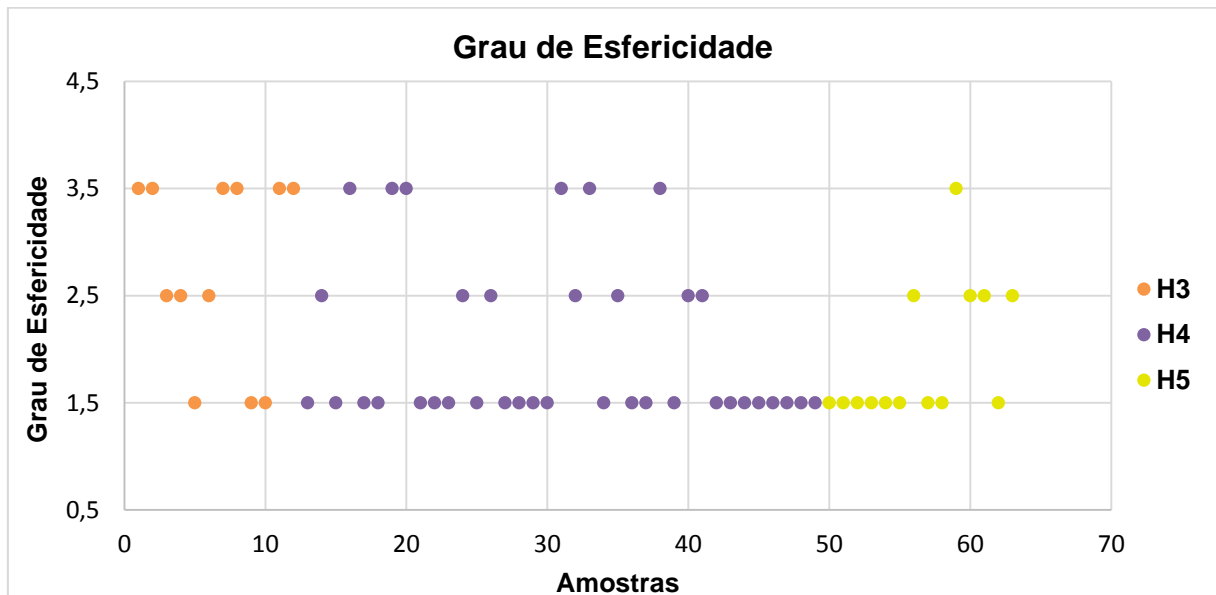


Figura 40: Gráfico de dispersão com valores de esfericidade da fração areia grossa de cada amostra. As diferentes cores representam os sistemas de cordões arenosos interpretados por Tomaz (2005). As amostras variam entre sub-prismoidais a sub-discoidais em todos os sistemas.

5. DISCUSSÃO

Região	Observações Gerais
Norte	<p><u>Bimodalidade</u> em todos os sistemas analisados (exceto H3);</p> <p>Variações em curtos espaços de tempo;</p> <p>Alto grau de dispersão dos pontos.</p>
Sul I	<p><u>Bimodalidade</u> somente no sistema H6;</p> <p>Variações graduais ao longo do tempo;</p> <p>Sistema H4 com grandes proporções de areias finas, <u>leptorcúrticas</u> e moderadamente bem selecionadas (marinhas).</p>
Sul II	<p>Ausência de amostras bimodais;</p> <p>Parâmetros granulométricos constantes;</p> <p>Queda no grau de arredondamento dos grãos em parte do sistema H4.</p>

Figura 41: Figura sintetizando principais características em cada região analisada e sua relação com o rio Paraíba do Sul.

5.1 Região Norte

A análise dos gráficos das análises granulométricas nessa região permite notar (Figuras 21, 24, 27 e 30) a ocorrência de amostras com distribuições bimodais (marcadas em vermelho) ao longo dos sistemas H4, H5 e H6. Este fato é de grande interesse, visto que a bimodalidade indica mistura de diferentes populações (Suguio, 1973), o que poderia indicar a presença de amostras com sedimentos oriundos de fontes ou agentes de transporte distintos. Sedimentos bimodais, entretanto, também podem ocorrer por variações de energia em um único agente de transporte, podendo, nesse caso, ser indicativos de variações de energia do próprio rio Paraíba do Sul. Também se nota que a grande quantidade de amostras classificadas como “moderadamente selecionadas” em todos os sistemas de cordões amostrados nessa

região, indicando um relativo baixo grau de seleção nas amostras, possivelmente devido à maior contribuição fluvial nos sedimentos dessa área.

Foram observadas variações na curtose das amostras do sistema H5 e as primeiras amostras do sistema H6. Observam-se os mais baixos valores para a curtose nessa faixa, característica que, segundo Suguio (1973), indica que o sedimento pode ter sido selecionado em uma região de alta energia e transportado para outra, onde se misturou com outro tipo de material sob diferentes condições de energia. Analisando-se a curva de variação do nível relativo do mar (Figura 16) e o trabalho de Tomaz (2005), conclui-se que o sistema H5 está localizado próximo à uma área pantanosa cuja formação foi atribuída por Tomaz (2005) ao período de elevação do nível do mar que atingiu seu pico há 2.500 anos A.P. (Martin *et al.*, 1993). Como este período é caracterizado por uma transgressão marinha, é provável que haja ocorrido mistura de sedimentos erodidos de antigos depósitos costeiros com material de origem fluvial, explicando as curvas platicúrticas.

Na morfoscopia, a análise dos graus de arredondamento mostra uma elevação nos graus de arredondamento na mudança da sequência H4 para as sequências H5 e H6. Na primeira, os valores concentram-se na faixa de 1,5 (angulares) a 2,5 (sub-angulares), mudando para a faixa de 1,5 (angulares) a 3, (sub-arredondadas) nos sistemas seguintes, possivelmente indicando aumento na contribuição marinha nesses dois sistemas (H5 e H6). Ao contrário do trabalho de Martin *et al.* (1984), que também encontrou sedimentos sub-arredondados em áreas correspondentes ao sistema H4, areias sub-arredondadas só ocorrem nos sistemas H5 e H6.

Além disso, todas as sequências e parâmetros apresentam resultados com grande dispersão. Isto ocorre provavelmente pela alternância no predomínio da fonte das areias nessa porção do delta, tanto fluviais quanto advindas da deriva litorânea.

Martin *et al.* (1984) sugerem tal alternância entre fontes para as areias dos cordões holocênicos da porção ao norte do rio Paraíba do Sul, que ocorreria como consequência das constantes variações de energia do rio Paraíba do Sul, intensificando ou reduzindo a ação do efeito molhe (Figura 17). Esses autores, entretanto, descrevem a ocorrência de amostras bem a muito bem arredondadas nessa região, só encontradas em uma amostra no presente trabalho.

5.2 Região Sul I

Os sistemas H4 e H5 não apresentaram bimodalidade, fato que, entretanto, possivelmente se dá pela pequena quantidade de amostras coletadas nesses sistemas de cordões. No sistema H6 cerca de 20% das amostras coletadas são bimodais, o que sugere variações de energia no agente de transporte desses sedimentos (Martins, 2003; Friedman, 1961) ou uma interação maior entre os agentes de transporte fluvial e deriva litorânea no período de evolução mais recente do delta.

A pequena amostragem nos sistemas H4 e H5 torna difícil estabelecer padrões de variação nessas amostras. Entretanto, o sistema H4 apresenta uma média de areias finas, moderadamente bem selecionadas e leptocúrticas, em geral típicas de ambientes praias (Martins, 1965). Já no sistema H5, ocorrem areias mais grossas, com valores crescentes de assimetria positiva (tipicamente fluviais segundo Martins, 1965), além de curvas mesocúrticas, indicando que, em relação às amostras do sistema anterior, houve uma redução nas características marinhas do sedimento, possivelmente devido à maior contribuição fluvial.

A análise do arredondamento mostrou sedimentos sub-angulares no sistema H4, ao contrário do esperado, visto que as areais se mostram predominantemente marinhas. Nos sistemas H5 e H6 predominam sedimentos sub-arredondados.

5.3 Região Sul II

A região Sul II, localizada próximo à Farol de São Tomé, mostrou características granulométricas distintas das regiões anteriores. Primeiramente, não ocorrem amostras bimodais nesta região, o que pode indicar um agente de transporte menos sujeito a variações de energia (Martins, 2003; Friedman, 1961) ou que essa região não receba sedimentos transportados por agentes distintos.

Nota-se uma constância bem marcada nos parâmetros analisados (Figuras 23, 26, 29 e 32), que tendem a se manter em uma faixa de variação muito pequena. O desvio padrão se mantém entre 0,6 e 0,7 durante quase todo o campo amostral, indicando amostras moderadamente bem selecionadas. Os valores de curtose encontram-se concentrados na faixa entre 0,9 e 1,1, caracterizando as distribuições granulométricas como mesocúrticas, ou seja, próximas de uma distribuição normal. Já os graus de assimetria mostraram-se essencialmente negativos e variam, em sua maioria, entre -0,1 e +0,1, indicando distribuições simétricas. Quanto ao tamanho médio dos grãos, nota-se uma tendência geral de diminuição gradual ao longo do tempo, variando de areias grossas à médias inferiores. Uma hipótese para tal constância nesses parâmetros é a de que, por se localizar em uma porção relativamente distante do rio e à barlamar da direção do transporte litorâneo por correntes de deriva (Dominguez *et. al*, 1983), essa região possua dominância absoluta de apenas um agente de transporte, nesse caso, a deriva litorânea.

Quanto à análise morfoscópica, destaca-se a queda expressiva no grau de arredondamento dos sedimentos do sistema H4, que passam a ser angulosos e sub-angulosos, só voltando a subir na mudança para o sistema H5, quando passam a variar de sub-arredondados a arredondados. (Figura 39). Essa queda mostra que, ao contrário do que Martin *et. al* (1984) afirmam, ocorrem amostras com baixos graus de arredondamento na região ao sul do rio Paraíba do Sul. Tal mudança na angulosidade do sedimento pode indicar que, apesar do agente de transporte desses sedimentos se manter o mesmo, visto que não há alterações expressivas nos parâmetros granulométricos, a fonte desses sedimentos tenha mudado. Uma possível fonte para esses sedimentos são depósitos fluviais da planície flúvio-lagunar localizada ao sul dessa região (Figura 42). Uma futura análise mineralógica dessas areias seria necessária para determinar se, de fato, há alguma mudança de fonte nessas amostras.

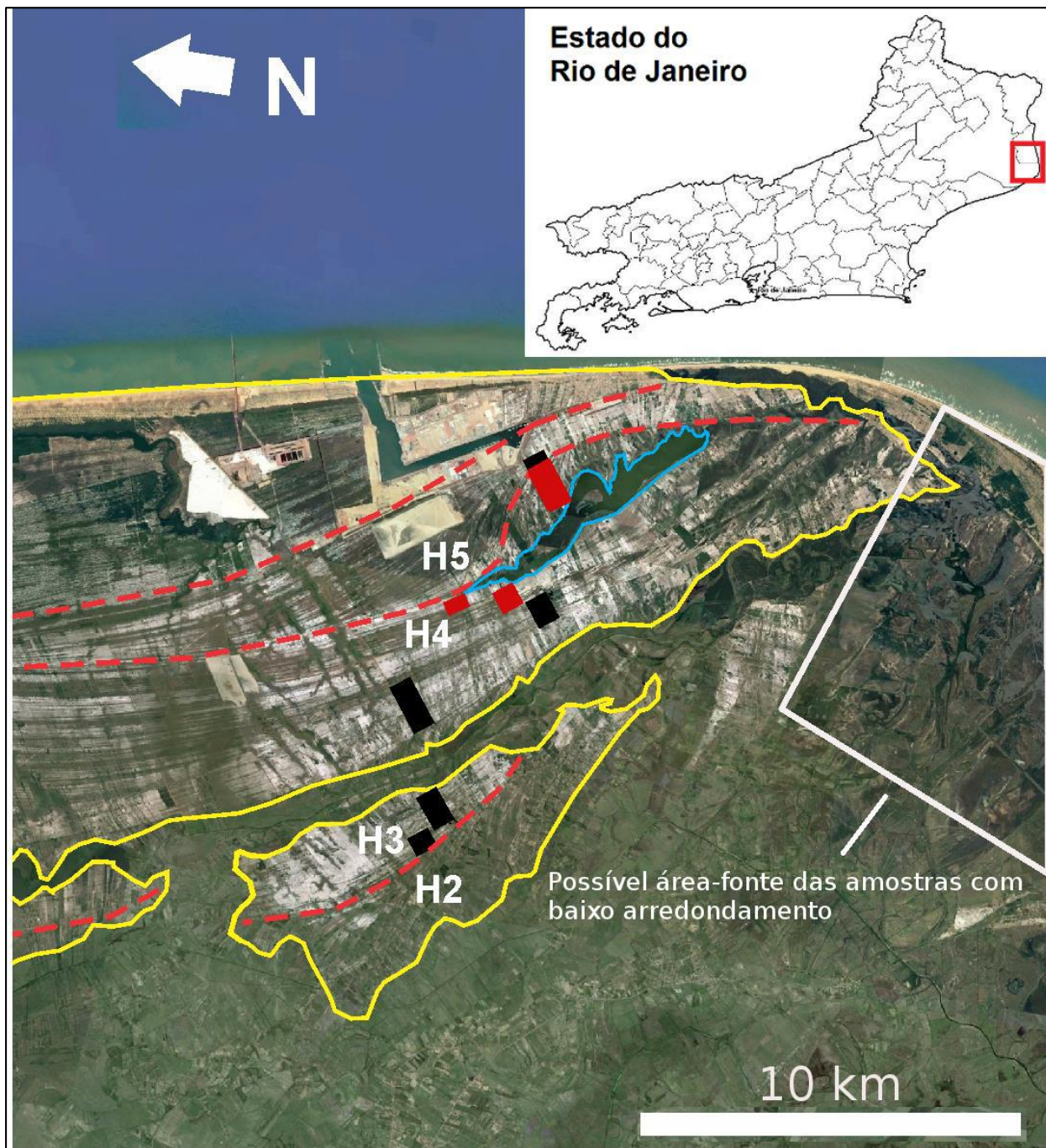


Figura 42: Imagem destacando (polígono branco) possível área-fonte para os sedimentos com baixo grau de arredondamento (localizados nos traços hachurados em vermelho) presentes no sistema de cordões arenosos H4, próximo à Lagoa Salgada (destacada em azul). Traços pretos indicam as seções locais de amostragem. Linhas vermelhas pontilhadas delimitam os sistemas de cordões (identificados em branco) definidos por Tomaz (2005). Linhas amarelas contínuas demarcam as principais planícies de cordões arenosos. (Fonte: Google Earth, 2016).

Outra informação acerca do sentido de trânsito litorâneo de sedimentos pode ser obtida ao olhar com detalhe os cordões arenosos e lagoas desta área. Com mesma orientação (NO-SE) e localizada a sudoeste da Lagoa Salgada, uma antiga

lagoa, já parcialmente assoreada, mostra um padrão de fechamento e morfologia de cordões arenosos adjacentes muito semelhante aos observados na primeira. É possível notar a mesma forma pontiaguda na porção mais noroeste de ambas. Além disso, a conformação dos cordões arenosos depositados ao norte dessas lagoas é muito semelhante, sendo inicialmente curvados em direção às mesmas (concavidade para Sul) e passando a ter curvatura para fora destas (concavidade para Norte) à medida em que se aproximam de sua porção mais noroeste e do fechamento desses corpos aquosos (Figura 43). Estas observações reafirmam a hipótese de grande contribuição de sedimentos transportados por correntes de deriva vindas do Sul nessa região.

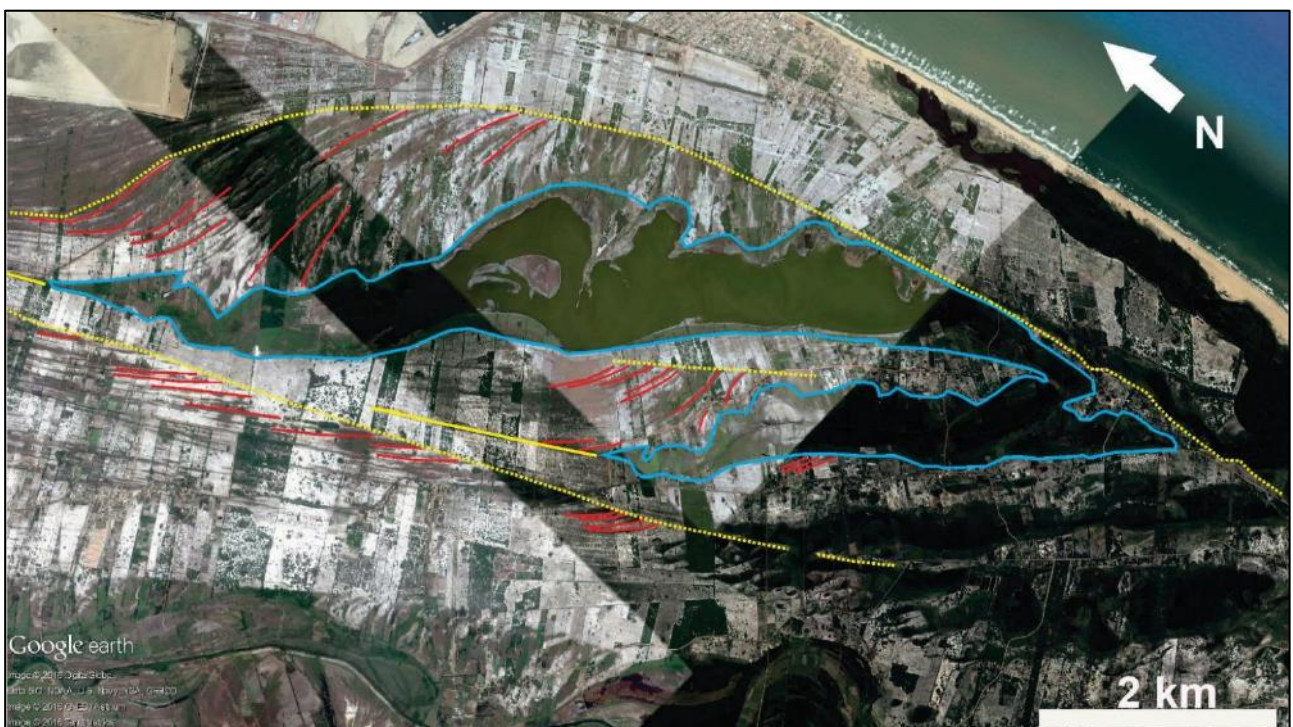


Figura 43: Mapeamento mostrando semelhança no padrão de fechamento da Lagoa Salgada e de uma antiga lagoa menor (destacadas em azul) parcialmente assoreada. Notar o formato pontiagudo em ambas nas porções onde ocorre seu fechamento por cordões arenosos (destacados em vermelho), também depositados com uma morfologia muito semelhante nos dois casos. Em amarelo destacam-se superfícies de erosão (linhas pontilhadas) e deposição (linhas contínuas).

6. CONCLUSÕES

É possível concluir que as regiões Norte e Sul I estão sob maior influência do rio Paraíba do Sul e eventuais variações em seu nível de descarga, visto que os parâmetros granulométricos das amostras coletadas nessas regiões mostraram-se muito variáveis. Na região Norte, entretanto, os sistemas H5 e H6 apresentaram maiores graus de arredondamento, possivelmente por um aumento da influência marinha nesses sistemas.

Além disso, os resultados sugerem que a região Sul II esteja sob grande ou total influência de sedimentos transportados pelas correntes de deriva litorânea. Isso se dá, provavelmente, devido à grande distância que separa a desembocadura do rio Paraíba do Sul dessa região que, além disso, está à barlamar das correntes de deriva. Entretanto, é possível que haja ocorrido uma mudança de fonte dos sedimentos no período de deposição de boa parte do sistema H4, depositado entre 3.600 e 2.700 anos A.P (Tomaz, 2005), visto a expressiva queda no grau de arredondamento dos grãos sem que se notem quaisquer alterações nos parâmetros granulométricos nas amostras desse sistema.

A análise dos graus de arredondamento como discriminantes do agente deposicional do sedimento mostrou resultados semelhantes aos do trabalho de Martin *et al.* (1984). Entretanto, amostras do sistema H4, na região Sul II do delta, apresentaram baixos graus de arredondamento, ao contrário do que aponta o estudo de Martin *et al.* (1984), que caracteriza areias da região ao sul da desembocadura do rio Paraíba do Sul como bem arredondadas. A análise da esfericidade das amostras não apresentou padrões ou variações expressivas que permitissem interpretações acerca deste parâmetro.

É possível concluir também que as variações nas características granulométricas e morfoscópicas do sedimento nem sempre respeitam os limites das sequências definidas por Tomaz (2005). Porém, em alguns casos, ocorrem nítidas relações entre mudanças de sequência e alterações nos parâmetros estudados. Isso ocorre principalmente na mudança entre os sistemas H4 e H5, nas três regiões analisadas (Figuras 22, 27, 35 e 39).

Por fim, conclui-se que, de fato, o delta do rio Paraíba do Sul não se enquadra nos modelos clássicos de deltas dominados por ondas. Fica clara a importância do papel desempenhado pela deriva litorânea no desenvolvimento dessa planície deltaica, visto as grandes quantidades de sedimentos supridos por esse agente. Dessa forma, análises futuras acerca desses cordões arenosos, como estudos granulométricos, texturais e mineralógicos em escala de maior detalhamento se dão necessários para um melhor entendimento da evolução dessa planície deltaica.

7. Referências Bibliográficas

- ANP. Boletim da produção de petróleo e gás natural, n.58. 2015.
- ARAI, M. A grande evolução eustática do Mioceno e sua influência na origem do Grupo Barreiras. *Geologia USP Série Científica*, São Paulo, v.06, n.02, p.01-06. 2006.
- BACOCOLI, G. Os deltas marinhos holocênicos brasileiros – uma tentativa de classificação. *Boletim Técnico da Petrobras. DIVEX/DEXPRO*, Rio de Janeiro, v.14, p.05-38. 1971.
- BATES, C.C. Rational theory of delta formation. *Boletim da Associação Americana de Geólogos do Petróleo*. v.37, 9ª ed., p.2119-2162. 1953.
- BHATTACHARYA, J.P. Deltas. In: Posamentier, H.W. & Walker, R.G. (eds). *Facies models revised*. SEPM Publication, Tulsa (USA), 532p. 2006.
- BHATTACHARYA, J.P.; GIOSAN, L. Wave-influenced deltas: geomorphological implications for facies reconstruction. *Sedimentology*, v.50, p.187-210. 2003.
- BITENCOURT, R.P. Contribuição à análise de fácies de uma sucessão estratigráfica no delta do Rio Paraíba do Sul (RJ). 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- BLOTT, S.J.; PYE, K. GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, v.26, p.1237-1248. 2001.
- BRÊDA, T.C.; MELLO, C.L.; GOMES, B.L. Paleoambiente deposicional da Formação Barreiras na porção centro-sul da área emersa da Bacia de Campos (Rio de Janeiro). XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA. 2011.
- CAILLEUX, A.; TRICART, J. *Initiation à l'étude des sables et des galets*. Centro de Documentação Universitária, Paris, 376 p. 1959.
- CHARVIN, K.; HAMPSON, G. J.; GALLAGHER, K. L.; LABOURDETTE, R. Intra-parasequence architecture of an interpreted asymmetrical wave-dominated delta. *Sedimentology*, v.57, p.760-785. 2010.
- COLEMAN, J. M. *Deltas: Processes of Deposition and Models for Exploration*. 2ª ed. Boston: International Human Resources Development Corporation, 124p. 1982.
- COLEMAN, J.M; WRIGHT, L.D. Modern river deltas: variability of processes and sand bodies. In: BROUSSARD, M.L. (ed). *Deltas: models for exploration*, p.99-149. 1975.
- CPRM. *Geologia do Estado do Rio de Janeiro*. Brasília. 2001.
- DOMINGUEZ, J.M.L. Delta dominados por ondas: críticas às ideias atuais com referência particular ao modelo de Coleman & Wright. *Revista Brasileira de Geociências*, Rio de Janeiro, v.20, p.352-361. 1990.
- DOMINGUEZ, J.M.L. The São Francisco strandplain: a paradigm for wave-dominated deltas? *London Geological Society Special Publication*, v.117, p.217-231. 1996.
- DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L. O papel da deriva litorânea de sedimentos arenosos na construção das planícies costeiras associadas à desembocadura dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, Rio de Janeiro, v.13, n.02, p.93-105. 1983.

- ETHRIDGE, F.G. & WESCOTT, W.A. Tectonic setting, recognition and hydrocarbon reservoir potential of fan-delta deposits. In: KOSTER, E.H.; STEEL, R.J. (eds.). *Sedimentology of Gravels and Conglomerates*. Mem. CSPG 10, p.217-235. 1984.
- FISHER, W.L.; BROWN Jr., L.F.; SCOTT, A. J.; Mc GOWEN, J.H. Delta systems in the exploration of oil and gas. Bureau of Economic Geology, Universidade do Texas, 212p. 1969.
- FOLK, R.L. *Petrology of Sedimentary rocks*. 2ª ed. Austin: Hemphill Publ. Co., 184p. 1974.
- FOLK R.L., WARD, W.C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.27, p.3–26.1957.
- FRIEDMAN, G.M. Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics: *Journal of Sedimentary Petrology*, v.31, p.514-529. 1961.
- FRIEDMAN, G.M. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.37, n.02, p.327-354. 1967.
- HAMPSON, G. J.; HOWELL, J. A. Sedimentologic and geomorphic characterization of ancient wave-dominated deltaic shorelines: Upper Cretaceous Blackhawk Formation, Book Cliffs, Utah. In: BHATTACHARYA, J.P.; GIOSAN, L. (eds.). *River Deltas – Concepts, Models, and Examples*. SEPM Special Publication, n.83, p.133-154. 2005.
- HEWARD, A.P. A review of wave-dominated clastic shoreline deposits. *Earth Science Reviews*, v.17, p.223-276. 1981.
- HOLMES, A. *Principles of Physical Geology*. 2ª ed. Thomas Nelson, Londres, 1288p. 1965.
- JESUS, L.V., ANDRADE, A.C.S. Parâmetros granulométricos de sedimentos da praia dos Artistas - Aracaju-SE. *Scientia Plena, Sergipe*, v.09, n.05. 2013.
- MARENGO, J.A.; ALVES L.M. Tendências hidrológicas da Bacia do Rio Paraíba do Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.20, n.02, p.215-226. 2005.
- MARTIN, L.M.; FLEXOR, J.-M. Porque a planície costeira do rio Paraíba do Sul não pode ser denominada de “clássico delta dominado por ondas”. *Anais do 1º Simpósio de Geologia Regional RJ-ES*. 1987.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.-M. As flutuações do nível do mar durante o Quaternário superior e a evolução geológica de “deltas” brasileiros. *Boletim de Geociências da USP, São Paulo*, v.15, p.1-186. 1993.
- MARTIN, L; SUGUIO, K; DOMINGUEZ, J.M.L.; FLEXOR, J.M. *Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Estado do Espírito Santo*. CPRM/Belo Horizonte, 112p. 1997.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.-M.; DOMINGUEZ, J.M.L.; AZEVEDO, A.E.G. Evolução da planície costeira do rio Paraíba do Sul (RJ) durante o Quaternário: influência das variações do nível do mar. *Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro*. 1984.
- MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.-M.; TESSLER, M.G.; EICHLER, B.B. Significado geológico das variações dos graus de arredondamento das areias holocênicas da planície costeira do rio Paraíba do Sul, RJ. *Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro*, p.84-97. 1984.
- MARTINS, L.R. Significance of skewness and kurtosis in environmental interpretation. *Journal of Sedimentary Petrology*, v.35, n.01, p.768-770. 1965.

- MARTINS, L.R. Recent Sediments and Grain size analysis: *Revista Gravel*, Porto Alegre, p.90-105. 2003.
- MCPHERSON, J.G.; SHANMUGAM G.; MOIOLA R.J. Fan-deltas and braid deltas: Varieties of coarse-grained deltas. *Boletim da Sociedade Americana de Geologia*. 1987.
- MURILLO, V.C. Distribuição sedimentar na plataforma continental interna e suas implicações para o desenvolvimento das cristas de praia na desembocadura do rio Paraíba do Sul. 2008. Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geofísica Marinha, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.
- NEMEC, W. Deltas – remarks on terminology and classification. In: COLELLA, A. & PRIOR, D.B. (eds.). *Coarse-grained deltas*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 357p. 1990.
- NEMEC, W. & STEEL, R.J. *Fan deltas: sedimentology and tectonic setting*. 1988.
- ORTON, G.J. A spectrum of Middle Ordovician fan deltas and braidplain deltas, North Wales: a consequence of varying fluvial clastic input. In: NEMEC, W.; STEEL, R.J. (eds.). *Fan deltas: sedimentology and tectonic setting*, p.23-49. 1988.
- POSTMA, G. Depositional architecture and facies of river and fan deltas: a synthesis. In: COLELLA, A. & PRIOR, D.B. (eds). *Coarse-grained deltas*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 357p. 1990.
- POWERS, M.C. Comparison chart for estimating roundness and sphericity. *AGI Data Sheets*. 3ª ed. American Geological Institute. 1989.
- SILVA, C.G. Estudo da evolução geológica e geomorfológica da região da Lagoa Feia, RJ. 1987. Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- SILVA, C.G.; BASTOS, A.C. Caracterização morfodinâmica do litoral Norte Fluminense, RJ, Brasil. *Revista Brasileira de Oceanografia*, v.48(1), p.41-60. 2000.
- SUGUIO, KENITIRO. *Introdução à Sedimentologia*. Edgard Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo, 317p. 1973.
- SUGUIO, K.; MARTIN.L.; ABÍLIO C.S.P. BITTENCOURT; JOSÉ. M.L. DOMINGUEZ; FLEXOR. J-M.; AZEVEDO. E.G.A Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, Rio de Janeiro, v.15, p.273-286. 1985.
- SYVITSKI, J.P.M., HARVEY, N., WOLLANSKI, E., BURNETT, W.C., PERILLO, G.M.E., GORNITZ, V. Dynamics of the Coastal Zone. In: CROSSLAND, C.J., KREMER, H.H., LINDEBLOOM, H.J., CROSSLAND, J.I.M., LE TISSIER, M.D.A. (eds.). *Coastal Change and the Anthropocene: The Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone Project of the International Geosphere-Biosphere Programme*. Global Change - The IGBP Series. Springer, p.39-94. 2005.
- TOMAZ, E.A. Mapeamento de paleocanais ao longo da planície costeira do rio Paraíba do Sul e plataforma continental da bacia de Campos e sua possível relação com a evolução do canyon Almirante Câmara. 2005. Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- WALKER, R.G., PLINT, A.G. Wave- and storm-dominated shallow marine systems. In: WALKER R.G., JAMES. N.P. (eds.). *Facies models response to sea-level changes*: St. John's, Newfoundland, Canadá. Geological Association of Canada, p.219–238. 1992.
- WINTER, R.W.; JAHNERT, R.J.; França, A.B. Bacia de Campos. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v.15, n.02, p.511-529. 2007.

WRIGHT, L.D. River Deltas. In: Davis, R.A., Jr. (ed). Coastal sedimentary environments. Springer Verlag, p.5-68. 1978.

WRIGHT, L.D.; COLEMAN, J.M. Variations in morphology of major river deltas as function of ocean wave and river discharge regimes. Boletim da Associação Americana de Geólogos do Petróleo. v.57, 2ª ed., p.370-398. 1973.