

*Dedico este trabalho à costa do Rio Grande do Sul,  
um imenso laboratório de trabalho.*

“O conflito real da praia não está entre o mar e a costa, pois esta é apenas uma briga de amantes, mas entre o homem e a natureza.”

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho. Em primeiro lugar, a minha mãe e ao meu pai, em memória, que sempre proporcionaram as melhores condições para o meu desenvolvimento pessoal e científico. À minha irmã e grande amiga Marília. Ao meu padrasto, Hernando Bernardelli que sempre se mostrou compreensivo e disposto a ajudar nas horas necessárias. Ao meu tio Daniel pelo incentivo, interesse e atenção demonstrados por mim e pelo meu trabalho. À grande amiga Joselita por todos os conselhos indispensáveis para meu crescimento pessoal. Ao Bruno que sempre esteve ao meu lado, ajudando no que foi preciso.

Ao meu orientador e grande amigo Prof. Dr. Lauro Júlio Calliari, o qual me iniciou no estudo da zona costeira, sempre demonstrando grande interesse no meu crescimento como pessoa, aluna e pesquisadora. Ao Prof. Dr. Nicolai Speranski pela amizade, sugestões e conselhos sempre nos momentos certos, e jamais esquecidos.

Ao Prof Dr. Paul Kinas pelos esclarecimentos na parte estatística e pela forma muito atenciosa pela qual sempre me atendeu.

Agradeço também aos grandes colegas de mestrado, amigos e funcionários do LOG. Ao Pedro Pereira, Antiqueira, Allan, Renato Lélis, Cristian, Marina, Baiano, Regina, Débora, Andrea, Manuel e Gilberto, as incansáveis laboratoristas Neusa e Glória, a comissão de curso de pós-graduação, em especial ao Prof. Osmar, Prof. Sarkis e ao Clabisnei, por terem sempre se mostrado dispostos a ajudar nos momentos mais difíceis, sugestões e críticas e pela amizade demonstrada.

À FURG por oferecer as condições necessárias para um estudo de qualidade.

Ao CNPq pela bolsa concedida.

## SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>III</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>X</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>X</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Objetivos</b> .....	<b>2</b>
1.1.1 Objetivo Geral .....	2
1.1.2 Objetivos Específicos .....	2
<b>2. ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Aspectos gerais da área de estudo</b> .....	<b>4</b>
<b>Climatologia da Região</b> .....	<b>4</b>
<b>Regime de Ventos</b> .....	<b>5</b>
<b>Regime de Ondas e Marés</b> .....	<b>6</b>
<b>Deriva Litorânea</b> .....	<b>8</b>
<b>Caracterização dos Sedimentos da Costa do RS</b> .....	<b>9</b>
<b>Características Morfodinâmicas das Praias</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2 Características dos sistemas lagunares e fluviais do RS</b> .....	<b>12</b>
2.2.1 Rio Mampituba .....	12
2.2.2 Lagunas de Tramandaí e Armazém .....	13
2.2.3 Laguna dos Patos .....	18
2.2.4 Arroio Chuí.....	23
<b>3. ESTUDOS RELACIONADOS</b> .....	<b>26</b>
<b>3.1 Textura Sedimentar</b> .....	<b>26</b>
<b>3.2 Morfodinâmica Praial</b> .....	<b>31</b>
<b>3.3 Presença de Estruturas de Fixação de Desembocaduras</b> .....	<b>32</b>
<b>3.4 Dinâmica Sedimentar nas Desembocaduras</b> .....	<b>34</b>
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	<b>36</b>
<b>4.1 Amostragem</b> .....	<b>36</b>
4.1.1 Amostragem no ambiente praial .....	36
4.1.2 Morfodinâmica Praial .....	41
4.1.3 Amostragem no canal de comunicação da Laguna dos Patos e o oceano.....	43
4.1.4 Amostragem na plataforma interna junto à desembocadura da Laguna dos Patos .....	44
<b>4.2 Processamento das Amostras</b> .....	<b>45</b>
<b>4.3 Análise Granulométrica</b> .....	<b>46</b>
4.3.1 Análise das tendências ao longo da praia .....	47
4.3.2 Diferenciação entre subambiente praias .....	48
<b>4.4 Análise Fatorial Modo-Q</b> .....	<b>48</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>51</b>

<b>5.1 Distribuição Longitudinal dos Sedimentos .....</b>	<b>51</b>
5.1.1 Praias adjacentes ao Rio Mampituba .....	51
5.1.2 Praias adjacentes à Laguna de Tramandaí .....	56
5.1.3 Praias adjacentes à Laguna dos Patos .....	60
5.1.4 Praias adjacentes ao Arroio Chuí .....	67
<b>5.2 Percentuais de cada classe de tamanho de grão .....</b>	<b>71</b>
5.2.1 Praias adjacentes ao Rio Mampituba .....	71
5.2.2 Praias adjacentes à Laguna de Tramandaí .....	72
5.2.3 Praias adjacentes à Laguna dos Patos .....	73
5.2.4 Praias adjacentes ao Arroio Chuí .....	80
<b>5.3 Análise das tendências texturais ao longo da costa .....</b>	<b>81</b>
5.3.1 Praias adjacentes ao Rio Mampituba .....	81
5.3.2 Praias adjacentes à Laguna de Tramandaí .....	85
5.3.3 Praias adjacentes à Laguna dos Patos .....	88
5.3.4 Praias adjacentes ao Arroio Chuí .....	94
<b>5.4 Distribuição transversal dos sedimentos .....</b>	<b>98</b>
5.4.1 Praias adjacentes ao Rio Mampituba .....	98
5.4.2 Praias adjacentes à Laguna de Tramandaí .....	102
5.4.3 Praias adjacentes à Laguna dos Patos .....	105
5.4.4 Praias adjacentes ao Arroio Chuí .....	110
<b>5.5 Amostras junto à desembocadura da Laguna dos Patos .....</b>	<b>112</b>
<b>5.6 Morfodinâmica Praial.....</b>	<b>118</b>
5.6.1 Praias adjacentes ao Rio Mampituba .....	119
5.6.2 Praias adjacentes à Laguna de Tramandaí .....	125
5.6.3 Praias adjacentes à Laguna dos Patos .....	128
5.6.4 Praias adjacentes ao Arroio Chuí .....	137
<b>5.6 Considerações sobre Estruturas de Fixação de desembocaduras na Costa do RS e Gerenciamento Costeiro nas Adjacências.....</b>	<b>140</b>
<b>6.CONCLUSÕES .....</b>	<b>146</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>149</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>160</b>

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1- Descrição dos levantamentos topográficos, onde n= número de meses de levantamento.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 2– Praia de Passo de Torres, n= número de amostras, = r<sub>c</sub> valores críticos de coeficientes de correlação r de Pearson, r = valor de correlação na amostra A= assimetria, Mz = tamanho médio de grão. ....</i>	<i>81</i>
<i>Tabela 3– Praia Grande, n= número de amostras, r<sub>c</sub>= valores críticos de coeficientes de correlação r de Pearson, r = valor de correlação na amostra, A=assimetria, Mz= tamanho médio de grão.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabela 4– Praia de Tramandaí, n= número de amostras, r<sub>c</sub> = valores críticos de coeficientes de correlação r de Pearson, r = valor de correlação na amostra, A =assimetria, Mz =tamanho médio de grão.....</i>	<i>86</i>
<i>Tabela 5– Praia de Imbé, n= número de amostras, r<sub>c</sub> = valores críticos de coeficientes de correlação r de Pearson, r = valor de correlação na amostra,A =assimetria, Mz =tamanho médio de grão.....</i>	<i>87</i>
<i>Tabela 6– Praia do Cassino, n= número de amostras, r<sub>c</sub> = valores críticos de coeficientes de correlação r de Pearson, r = valor de correlação na amostra, A=assimetria, Mz= tamanho médio de grão.....</i>	<i>89</i>
<i>Tabela 7– Praia do Mar Grosso, n= número de amostras, r<sub>c</sub> = valores críticos de coeficientes de correlação r de Pearson, r = valor de correlação na amostra, A=assimetria, Mz= tamanho médio de grão.....</i>	<i>91</i>
<i>Tabela 8– Praia da Barra do Chuí, n= número de amostras, r<sub>c</sub> = valores críticos de coeficientes de correlação r de Pearson, r = valor de correlação na amostra, A=assimetria, Mz= tamanho médio de grão.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabela 9– Praia da Barra Del Chuy, n= número de amostras, r<sub>c</sub> = valores críticos de coeficientes de correlação r de Pearson, r = valor de correlação na amostra, A= assimetria, Mz= tamanho médio de grão. ....</i>	<i>96</i>
<i>Tabela 10- Tamanho de grão e grau de seleção em cada subambiente com respectivos desvios padrão, Praia Grande - Torres. ....</i>	<i>98</i>
<i>Tabela 11- Tamanho de grão e grau de seleção em cada subambiente com respectivos desvios padrão, Praia de Passo de Torres - Torres.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabela 12- Tamanho de grão (Mz) e grau de seleção (<math>\sigma \phi</math>) em cada subambiente com respectivos desvios padrão, Praia de Imbé. ....</i>	<i>102</i>
<i>Tabela 13- Tamanho de grão (Mz) e grau de seleção (<math>\sigma \phi</math>) em cada subambiente com respectivos desvios padrão, Praia de Tramandaí.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabela 14- Tamanho de grão e grau de seleção em cada subambiente com respectivos desvios padrão, Praia do Cassino.....</i>	<i>105</i>
<i>Tabela 15- Tamanho de grão e grau de seleção em cada subambiente com respectivos desvios padrão, Praia do Mar grosso.....</i>	<i>106</i>
<i>Tabela 16-Tamanho de grão e grau de seleção em cada subambiente com respectivos desvios padrão, Praia da Barra do Chuí. ....</i>	<i>110</i>
<i>Tabela 17- Escores fatoriais (“FACTOR SCORE”) representando a composição das amostras padrões (END MEMBER). Matriz inicial 40 X 12.....</i>	<i>113</i>
<i>Tabela 18- Grau de Seleção (GS), assimetria (A) e porcentagem de cascalho (%C), areia (%A), silte (%S) e argila (%Ar) para amostras padrões.....</i>	<i>114</i>
<i>Tabela 19- Parâmetros das praias adjacentes ao rio Mampituba.....</i>	<i>120</i>
<i>Tabela 20- Parâmetros das praias adjacentes à Laguna de Tramandaí. ....</i>	<i>125</i>
<i>Tabela 21– Parâmetros das praias adjacentes à Laguna dos Patos. ....</i>	<i>129</i>
<i>Tabela 22- Parâmetros das praias adjacentes ao Arroio Chuí.....</i>	<i>137</i>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1-Mapa de localização da área de estudo. ....</i>	<i>4</i>
<i>Figura 2 – Ventos de Tramandaí e Rio Grande, segundo Motta (1969).....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 3 – Fotografia aérea da desembocadura do rio Mampituba. ....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 4-Mapa da variação do diâmetro médio (Mz) nos sedimentos superficiais de fundo da laguna de Tramandaí e lagoa do Armazém, modificado de Tabajara (1994). ....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 5- Mapa da variação do diâmetro médio (Mz) nos sedimentos superficiais do fundo da embocadura lagunar de Tramandaí, modificado de Tabajara (1994).....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 6-Fotografia aérea da desembocadura da Laguna de Tamanadaí. Fonte CECO-UFRGS. ....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7- Textura sedimentar da Laguna dos Patos MARTINS et al.(1987). Fonte Toldo Jr. (1994). ....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 8 - (a) Mapa de variação da Média Aritmética (Mz <math>\bar{\phi}</math>) nos sedimentos de fundo do Canal de Acesso a Barra do Rio Grande, (b) mapa de variação textural de acordo com a classificação de Shepard, fonte:Antiqueira (2003).....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 9 – Mapa da variação da Média Aritmética (Mz), em Phi , nos sedimentos da desembocadura da Laguna dos Patos, modificado de Calliari (1980). ....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 10– Fotografia aérea da desembocadura da Laguna os Patos. Fonte: Calliari. ....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 11 –Fotografia aérea da desembocadura do Arroio Chuí. Fonte: Calliari.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 12– Localização dos pontos de amostragem e perfis topográficos na praia de passo de Torres e Praia Grande. Datum: SAD 69; Zona: UTM 22.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 13-Localização dos pontos de amostragem e perfis topográficos na praia de Tramandaí e na praia de Imbé. Datum: SAD 69; Zona: UTM 22. ....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 14– Localização dos pontos de amostragem e perfis topográficos na Praia do Cassino e Mar Grosso. Datum: SAD 69; Zona: UTM 22.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 15 -Localização dos pontos de amostragem e perfis topográficos na Barra do Chuí – Brasil e na barra Del Chuy –Uruguai. Datum: SAD 69; Zona: UTM 22. ....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 16 - Localização dos pontos de amostragem transversalmente a praia. ....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 17-Localização dos pontos de amostragem de sedimento superficial de fundo.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 18- Posicionamento das amostras. ....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 19-Diagrama dos passos da análise fatorial modo-Q (segundo Calliari, 1990). ....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 20-Tamanho médio de grão na Praia de Passo de Torres e na Praia Grande.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 21- Desvio padrão nas praias de Passo de Torres e Grande.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 22–Assimetria nas praias de Passo de Torres e Grande. ....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 23- Tamanho médio de grão na Praia de Imbé e Tramandaí. ....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 24-Desvio padrão na Praia de Tramandaí e na Praia de Imbé.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 25– Assimetria na Praia de Tramandaí e Praia de Imbé.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 26- Tamanho médio de grão na praia do Cassino e Mar Grosso.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 27– Grau de seleção na Praia do Cassino e Praia do Mar Grosso.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 28– Assimetria na Praia do Cassino e Mar Grosso.....</i>	<i>64</i>

<i>Figura 29- Histogramas de amostras do estirâncio representando cada setor com as maiores diferenças entre as amostras. a) amostra 2, representando setor molhe; b) amostra 9, representando setor central; c) amostra 16, representando setor Navio Altair.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 30- Tamanho médio de grão na Praia da Barra do Chuí - Brasil e Praia da Barra del Chuy - Uruguai.</i>	<i>67</i>
<i>Figura 31- Grau de seleção na Praia da Barra do Chuí – Brasil e na praia da Barra Del Chuy – Uruguai. ....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 32- Grau de simetria na Praia da Barra do Chuí -Brasil e Praia da Barra del Chuy - Uruguai.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 33- Comparação entre os percentuais de cada classe granulométrica nas amostras do estirâncio. AMF = areia muito fina, AF= areia fina, AM = areia média.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 34- Comparação entre os percentuais de cada classe granulométrica nas amostras do estirâncio. AMF = areia muito fina, AF =areia fina, AM = areia média.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 35- Comparação entre os percentuais de cada classe granulométrica nas amostras do estirâncio. AMF = areia muito fina, AF = areia fina, AM = areia média.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 36- Mapa textural dos percentuais de areia muito fina na desembocadura da Laguna dos Patos, amostras Antiqueira (2003). ....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 37-Diagrama de refração de ondas com ondas incidentes na direção S-SE. Fonte: Relatório INPH, setembro de 1998. ....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 38- Comparação entre os percentuais de cada classe granulométrica nas amostras do estirâncio. AMF =areia muito fina, AF =areia fina, AM =areia média, AG =areia grossa, G = grânulo.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 39-Plotagem do tamanho médio de grão (a), seleção (b), assimetria (c) em função da distância em km a partir do molhe na Praia de Passo de Torres. ....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 40- Plotagem do tamanho médio de grão (a), seleção (b), assimetria (c) , em função da distância em km a partir do molhe na Praia de Passo de Torres. ....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 41-Valores de tamanho médio de grão versus grau de seleção do estirâncio para a Praia de Passo de Torres e Praia Grande - Torres. ....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 42- Plotagem do tamanho médio de grão (a), seleção (b), assimetria (c) em função da distância em km a partir do molhe na Praia de Tramandaí. ....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 43- Plotagem do tamanho médio de grão (a), seleção (b) e da assimetria (c), em função da distância em km a partir do molhe na Praia de Imbé. ....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 44-Valores de tamanho médio de grão versus grau de seleção do estirâncio para a Praia de Imbé e Praia de Tramandaí.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 45- Plotagem do tamanho médio de grão (a), grau de seleção (b), assimetria (c) em função da distância a partir do molhe na Praia do Cassino.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 46- Plotagem do tamanho médio de grão (a), seleção (b), assimetria (c) em função da distância em km a partir do molhe leste. ....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 47-Valores de tamanho médio de grão versus grau de seleção do estirâncio para a Praia do Cassino e Mar Grosso. ....</i>	<i>92</i>
<i>Figura 48- Modelo esquemático de circulação e distribuição da Mz (tamanho médio de grão) nas praias adjacentes a Laguna dos Patos, sob regimes de corrente litorânea no sentido SW-NE e NE-SW.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura 49- Plotagem do tamanho médio de grão (a), seleção (b), assimetria (c) em função da distância em km a partir do molhe na Praia da Barra do Chuí. ....</i>	<i>95</i>

<i>Figura 50- Plotagem do tamanho médio de grão (a), seleção (b), assimetria (c) em função da distância em km a partir do molhe na Praia da Barra do Chuí. ....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 51- Valores de tamanho médio de grão versus grau de seleção do estirâncio para a Praia da Barra do Chuí –Brasil e Praia da Barra Del Chuy - Uruguai. ....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 52– Diagramas dispersos confrontando parâmetros texturais das amostras do estirâncio e duna na praia Grande – Torres e praia de Passo de Torres: a) assimetria versus tamanho médio de grão, b) assimetria versus grau de seleção, c) assimetria versus curtose, na Praia Grande; d) assimetria versus tamanho médio de grão, e) assimetria versus grau de seleção, f) assimetria versus curtose, na praia de Passo de Torres. ....</i>	<i>101</i>
<i>Figura 53– Diagramas dispersos confrontando parâmetros texturais das amostras do estirâncio e duna nas praias de Imbé e Tramandaí: a) assimetria versus tamanho médio de grão, b) assimetria versus grau de seleção, c) assimetria versus curtose, na Praia de Imbé, d) assimetria versus tamanho médio de grão, e) assimetria versus grau de seleção, f) assimetria versus curtose, na praia de Tramandaí. ....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 54– Diagramas dispersos confrontando parâmetros texturais das amostras do estirâncio e pós-praia nas praias do Cassino e Mar Grosso: a) assimetria versus tamanho médio de grão, b) assimetria versus grau de seleção, c) assimetria versus curtose, na Praia do Cassino; d) assimetria versus tamanho médio de grão, e) assimetria versus grau de seleção, f) assimetria versus curtose, na praia do Mar Grosso. ....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 55– Diagramas dispersos confrontando parâmetros texturais das amostras do estirâncio e duna nas praias da Barra do Chuí e Barra Del Chuy: a) assimetria versus tamanho médio de grão, b) assimetria versus grau de seleção, c) assimetria versus curtose, na praia da Barra do Chuí; d) assimetria versus tamanho médio de grão, e) assimetria versus grau de seleção, f) assimetria versus curtose, na praia da Barra Del Chuy. ....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 56- Distribuição das cargas fatoriais do fator I e histograma da amostra padrão. ....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 57- Distribuição das cargas fatoriais do Fator II e histograma da amostra padrão. ....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 58- Distribuição das cargas fatoriais do Fator III e histograma da amostra padrão. ....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 59– Perfis topográficos das praias adjacentes ao rio Mampituba. ....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 60- Percentuais de areia muito fina e média nas praias adjacentes ao rio Mampituba. AMF= areia muito fina; AM= areia média. ....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 61- Perfis topográficos das praias adjacentes à Laguna de Tramandaí. ....</i>	<i>126</i>
<i>Figura 62-Percentuais de areia muito fina e areia média nas amostras das praias adjacentes à Laguna de Tramandaí. AM= areia média; AMF= areia muito fina.....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 63- Praia do Cassino, observar a largura de praia e ausência de feições tridimensionais.....</i>	<i>130</i>
<i>Figura 64- Navio Altair observe a escarpa na berma. ....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 65-Praia do Mar Grosso observe ritmicidade das feições tridimensionais. ....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 66-Percentuais de areia muito fina e média nas praias adjacentes à Laguna dos Patos. AMF= areia muito fina; AM= areia média. ....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 67- Perfis topográficos das praias adjacentes à Laguna dos Patos. ....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 68- Perfis topográficos das praias adjacentes ao Arroio Chuí.....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 69-Percentuais de areia muito fina e média nas praias adjacentes ao Arroio Chuí. AM= areia média; AMF= areia muito fina. ....</i>	<i>139</i>
<i>Figura 70- a) e b) Fotografias da escola que foi soterrada devido ao ativo transporte eólico próximo do molhe.c) Seta indica detalhe da estrutura que se prolonga até o pós-praia. ....</i>	<i>142</i>

## RESUMO

A costa do Rio Grande do Sul é caracterizada por uma barreira arenosa dominada por ondas apresentando quatro desembocaduras permanentes fixadas ao longo de 640 Km de praia. As áreas adjacentes a estas representam excelentes locais para se verificar a influência dos corpos de água associados na sedimentologia, morfodinâmica atuais das praias adjacentes, além de possibilitar a avaliação das alterações em função das obras introduzidas. O presente trabalho visa detalhar as características sedimentológicas das praias adjacentes as principais desembocaduras da costa do RS, verificando se estes corpos de água contribuem com sedimentos e como influenciam o comportamento morfodinâmico. As praias adjacentes ao Rio Mampituba e à Laguna de Tramandaí apresentaram uma distribuição de tamanho de grão bastante homogênea ao longo da costa, não sendo observada nenhuma tendência regional expressiva, e a diferenciação entre os subambiente praias foi clara. O padrão de distribuição textural verificado nestas praias fornecem indícios de que o Rio e a Laguna não contribuem com sedimentos para o sistema costeiro. Nas praias adjacentes à Laguna dos Patos, a distribuição apresenta um padrão heterogêneo caracterizado por tendências regionais influenciadas pelos percentuais muito elevados da classe textural areia muito fina nos sedimentos e pelos padrões de circulação próximo da estrutura. O padrão identificado fornece indícios de que a Laguna é fonte natural de sedimentos para a plataforma interna e praias contíguas, podendo ser amplificada por atividades portuárias. A associação da distribuição espacial de areia muito fina alcançando maiores distâncias para o norte até km 23, enquanto que para o sul somente até km 16, e a seu aumento junto ao molhe leste, reforçam a observação de outros pesquisadores de que a deriva litorânea nesse setor costeiro é mais efetiva para NE. A contribuição é única em toda costa do RS e se deve à magnitude da bacia de drenagem e a alta vazão lagunar. Alterações nos padrões sedimentológicos ao longo da costa, entre os subambiente praias e alterações no comportamento morfodinâmico das praias adjacentes à laguna dos Patos foram verificados em função da fonte de sedimentos e da magnitude da estrutura. A distribuição granulométrica entre as isóbatas de 14 e 25 metros avaliada através da análise fatorial modo-Q, próximo à desembocadura da Laguna dos Patos, indica a existência de sedimentos marcadamente distintos, os quais representam a média temporal dos processos sedimentológicos e corroboram a proveniência da areia muito fina para os sistemas praias próximos. Três fatores explicam 92,42% da variância total e fornecem uma descrição adequada da variação espacial da granulometria em função do aporte de sedimentos. O fator I (areia muito fina) explica 63,43% da variância e se encontra amplamente distribuído na área. A dominância do fator I no local indica que os sedimentos provém da Laguna dos Patos. Os sedimentos das praias adjacentes ao Arroio Chuí, na divisa Uruguaia, apresentam um padrão heterogêneo localizado a 10 Km ao norte da desembocadura. A contribuição atual proveniente deste arroio é inexpressiva e a definição dos subambiente praias não foi clara. A associação entre os parâmetros morfométricos e as características de tamanho de grão indicaram que o aumento no índice de mobilidade da praia estava relacionado à presença de areia média em maiores percentuais que os de areia muito fina. Fornecendo indicações de que o estágio morfodinâmico é fortemente influenciado pela presença de areia média. Mudanças nos padrões sedimentológicos transversais esperados, devido ao trapeamento de areia junto de estruturas maiores são notórios.

## ABSTRACT

The Rio Grande do Sul coastline is characterized as a wave dominated sandy barrier presenting four fixed inlets along 640 km of coastline. The areas adjacent to them are excellent places to verify the influence of the associated water bodies, on the contiguous beaches regarding its sedimentology, morphodynamics as well as alterations due to the influence of the engineering structures. The present work aims to detail the sedimentologic characteristics of the beaches adjacent to the main inlets of RS coastline, verifying if these water bodies contribute with sediments and how it influences the morphodynamic behavior. Beaches adjacent to Mampituba River and Tramandaí Lagoon showed alongshore homogeneous grain-size distribution, with no significant regional trend and a clear cross shore sub-environment differentiation. The textural distribution pattern verified on these beaches provides indication that the fluvial and lagoonal contribution to the coastal system is irrelevant. Beaches nearby Patos Lagoon estuary display a heterogeneous textural distribution pattern where regional trends are influenced by high percentages of very fine sand and circulations patterns close to the structures. Such pattern indicates that the lagoon is a natural source of sediments for the shore face and surrounding beaches which can be amplified by port related activities. The association of the spatial distribution of very fine sand reaching greater distance toward the north and its increase close to the west jetty, along with other geomorphological evidences reinforces previous observations that the net littoral drift along this sector of the barrier is towards NE. This unique contribution along the coast is due to the magnitude of the drainage basin with a high lagoonal discharge. Alongshore, cross-shore sedimentological patterns and alterations in the morphodynamic behavior of the beaches adjacent to Patos Lagoon were verified and are a function of the source area and magnitude of the jetties. Grain-size distribution between the 14 and 25 m isobaths evaluated throughout Q-Mode factor analysis, near the Patos lagoon inlet, indicates the existence of very distinct sediments corroborating that the inlet is a source of very fine sand for the nearest beach systems. Three factors explain 92,42 % of the total variance and provide an adequate description of the spatial variation as a function of the sediment supply. Factor I (very fine sand) explains 63,43 % of the variance and is fully distributed in the area. Sediments along beaches bordering the Chuí creek at the Uruguayan border, display a heterogeneous pattern located at 10 Km northward of the inlet. This pattern is due to the presence of coarse Pleistocene sediments from the shore face. Actual contribution from the creek for the beaches is inexpressive and definition of beach sub-environments is inexistent. The association of beach morphometric parameters and grain size characteristics indicated that the increase in the beach mobility index was related to the presence of medium sand at percentages higher than the very fine sand, indicating that morphodynamics state is strongly influenced by the presence of medium sand. Changes in the predicted cross-shore sedimentological pattern due to sand trapping in the root of large structures are remarkable and are amplified by anthropogenic beach usage.

## 1. INTRODUÇÃO

A costa do estado do Rio Grande do Sul (RS) é caracterizada por uma barreira arenosa fundamentalmente dominada por ondas, com regime de micromarés, abundante estoque arenoso, e com estágios morfodinâmicos predominantemente dissipativos e intermediários.

São verificadas somente quatro aberturas importantes na barreira arenosa, na forma de desembocaduras fluvio-lagunares, todas fixadas por obras de engenharia. Entre elas estão: no limite norte do estado, junto à cidade de Torres, a foz do Rio Mampituba; o canal da Laguna de Tramandaí; o canal do Rio Grande, única ligação da Laguna dos Patos com o oceano, e o Arroio Chuí, no limite sul do estado. Diferenças significativas na magnitude dos corpos d'água, volume de água e extensão da área drenada em cada desembocadura são notórias.

Apesar de poucas ligações representativas com o mar serem verificadas em toda extensão da barreira, durante períodos de intensa pluviosidade, a drenagem da barreira se processa na forma de inúmeros sangradouros. Estes cursos de água são responsáveis por transportar quantidades significativas de sedimentos para a zona de arrebenção participando de forma ativa no balanço de sedimentos da costa do RS (Pereira da Silva, 1998; Figueiredo, 2002; Figueiredo *et al*, 2003).

Segundo Villwock (1984), o trecho de praias está inserido na barreira IV da província costeira do Rio Grande do Sul e Silveira (1964) caracteriza a planície costeira do RS como ampla atingindo em alguns locais a largura máxima de 120 km. Um múltiplo sistema laguna-barreira é observado, aprisionando o gigantesco sistema Lagunar Patos-Mirim entre outras lagunas costeiras com ou sem ligação direta com o mar.

Os locais adjacentes às desembocaduras representam ambientes bastante dinâmicos, e propiciam uma ótima oportunidade para se adquirir conhecimentos atuais sobre sedimentologia e

morfodinâmica de sistemas dos sistemas praias contíguos e sob a influência de estruturas de fixação. No litoral do RS trabalhos que descrevam de forma detalhada a distribuição granulométrica e sua influência na morfodinâmica de praias adjacentes a desembocaduras fluvio-lagunares são escassas, entre elas podemos citar os trabalhos de Martins, (1967), Alvarez *et al* (1981), Alvarez *et al* (1983), Toldo Jr. *et al* (1993) e Siegle (1996). Através do aprofundamento do conhecimento das características sedimentológicas das praias em estudo, bem como suas respostas morfológicas a estas variações e a presença de obras de engenharia, se torna possível o desenvolvimento de estratégias mais adequadas ao manejo destes ambientes.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho tem o objetivo de detalhar a caracterização sedimentológica verificando sua influência na morfodinâmica adjacente às desembocaduras lagunares e fluviais da costa do RS.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- caracterizar a distribuição do tamanho de grão destes sistemas praias verificando se há diferenciação textural entre os subambiente praias;
- caracterizar os sedimentos da plataforma interna nas proximidades da desembocadura da Laguna dos Patos com o objetivo de confirmar a proveniência de sedimentos correspondentes às classes areia muito fina os quais predominam nas praias adjacentes.
- observar se as desembocaduras são fontes de sedimentos para as praias adjacentes, qual a extensão da área de influência, bem como suas respectivas implicações na diferenciação morfodinâmica das praias;

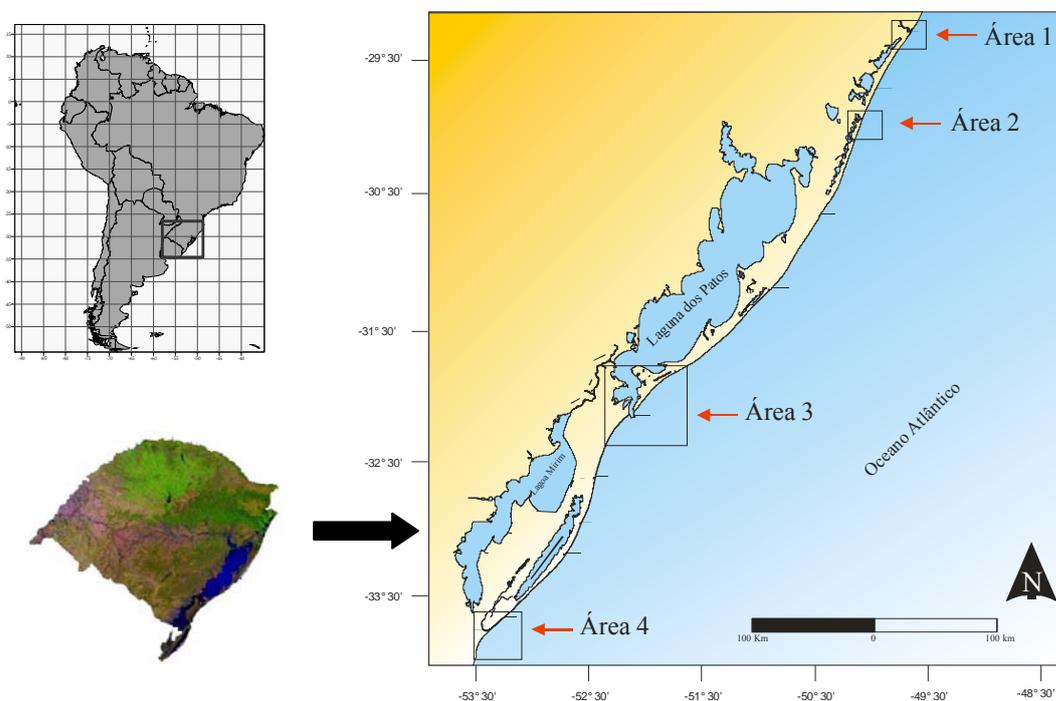
- relacionar os parâmetros morfométricos das praias com as características dos sedimentos, principalmente com as variações nos percentuais de areia muito fina e média;
- verificar possíveis alterações causadas pela presença de obras de engenharia sobre a sedimentologia e morfodinâmica das praias;

## 2.ÁREA DE ESTUDO

### 2.1 Aspectos gerais da área de estudo

#### Localização

A área de estudo pode ser dividida em quatro locais os quais correspondem as praias em torno: (1) do Rio Mampituba, (2) da Laguna de Tramandaí, (3) da Laguna dos Patos (4) do Arroio Chuí (figura 1).



**Figura 1**-Mapa de localização da área de estudo.

#### Climatologia da Região

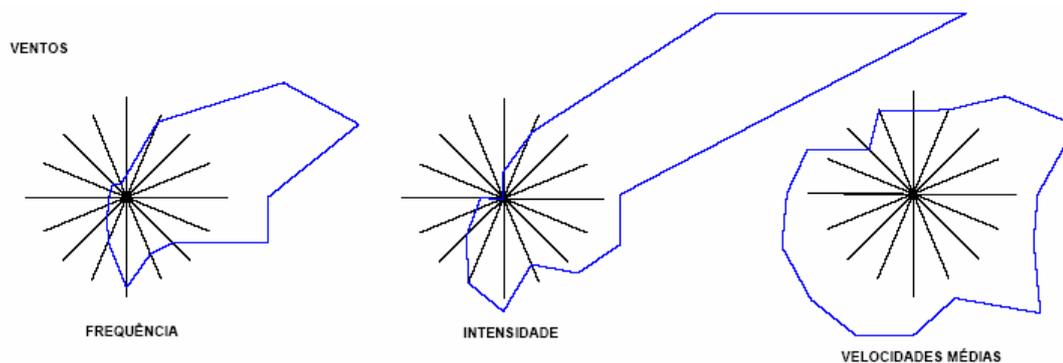
O sul do Brasil é uma região que apresenta grande uniformidade climática, sendo esta expressa pelo predomínio do clima mesotérmico, superúmido, sem estação seca definida (Nimer,1989). O local é sujeito a mudanças bruscas de tempo por ser uma região de passagem da frente polar em frontogênese.

A região é privilegiada em termos de regime anual da precipitação pluviométrica, uma vez

que constitui uma das regiões do mundo mais bem regadas por chuvas (Nimer, op.cit.). Nas regiões tropicais do Brasil a variabilidade pluviométrica anual é uma característica climática das mais importantes. Na região sul do Brasil, os sistemas circulatórios estão sujeitos a grandes flutuações anuais no que diz respeito aos índices de participação na circulação atmosférica regional. Conseqüentemente esta região está sujeita, embora com menor freqüência que as outras regiões, a notáveis desvios pluviométricos anuais, tanto no verão quanto no inverno. Por este motivo, esta região é submetida a uma variabilidade de condições climáticas muito distintas, quando consideramos apenas a umidade e pluviosidade.

### **Regime de Ventos**

De acordo com Tomazelli (1993), o regime de ventos na costa do Rio Grande do Sul é controlado, basicamente, por dois centros de alta pressão: o Anticiclone do Atlântico Sul - mais ativo durante os meses de verão e o Anticiclone Móvel Polar - mais influente nos meses de inverno. Este pode ser classificado como de alta energia. O vento predominante é o de nordeste. Os ventos sofrem, porém, uma variação estacional bem acentuada. Os ventos dos três setores de N-NE, NE e de E-NE são mais freqüentes e violentos de setembro a abril e mais raros e fracos de maio a agosto. Por sua vez, os ventos de S e W se apresentam, sobretudo de maio a outubro e são raros de novembro a abril (Motta, 1969) (fig. 2).



**Figura 2** – Ventos de Tramandaí e Rio Grande, segundo Motta (1969).

### **Regime de Ondas e Marés**

De acordo com Motta (1969), a ondulação e as vagas incidentes que entram em águas intermediárias são respectivamente de SE e E-NE. A altura significativa de onda é de 1.5 m com períodos de 9 segundos, entretanto, ondas bem maiores acompanham as tempestades e as alturas em água profundas do quadrante Sul ultrapassam frequentemente os 3.5 m durante os meses de inverno.

Coli (1994) utilizando dados de ondas profundas de navios (U.S. National Climate Center) obtidos durante 33 anos, bem como, dados altimétricos recentes do satélite TOPEX indicou que as maiores alturas de ondas são verificadas durante o inverno e menores nos meses de verão. Durante o outono e primavera estas apresentam comportamento intermediário entre os dois extremos. De acordo com Coli (op cit) ondas de NE, E e SE são mais frequentes durante a primavera e o verão e as maiores alturas significativas provém de SW.

Segundo Strauch (2001), dois regimes de propagação de ondulação se destacam: o primeiro com direção sul-sudeste, com ondas de maior período, caracterizando ondas longas do tipo *swell* e um segundo tipo de ondas de geração local, de menores períodos, conhecidas como *sea*, propagando-se com direção predominante leste-sudeste.

Durante os meses de inverno há uma maior ocorrência de ondas de altura significativa variando entre 1 e 2 metros, o que corresponde a normalidade do regime anual. Os dois regimes estão claramente presentes com a ocorrência de chegada de ondas longas com média energia. O outono é certamente a estação do ano onde eventos extremos de energia de ondas ocorrem, manifestando-se em todo o litoral sul e sudeste brasileiro. Estes ocorrem devido a tempestades extratropicais que chegam a região sul com grande energia e altura. É importante ressaltar a ocorrência de eventos locais gerando ondas de grande altura, com registros de valores máximos acima de 7 metros durante o período de monitoramento. O período, onde o regime de ondas mais se tranqüiliza é durante a primavera, com a ocorrência das menores alturas e correspondentes energias. O que diferencia esta estação das outras é o predomínio de leste-sudeste na direção de propagação de ondas. O verão apresenta comportamento semelhante à primavera, com modificações na direção de propagação, retornando a ondas orientadas mais a sul. Novamente há presença das ondas associadas a médias energias. Há um espalhamento angular maior das ondas locais, relativamente aos períodos anteriores (Strauch, 2001).

A amplitude de marés na costa do RS é de 50cm, sendo assim inserida de acordo com a classificação de Hayes (1979) como sendo do tipo micromaré. Apesar da pequena amplitude de maré astronômica a região de estudo conta com a significativa influência das marés meteorológicas. A coincidência da maré meteorológica e da maré de sizígia de grande amplitude representa, para certos trechos da costa, uma combinação desastrosa (Calliari *et al*, 1998). Segundo estes autores, as marés meteorológicas são agentes efetivos na erosão e retrabalhamento das dunas ao longo da costa do RS. Apesar de serem mais frequentes durante os meses de outono e inverno, são mais destrutivas durante os meses de abril e maio devido à passagem de frentes frias associadas às marés de sizígia de maior amplitude. Processos erosivos em decorrência desta

associação de efeitos são verificados mais pronunciadamente em direção ao sul, tais como no Balneário do Hermenegildo.

### **Deriva Litorânea**

Corresponde a transferência lateral de sedimentos promovida basicamente pela atividade de ondas que incidem obliquamente à linha de costa. Na costa do RS a deriva litorânea se processa nos dois sentidos, SW-NE e NE-SW Motta (op cit), sendo predominante no sentido SW-NE, segundo Tomazelli & Villwock (op.cit.). Durante a maior parte do ano, devido à incidência de ventos NE, a deriva é no sentido NE-SW. Segundo este autor, os ventos provindos do quadrante SE, S, SW produzem correntes no sentido contrário. Apesar dos ventos predominantes serem de NE, as ondulações de SE seriam mais importantes causando transporte de sedimentos arenosos preferencialmente no sentido Sul-Norte e um transporte secundário de sentido contrário devido à atuação das vagas de NE. Pitombeira (1975) ao utilizar modelos teóricos para o cálculo da deriva litorânea encontrando resultados contraditórios aos de Motta (op. cit.), e atribui esta discrepância aparente a erros cometidos durante a tomada dos dados referentes aos ângulos de incidência das ondas.

Lima et al (2001) com o objetivo de estimar a capacidade do transporte longitudinal dos sedimentos na costa do Rio Grande do Sul, a partir de dados de ondas, verificaram que as maiores taxas eram da ordem de  $-2.900.000 \text{ m}^3/\text{ano}$  e  $-2.600.000 \text{ m}^3/\text{ano}$  para NE, ao longo da praia do Hermenegildo e entre a praia do Cassino e a praia da Solidão, respectivamente.

Este fato também é confirmado por vários indicadores geomorfológicos como, por exemplo, a migração da desembocadura de lagunas, arroios, rios, e alguns sangradouros permanentes, no sentido desta deriva litorânea. Alguns exemplos na costa do RS podem ser citados: a migração da barra do Chuí, da desembocadura de Tramandaí, do rio Mampituba, anteriormente a fixação e da

Lagoa do Peixe. As ações antrópicas, relacionadas com a construção do guia de correntes na desembocadura de Tramandaí e de molhes na foz do Mampituba, bem como os molhes da barra do Rio Grande, têm sido bloqueio para o transporte de sedimentos, promovendo deposição a SE e erosão a NE das obras mencionadas.

A deposição de sedimentos no setor ao sul ao molhe da Barra do Rio Grande, devido à influência do mesmo que age como uma barreira frente à passagem dos sedimentos, causando progradação da linha de praia, ao longo de 9 km de evidenciam que o transporte resultante de sedimentos ocorre no sentido SW-NE (Calliari *et al*, 1998). Lélis (2003) também confirma tal fato de forma quantitativa considerando variações na largura de praia, através do cálculo de taxas de acreção e erosão nas adjacências destas embocaduras.

### **Caracterização dos Sedimentos da Costa do RS**

Nas praias da planície costeira do RS apesar da aparente homogeneidade granulométrica, variações significativas no tamanho de grão das praias são observadas e estão relacionadas a fatores hidrodinâmicos e a herança geológica de cada local. Martins (1967) estudou aspectos texturais e deposicionais dos sedimentos de duna e praia na planície costeira do Rio Grande do Sul com o propósito de estabelecer padrões distintos entre os dois ambientes. Sedimentos pertencentes à duna apresentaram-se muito bem classificados, e com assimetria positiva, enquanto que nos sedimentos de praia mostraram-se bem classificados e com assimetria negativa. A classe granulométrica dominante areia fina (2-3 Ø) com valores de tamanho médio aproximadamente idênticos em ambos os depósitos. As maiores diferenças foram verificadas quando computado o grau de seleção dos sedimentos. As praias de Torres são compostas de areia fina, com alto grau de seleção e assimétricas para o lado dos finos (Pivel, 1997). Weschenfelder (1997) caracterizou os sedimentos da praia de Imbé essencialmente quartzosos com grãos bem

arredondados e pertencentes à classe textural das areias finas, quando classificados pela média (Mz) ou pela mediana (Md) (parâmetros de Folk & Ward, 1957).

A partir de estudos realizados por Siegle (1996) para a área entre o Farol da Conceição (km zero) e Farol do Chuí, foi verificada a dominância de areia fina na área de estudo, exceto em dois trechos localizados ao norte e ao sul da desembocadura Laguna dos Patos, respectivamente, que apresentam areias médias (1,25 a 2 phi). Segundo Siegle (op. cit.) a face praial apresentou três padrões distintos: (1) nos trechos entre os quilômetros 45-90 (Praia do Cassino e Mar Grosso) sedimentos mais finos (2,5 a 2,9 phi). (2) nos trechos compreendidos entre os quilômetros 15-30 (praias entre farol da Conceição e Barra do Estreito) e 230 –275 (praia dos Concheiros) a presença de sedimentos mais grossos. Esta variação no tamanho de grão é determinada por herança geológica. Calliari e Klein (1993) verificaram sedimentos mais finos na praia do Cassino próximo ao Terminal e Querência, nas adjacências da Laguna dos Patos, onde também foram verificadas as menores declividades do estirâncio. Nas proximidades da Barra do Chuí, Calliari & Klein (1993), verificaram que os sedimentos apresentavam tamanho médio de grão de 2,5 phi, sendo classificados como a classe textural das areias finas.

### **Características Morfodinâmicas das Praias**

De acordo com as seqüências morfodinâmicas descritas na literatura (Wright & Short, 1984), as praias do RS variam entre intermediárias e dissipativas (Tomazelli & Villwock, 1992; Calliari & Klein, 1992 e 1993). Mudanças neste padrão geral ao longo de certos trechos da costa são devidas a variações granulométricas sob a forma de cascalho biodetrítico e areia quartzosa grossa e média provindas da antepraia. Dois trechos de praias um de 45 Km e outro de 30 Km respectivamente localizados ao sul do farol do Albardão (litoral sul) e nas proximidades do farol do Estreito (litoral médio) apresentam características de praias refletivas e intermediárias. A praia

nestes locais apresenta declive acentuado (média de 4°), escarpas erosivas no estirâncio e pós-praia com cúspides praias bem desenvolvidas (Calliari *et al*, 2000).

Estudos das praias de Torres efetuados por Pivel (op cit), Pivel & Calliari (1998) indicam que, com exceção da praia da Guarita Leste, as demais praias (Cal, Guarita Oeste, Prainha e Praia Grande) apresentam grandes variações verticais no pacote sedimentar caracterizando assim praias do tipo intermediário.

No litoral norte e porção do litoral médio até o farol de Mostardas predominam praias intermediárias a dissipativas com dunas frontais bem desenvolvidas conforme trabalhos desenvolvidos em Tramandaí por Tomazelli & Villwock (op cit), Toldo Jr. *et al*. (1993), e entre Imbé e Arroio do Sal por Weschenfelder (1997).

As praias entre o Farol da Solidão e São José do Norte, segundo Barletta (1997) e Barletta & Calliari (2000), são classificadas como predominantemente intermediárias a dissipativas, com dunas frontais pouco desenvolvidas. O farol do Estreito pode se aproximar de estágios refletivos nos meses de verão. Com a entrada de frentes frias associadas a ciclones e aumento da energia de ondas, são observadas escarpas de erosão na berma do Estreito (Barletta, op.cit.).

Na proximidade dos molhe da barra de Rio Grande encontram-se as praias mais dissipativas da barreira. A presença de poucas desembocaduras lagunares e fluviais fixadas por ação antrópica introduzem alterações locais no padrão morfodinâmico, tornando as praias mais dissipativas devido ao aporte de material sedimentar mais fino em suas adjacências (Villwock & Martins, 1972; Martins *et al*.1978, Oliveira & Calliari, 1999). Tozzi & Calliari (2000) descrevem que o estado modal do Balneário Cassino caracteriza-se pelo estoque de sedimentos distribuídos horizontalmente em bancos, berma e dunas. As máximas variações de volume vertical representam as porções de maior mobilidade, primeiramente os bancos e a face da praia, e

secundariamente as dunas embrionárias e frontais. Pereira (2003) estudou através de perfis diários a praia do Cassino, verificando estágios dissipativos e intermediários do tipo banco e cava longitudinal, durante os meses de verão. Calliari & Klein (1993) observaram variações significativas na morfologia praial na proximidade da desembocadura da Laguna dos Patos e sugerem que estas estão ligadas à influência da mesma. Os sedimentos mais finos encontrados na região da Querência e Terminal evidenciam a influência lagunar e a área é caracterizada por apresentar menores declividades do estirâncio ( $1^\circ - 2^\circ$ ).

Entre os quilômetros 205 e 217 (próximo dos molhes do Arroio Chuí) ao sul da Barra de Rio Grande as praias são classificadas como intermediárias a dissipativas (Calliari *et al*, 2000). Calliari & Klein (1993) evidenciam que as variações morfológicas e sedimentares ao sul do Farol do Albardão são devidas à presença de biodetritos, os quais fornecem características bimodais aos sedimentos e resultam em maiores declividades no estirâncio ( $>5^\circ$ ). Feições secundárias na forma de cúspides praias são comuns.

## **2.2 Características dos sistemas lagunares e fluviais do RS**

### **2.2.1 Rio Mampituba**

O rio Mampituba tem seu nascente no topo do Planalto Meridional e apresenta uma brusca mudança de condições em seu regime de drenagem, o qual em seu curso superior e médio está subordinado ao controle tectono-estrutural da escarpa leste do Planalto Meridional. A área da bacia de drenagem do Rio Mampituba tem cerca de  $1.224 \text{ km}^2$ , e em sua fase final, já inserido em terrenos sedimentares Quaternários, é caracterizado por um regime fluvial meandrante, de baixa energia, inserido nas planícies aluvionares da Planície Costeira, drenando áreas associadas aos terraços lagunares dos Sistemas de barreira Laguna III e IV. Segundo Soares (1995) o Rio Mampituba é considerado um rio de pequeno porte.

A obra de fixação da desembocadura do Rio Mampituba (figura 3) foi efetuada em 1970, estando ainda inacabada.

A carência de trabalhos relacionados à sedimentologia e hidrodinâmica na área da desembocadura do Rio Mampituba não permitiu uma melhor caracterização do local.



**Figura 3** – Fotografia aérea da desembocadura do rio Mampituba.

### **2.2.2 Lagunas de Tramandaí e Armazém**

A Laguna de Tramandaí encontra-se na região norte da planície costeira do Rio Grande do Sul e conecta-se com o mar através de um pequeno canal de ligação. Este tem aproximadamente 1000 m de comprimento e 100 m de largura. A principal fonte de sedimentos que aportam à

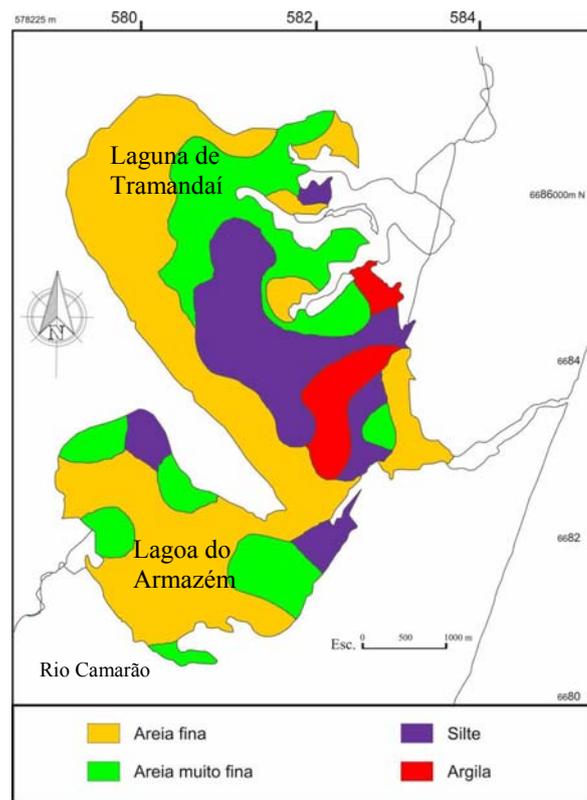
Laguna de Tramandaí é formada por depósitos costeiros Cenozóicos presentes nos terrenos marginais ao corpo Lagunar predominando o material arenoso marinho e o eólico (Martins, 1967; Villwock, 1978; Tomazelli, 1990), redistribuídos pela dinâmica Lagunar ao longo de sua história geológica (Tabajara & Dillenburg, 1997).

Lagoas de diferentes tamanhos interligam-se, com a Laguna de Tramandaí formando uma rede de drenagem através de canais e áreas alagadiças. O complexo Lagunar Tramandaí-Armazém foi caracterizado por ser um estuário parcialmente misturado ou moderadamente estratificado (Chomenko, 1981; Strohschoem Jr., 1985). A Laguna de Tramandaí possui uma área de 12.86 km<sup>2</sup>, volume de 14.15 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> e profundidade média de 1,10m (Schwarzbold & Schafer, 1984), recebe o aporte de água e de sedimentos finos (silte e argila), proveniente de rios e lagos localizados ao norte do sistema, através do rio Tramandaí (Tomazelli, 1990). O complexo Lagunar Tramandaí-Armazém possui 18.5 km<sup>2</sup> de área aproximada e 20.2 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> de volume, com profundidade média de 1.5m (Schwarzbold & Schafer, *op cit*). Uma equipe do DEPRC efetuou com molinete medições de vazão no canal do rio Tramandaí, sentido lagoa-mar, durante fev. 63 – fev. 64 (Motta, 1969). Os pontos representativos das medições podem ser divididos em três grupos em decorrência da magnitude da vazão: a) vazões menores, em torno de 95 m<sup>3</sup>/s; b) vazões médias, em torno de 130m<sup>3</sup>/s; c) vazões maiores, em torno de 180m<sup>3</sup>/s.

Segundo Tabajara e Dillenburg (*op cit*), os sedimentos finos (correspondentes às classes granulométricas silte e argila), trazidos principalmente pelos rios que drenam a Serra Geral, têm seu fluxo direcionado para sul por um conjunto interligado de lagoas costeiras; e ingressam no corpo marinho através da Laguna de Tramandaí. Entretanto, os dados disponíveis indicam que a maior parte da carga de sedimentos finos é retida nas lagoas (Dillenburg, 1994). A entrada de

água marinha acelera a sedimentação dos finos no interior da laguna (Tabajara e Dillenborg, *op cit*).

A distribuição e composição dos sedimentos da superfície e do fundo lagunar apresenta-se da seguinte forma: sedimentos grossos recobrem as áreas rasas e marginais e os finos os locais mais profundos. Os sedimentos arenosos recobrem as áreas de profundidade até 1 metro. Nas áreas profundas ou em lugares protegidos os sedimentos lamosos predominam. Este padrão geral é o resultado de uma dinâmica sedimentar estabelecida pela ação de correntes e ondas lagunares produzida por ventos, principalmente a energia gerada pelos ventos locais do quadrante NE (Tabajara, 1994). A fig. 4 mostra o padrão de distribuição dos sedimentos segundo seu tamanho médio ao longo da Laguna de Tramandaí.

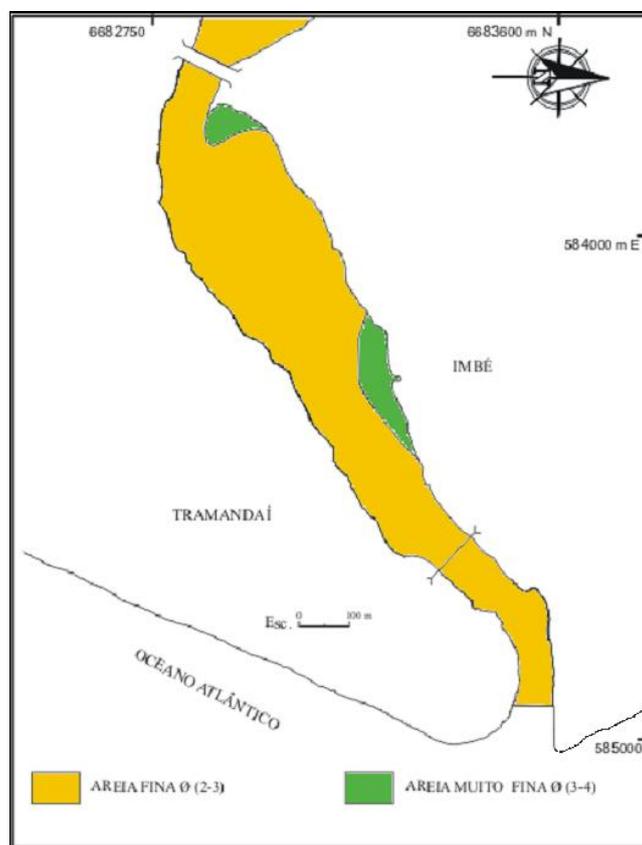


**Figura 4-**Mapa da variação do diâmetro médio (Mz) nos sedimentos superficiais de fundo da laguna de Tramandaí e lagoa do Armazém, modificado de Tabajara (1994).

Observa-se na Lagoa do Armazém uma ampla distribuição do tamanho médio correspondente a areia fina. A areia muito fina esta associada ao delta sub-aquoso do rio Camarão e as zonas abrigadas das ondas e correntes lagunares, originadas pela pressão dos ventos de quadrante NE na superfície lagunar. O silte grosso parece estar associado ao despejo doméstico da cidade de Tramandaí, e nos fundos da lagoa ao influxo dos sedimentos em suspensão dos ambientes paludiais adjacentes (Tabajara, op cit.) (fig. 4).

Segundo Tabajara, (op cit) na Laguna de Tramandaí, o tamanho médio areia fina se concentra ao longo das margens do pontal arenoso NW-SE, no lado noroeste da lagoa, nas proximidades da embocadura lagunar algumas manchas no lado NW dos braços deltaicos. A areia muito fina estende-se ao longo das margens NE, onde localizam-se os braços deltaicos que atualmente vem sendo retrabalhados pela ação preponderante das ondas sobre a sedimentação. Os grãos de tamanho silte distribuem-se desde as maiores profundidades do fundo lagunar até transicionar nos seus limites para areia muito fina. Os grãos de tamanho argila distribuem-se numa faixa alongada transversal ao sentido das correntes de maré (fig. 4).

Na desembocadura da Laguna de Tramandaí, ocorre uma fácies arenosa (Tabajara, op cit). O tamanho médio dos grãos no fundo da desembocadura atapetando o canal de maré corresponde à classe areia fina. Os bancos marginais também são cobertos pela classe areia fina. Somente duas estações apresentaram diâmetro médio correspondente à textura areia muito fina, devido às águas de drenagem pluviométricas da cidade de Imbé (figura 5).



**Figura 5-** Mapa da variação do diâmetro médio (Mz) nos sedimentos superficiais do fundo da embocadura lagunar de Tramandaí, modificado de Tabajara (1994).

A desembocadura de Tramandaí (figura 5) apresentava um caráter migratório em direção nordeste. A migração da desembocadura era um fenômeno mais ou menos periódico em que à migração se sucediam progressivo fechamento e nova ruptura para completar o ciclo. Segundo Motta (1985), no período entre 1939 e 1944 a desembocadura deslocou-se de 1,1 Km para NE. Quando ocorria este fenômeno, o canal se lançava tão obliquamente ao mar que perdia sua força de vazão (Saraiva, 1990). Foi então construído um guia de correntes ao longo da margem esquerda pelo DEPRC em 1961. Desde então a embocadura não mais migrou, mantendo-se fixa. Durante todo o período após a obra na embocadura, as praias de ambos os lados se mantiveram em equilíbrio, o que indicava a formação de uma barra em frente à embocadura, servindo de

ponte para o transporte litorâneo, e assegurando assim a alimentação da praia a norte da embocadura, a praia de Imbé (D'Aquino, 2004).



**Figura 6**-Fotografia aérea da desembocadura da Laguna de Tamanadaí. Fonte CECO-UFRGS.

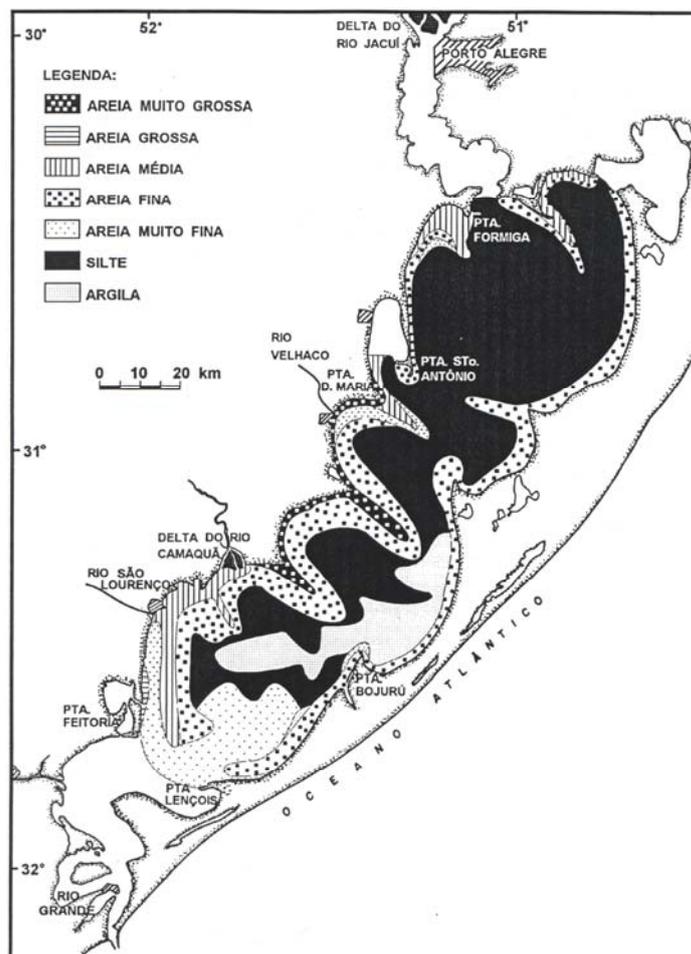
### **2.2.3 Laguna dos Patos**

A Laguna dos Patos representa no contexto da costa Sul - brasileira, uma zona de convergência da rede de drenagem da chamada “Bacia do Sudeste” do Estado do Rio Grande do Sul, e do Nordeste da República do Uruguai. A laguna apresenta um comprimento de 279 km e largura máxima de 57 km, totalizando 10.360 km<sup>2</sup> de área. A drenagem da Laguna dos Patos é constituída, principalmente, pelo Complexo do Guaíba, cujos tributários são: Rio Jacuí, Rio Taquari, Rio dos Sinos, Rio Gravataí, Rio Caí e pelos Rios Camaquã, Velhaco, São Lourenço, Pelotas e o Canal de São Gonçalo (Toldo Jr, 1991). A extensão da bacia drenada por estes rios, incluindo a superfície da própria laguna, alcança 180.000 Km<sup>2</sup>, com uma vazão média, de vazante, da ordem de 5.100 m<sup>3</sup>/s, em 14.000 m<sup>3</sup> / s a vazão máxima e a vazão mínima em 3.800

m<sup>3</sup> (Bicalho, 1883). Entretanto na enchente de 1941 valores de vazão de 20.000 m<sup>3</sup>/s foram verificados (Vassão, 1951).

A maior parte dos sedimentos clásticos de origem continental são provenientes do planalto Sul-riograndense formado pelos derrames basálticos mesozóicos e parte do bordo sul da Bacia do Paraná (Villwock, 1972), os quais representam a maior parte da sedimentação lagunar nesta área, chegando através dos tributários (Jacuí, Sinos, Taquari, Gravataí e Caí) do Complexo Guaíba (Toldo Jr., 1989, 1994; Hartmann & Schettini, 1991; Hartmann & Calliari, 1995). Como fonte interna soma-se o material arenoso dos depósitos costeiros cenozóicos das barreiras (Villwock, 1978), e também da carga bioclástica associada à produção dos organismos (Toldo Jr., 1989).

Os sedimentos do piso lagunar mostram um domínio síltico/arenoso (60%) na sua porção norte, com aumento de sedimento mais lamoso (argila) cuja área é de aproximadamente 10%, encontrada na porção intermediária na margem leste junto à restinga da laguna. A textura argilosa tem como origem a flocculação e/ou agregação das partículas trazidas em suspensão ao interagirem com a água salgada que ocorre ao longo do ano. O restante corresponde às demais texturas, areia muito fina, areia fina, areia média e areia grossa, (Toldo Jr., 1994) (figura 7). Existe um aumento da classe areia muito fina na porção sul e nas margens.

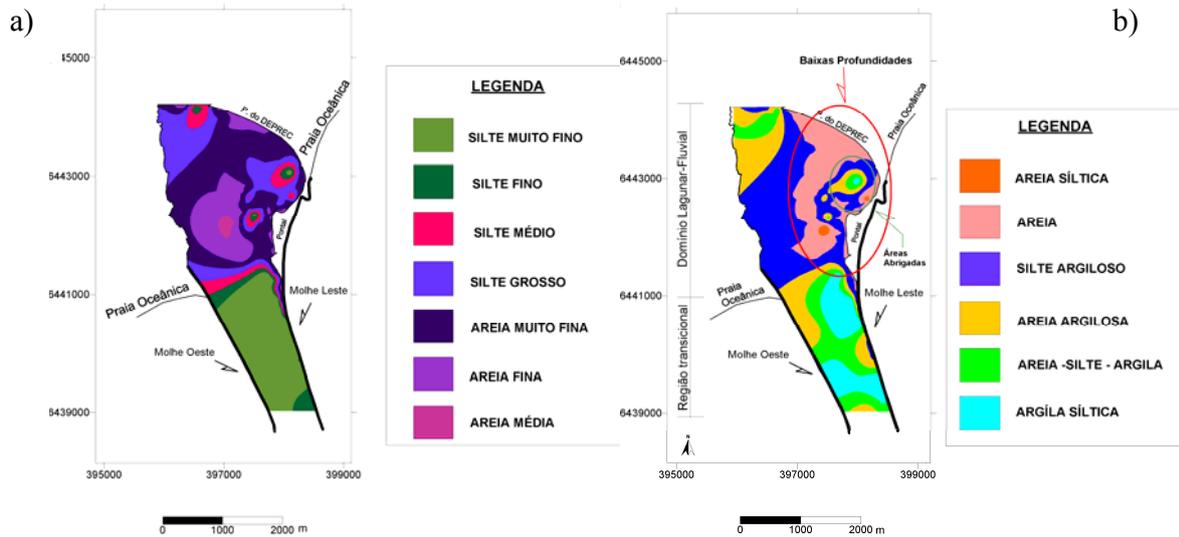


**Figura 7-** Textura sedimentar da Laguna dos Patos MARTINS *et al.*(1987). Fonte Toldo Jr. (1994).

Segundo Martins (1971), a superfície do fundo, no setor onde se desenvolve a barra atual, é constituída por sedimentos com tamanho de grão correspondendo às classes areia média e areia fina, muito bem selecionados.

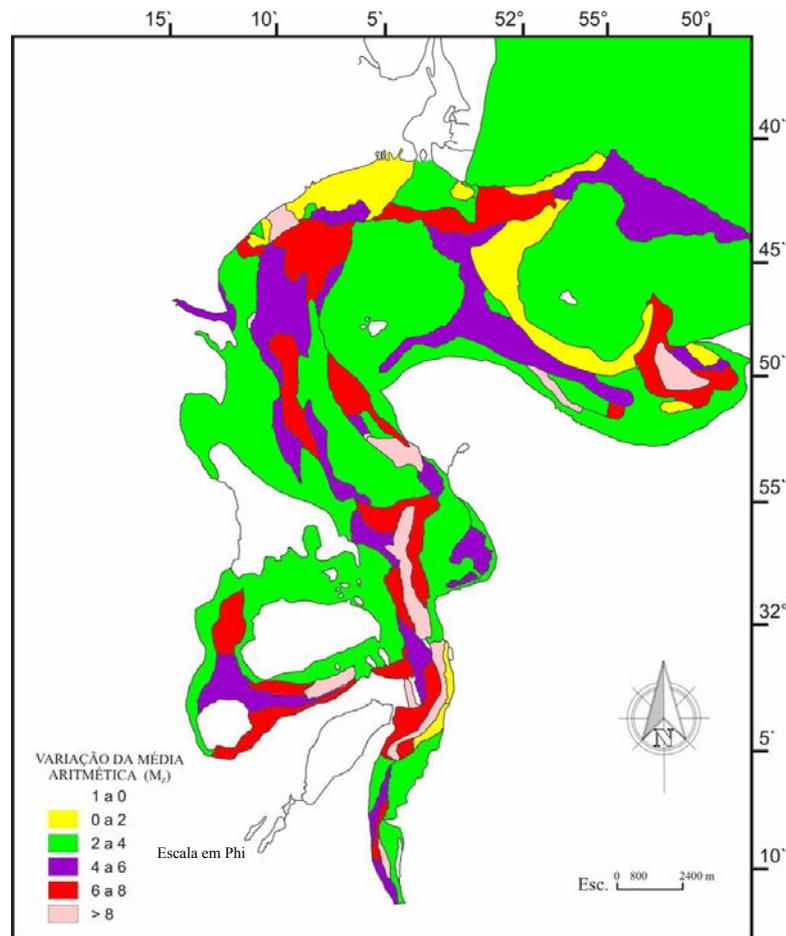
Antiqueira (2003) através do parâmetro tamanho médio de grão verifica quantidades significativas de areia muito fina no fundo estuarino, principalmente recobrimdo margens. A presença de sedimentos finos é encontrada nas áreas mais profundas, ou mais protegidas (fig. 8-a). Entretanto, a distribuição polimodal faz com que o mapa da média aritmética não apresente uma interpretação realista, podendo apresentar fundos texturais que não existam realmente.

Através da classificação de Shepard temos uma distribuição mais condizente com os reais padrões verificados (fig.8-b). A distribuição da fração areia é observada junto aos bancos e margens.



**Figura 8** - (a) Mapa de variação da Média Aritmética ( $Mz \bar{\phi}$ ) nos sedimentos de fundo do Canal de Acesso a Barra do Rio Grande, (b) mapa de variação textural de acordo com a classificação de Shepard, fonte:Antiqueira (2003).

Calliari (1980) identifica seis fácies distintas no fundo estuarino: arenosa, areno-siltica, areno-argilosa, mista, siltico-argilosa e argilo-siltica. As fácies arenosas são verificadas nas regiões rasas e de maior dinâmica e a argilo-siltica em regiões mais profundas e protegidas. A distribuição da média de tamanho de grão no estuário pode ser observada na fig.9 (Calliari, 1980).



**Figura 9** – Mapa da variação da Média Aritmética (M<sub>z</sub>), em Phi, nos sedimentos da desembocadura da Laguna dos Patos, modificado de Calliari (1980).

Segundo Hartmann (1996) o material obtido através de armadilhas para sedimento, colocadas no canal do Rio Grande, varia ao longo do tempo, bem como, de um lado e outro do canal. Ao utilizar a mediana, Hartmann (op cit) verificou que nas amostras da margem esquerda do 1º, 2º e 5º períodos de amostragem, o tamanho médio ficou entre 3,69 phi (areia muito fina) e 6,03 phi (silte médio à fino), e no terceiro período aumento da fração arenosa. O domínio da fração grosseira na margem esquerda tem influência do transporte de suspensão do fundo raso, do transporte pelo fluxo de enchente ao longo da costa, além do transporte pelo vento das dunas marginais da restinga.

Com o objetivo de fixar a barra do Rio Grande (fig. 10), foram construídos dois molhes permitindo a navegação na entrada do canal. A obra prolongou-se de 1908 a 1916. Cerca de 14 milhões de metros cúbicos de sedimentos foram transportados para zona costeira nos primeiros dois anos após a construção destas estruturas (Motta, 1969). O molhe de São José do Norte hoje tem a extensão de 4.220 m e o Molhe de Rio Grande com 3.160 m de extensão. A menor largura entre eles esta em torno de 700m e a profundidade por volta dos 12 m, variando ao longo do canal.



**Figura 10**– Fotografia aérea da desembocadura da Laguna os Patos. Fonte: Calliari.

#### **2.2.4 Arroio Chuí**

O Arroio Chuí (fig.11) localizado no extremo sul do estado é descrito por Rambo (1956) como sendo o mais notável dos cursos d'água oriundos do próprio litoral, com 66 km de extensão. Este curso de água se origina em zonas alagadas situadas entre as partes sul das Lagoas Mirim e Mangueira e se comunica com o Oceano Atlântico através de um estreito canal

delimitado pelos molhes da barra. O regime hidrológico deste arroio sofre a influência direta do volume das chuvas da região (Gomes et al., 1987), já que drena zonas de banhados tanto no lado brasileiro quanto uruguaio. O Arroio Chuí, anteriormente à presença dos molhes migrava ao longo da linha de costa. Em função dos períodos de estiagem e devido à hidrodinâmica marinha, ocorria quase o total fechamento da barra, semelhante ao que ocorre nos sangradouros atuais. Problemas e acidentes com embarcações ocorriam freqüentemente.

Aprovada a idéia dos molhes pelas chancelarias do Uruguai e Brasil, foi aberta a concorrência para execução dos trabalhos. As obras iniciaram em junho de 1976. O projeto constou de duas linhas de molhes que partem sobre a maré alta na enfrentura do marco nº 1, na dobra do rio, junto à ponte internacional, daí seguindo paralelamente as falésias e à praia, quando numa perpendicular à linha do farol, formando um ângulo quase reto, segue para o mar penetrando-o, desde a maré baixa, 200m. Os ditos molhes têm uma extensão de 1500m lineares, por 7m de altura e com uma abertura de 50m(Azambuja, 1978).



**Figura 11** –Fotografia aérea da desembocadura do Arroio Chuí. Fonte: Calliari.

### **3. ESTUDOS RELACIONADOS**

#### **3.1 Textura Sedimentar**

A textura sedimentar constitui um parâmetro importante em estudos sedimentológicos de plataformas continentais e praias, pois a distribuição do tamanho de grão está vinculada à proveniência, às variações do nível do mar e aos processos hidrodinâmicos que atuam no sistema, podendo dessa forma auxiliar em estudos de transporte e dispersão de sedimentos.

Estudos abordando a distribuição sedimentar ao longo das praias e fatores condicionantes foram feitos objetivando um melhor entendimento das condições reinantes no momento de sua deposição e retrabalhamento. Segundo Komar (1998), existem três fatores dominantes que controlam o tamanho médio de grão nos sedimentos praias: (1) a fonte do sedimento; (2) o nível energético das ondas e (3) a declividade geral da plataforma interna sobre a qual a praia é construída. A importância da fonte do sedimento é óbvia. O ambiente praias irá selecionar grãos de tamanho apropriado para as condições particulares. Se a fonte não fornece grãos de tamanho apropriado então não haverá a formação de praia. Considerando que houve a formação de uma praia, dá-se início a uma complexa interação entre o nível de energia das ondas, e a declividade geral da plataforma interna sobre a qual a praia está sendo construída e o tamanho de grão do depósito praias.

A diferenciação dos sedimentos tanto ao longo de barreiras arenosas bem como em costas rochosas foi estudada por diversos autores. Pettijohn & Ridge (1932) verificaram um decréscimo progressivo no tamanho de grão ao longo de 12 km de Cedar Point, Ohio. Grãos mais grosseiros foram encontrados na praia próxima da fonte de sedimento glacial, e os mais finos estavam localizados na porção terminal do esporão arenoso. O decréscimo no tamanho de grão foi

atribuído a um transporte seletivo ao longo da costa, onde as partículas de menor tamanho se movem ao longo da costa com uma maior taxa enquanto que o material mais grosseiro é mantido próximo da fonte.

Self (1977) observou que a variação do tamanho de grão, seleção e assimetria dos sedimentos praias da área de Nautla, Vera Cruz, México está relacionada às reversões sazonais das correntes paralelas à costa. Próximo do local de estudo, verifica-se a presença de três rios, os quais contribuem com material mais grosso e com baixo grau de seleção. O transporte líquido de sedimentos ao longo do ano é de sul para norte sendo evidenciado pela deriva das embocaduras e desenvolvimento de esporões progradantes. Durante o inverno ocorre uma inversão no sentido da deriva e ocorre um transporte considerável de sedimentos dos rios até 60 km ao sul das embocaduras.

Guillén & Jiménez (1995) estudaram a distribuição dos sedimentos na costa do delta do Ebro, Espanha, onde observaram variações longitudinais no tamanho de grão. Estas variações foram atribuídas à mudanças na dinâmica litorânea, sendo produzidas por variações nas características das ondas devido à configuração do fundo e da costa. Os padrões de tamanho de grão longitudinais à costa do delta do Ebro podem ser explicadas pela retirada dos grãos mais finos. A importância desta retirada é causada pelas características da costa; uma única fonte externa de sedimentos existe (o rio Ebro) e o sedimento é continuamente retrabalhado numa costa dominada por transporte longitudinal. Dois fatores foram identificados como sendo os principais responsáveis pela retirada dos finos, o gradiente no transporte longitudinal e o poder das ondas incidentes.

Calliari (1994) estudou a distribuição de tamanho de grão ao longo e transversalmente a costa ao sul de Currituck Spit, Carolina do Norte, e suas implicações na diferenciação das praias.

Observou que as praias entre Corolla e Oregon Inlet em poucos quilômetros de diferença eram marcadamente diferentes. As praias de Duck eram estreitas e com alto declive com sedimentos bimodais. Contrariamente, as praias de Corolla e Coquina eram mais amplas e planas com sedimentos predominantemente areia média e fina de comportamento unimodal. Os resultados ao longo da costa indicam a existência de fontes localizadas de sedimentos relíquia entre Duck e em Oregon Inlet.

Mihály (1997) estudando praias no litoral norte paranaense e sul paulista verificou que ocorriam inversões periódicas do sentido da corrente de deriva longitudinal, as quais influenciavam a distribuição dos parâmetros granulométricos das areias. De forma que, o padrão hidrodinâmico verificado somado ao constante aporte de sedimentos às praias não permitiu a identificação dos padrões em um modelo conhecido de distribuição das características granulométricas.

Siegle (1996) estudou a distribuição dos sedimentos ao longo do litoral sul do Rio Grande do Sul, no trecho compreendido entre o Farol da Conceição e o Arroio Chuí, com o objetivo de determinar ambientes característicos ao longo da área de estudo e diferenciar os dois ambientes estudados, face praial e pós-praia. Os dados granulométricos foram analisados através da utilização de técnicas de análise fatorial modo-Q e estatisticamente segundo as interpretações fornecidas pelas medidas de tendência central. Através da técnica de análise fatorial determinou zonas características ao longo da área, onde três fatores explicaram 97,7% da variabilidade dos dados. O fator 1 (areia média) foi significativo na face praial de grande parte da área estudada e em alguns pontos do pós-praia. O fator 3 (areia fina a muito fina) concentrou-se na região adjacente a desembocadura da Laguna dos Patos e, o fator 2 (areia fina) na região localizada entre estas duas zonas, principalmente no pós-praia. A distribuição dos fatores na área estudada pelo

autor se comporta de forma semelhante à distribuição dos valores de tamanho médio de grão. Devido a unimodalidade dos sedimentos da área de estudo, os fatores foram determinados principalmente pelo tamanho médio de grão das amostras. O fator 1 é composto principalmente por areia média, o fator 2 por areia fina e o fator 3 por areia muito fina.

A seleção dos sedimentos ao longo do perfil praiial produz variações transversais no tamanho de grão. Através da utilização de parâmetros estatísticos como média, mediana, desvio padrão, curtose e assimetria, podem ser distinguidos alguns dos ambientes praiiais.

Mason & Folk (1958) sugerem diagramas dispersos confrontando assimetria com a curtose, como sendo a melhor forma de se diferenciar areias de praia, duna e planícies eólicas. Estes autores diferenciaram subambiente através da análise textural os sedimentos da duna, praia e planície de deflação eólica. O parâmetro assimetria versus curtose se mostrou bastante eficaz nesta diferenciação. A partir de amostras transversais a praia os autores diferenciaram os ambientes, apesar do tamanho médio de grão apresentar-se de forma bastante uniforme. Friedman (1961) demonstra que a plotagem do diâmetro médio contra a assimetria foi eficaz na diferenciação de areias de praia e duna. Também foi capaz de diferenciar areia de praia e rio através da assimetria e desvio padrão.

Miola & Weiser (1968) por outro lado mencionam ser útil em alguns casos para diferenciação, mas somente com intervalos de  $\frac{1}{4}$  de phi. Para estes autores o tamanho médio versus desvio padrão foi mais efetivo na diferenciação entre areias de praia e rio, e entre areias de rio e dunas costeiras. Os autores afirmam que os parâmetros texturais não são eficazes na diferenciação de praia e duna costeira e são pouco eficazes na diferenciação de areias de rio e dunas costeiras.

Shideler (1973), baseado em um modelo conceitual, descreve que os sedimentos do estirâncio, berma, e duna são considerados como populações genéticas e texturais distintas. A população do estirâncio é gerada predominantemente por processos aquosos associados aos regimes normais de 'swash e backwash', com mínima atuação de processos eólicos. A população do estirâncio é a que mais reflete as condições médias da energia das ondas. Quanto menos inclinada for a face da praia, maiores serão as diferenças de velocidade entre as correntes de 'swash' e 'backwash' (Evans, 1939), e como consequência, maiores as diferenças no tamanho de grão entre as populações de 'swash' e 'backwash', resultando em um menor grau de seleção das amostras no estirâncio. Os sedimentos referentes a berma também apresentaram altos valores de desvio padrão. Segundo Shideler (1973) estes são sedimentos bastante heterogêneos, até mais do que os do estirâncio, porque estão sujeitos à ação tanto dos processos de 'swash' e 'backwash' durante elevações de nível do mar, como também de processos eólicos. A população da duna é gerada exclusivamente através de processos eólicos e por isso apresenta uma textura clástica filtrada distinta, derivada da berma adjacente e planícies eólicas (Shideler, 1973). O campo de dunas compreende os sedimentos mais homogêneos, refletindo as condições menos variáveis entre os subambiente.

Segundo Bascom (1951) e Fox *et al* (1966); os maiores tamanhos de grão são encontrados na base do estirâncio, logo depois do espriamento, no qual, conforme indicam as observações é o ponto de máxima turbulência. Tamanho de grão elevado encontra-se também no topo da berma, especialmente em perfis acrescionais remobilizados na base do estirâncio o material grosseiro é mantido em suspensão e transportado pelo espriamento. Os sedimentos mais finos da praia são encontrados nas dunas. Self (1977) verificou que as amostras do estirâncio apresentam sedimentos mais grossos, menos selecionados e mais assimétricos.

Hails (1967) estudando ambientes sedimentares em New South Wales, Austrália concluiu que a assimetria é o melhor parâmetro para distinguir ambiente praial, barreira e dunas.

Visher (1969) efetuou amplos estudos enfocando análises texturais de areias modernas e relíquias, proporcionando a base para a interpretação genética dos parâmetros texturais. A análise está baseada no reconhecimento de sub-populações através das curvas granulométricas em papel de probabilidade aritmética associando as mesmas aos diferentes modos de transporte e deposição. Os três tipos de transporte refletidos são: rolamento, suspensão e saltação. Cada um destes desenvolve uma sub-população com uma distribuição de tamanho de grão característica. O número, a quantidade, a faixa de tamanho, mistura e a seleção destas populações variam sistematicamente em relação a sua proveniência, processos sedimentares, e dinâmica sedimentar. A análise destes parâmetros é a base para se determinar a resposta das unidades individuais de areia aos processos dinâmicos. Através desta metodologia o autor diferenciou os processos sedimentares atuantes em cada um dos subambiente.

Siegle (op cit) estudando a distribuição sedimentar no trecho compreendido entre o Farol da Conceição e o Arroio Chuí verificou grande semelhança entre os ambientes, entretanto de maneira geral o estirâncio se mostrou um pouco mais grosseiro que o pós-praia.

Para a planície costeira do Rio Grande do Sul, Martins (1964) testou valores de curtose e assimetria para diferenciar ambientes sedimentares, duna e praia, comprovando que o método sugerido por Mason & Folk (1958) e por Friedman (1961), realmente distinguem os ambientes da área estudada.

### **3.2 Morfodinâmica Praial**

A morfologia praial está diretamente relacionada às características texturais dos sedimentos, de forma que, segundo Bascom (1951), a declividade das praias é controlada principalmente por

dois fatores: (1) o tamanho do grão de areia e (2) a intensidade da ação das ondas. Quanto maior a inclinação da praia, maior será o tamanho de grão que pode ser mantido em suspensão e retirado da praia. Isto provoca um aumento e manutenção da granulometria.

Pino & Jaramillo (1992), estudando as praias chilenas utilizaram uma Análise de Componentes Principais, onde estas foram separadas em dois grupos: refletivas e em outro dissipativas, intermediárias e mistas. Porém, a separação das praias com características dissipativas, intermediárias e com características mistas, foi efetiva somente através da utilização dos percentuais de areia muito fina e a orientação da linha de costa. Foi verificado pelos autores que os maiores percentuais de areia muito fina correspondiam as praias dissipativas. Percentuais acima de 10% foram considerados altos neste estudo. As praias de Ronca, Barra Lingue e Los Molinos, correspondem aos locais com os maiores percentuais de sedimentos muito finos (11,8%) foram separadas das demais na Análise de Componentes Principais.

### **3.3 Presença de Estruturas de Fixação de Desembocaduras**

Sempre que as ondas incidem na praia com algum ângulo são geradas correntes ao longo da costa. Esta corrente resulta em um transporte próximo da costa conhecido como deriva litorânea. Apesar da maior quantidade de areia que compõe a praia ser proveniente de uma fonte primária, a deriva litorânea é geralmente responsável pela maior quantidade de areia que chega em uma praia individual (Griggs & Gilchrist, 1977).

Molhes são geralmente construídos, em pares, perpendiculares à linha de costa para proteger uma entrada de canal da ação das ondas, para direcionar ou confinar um fluxo e para prevenir o assoreamento de um canal. Porém, devido a sua grande extensão, inicialmente impõe uma barreira ao transporte de areia. Acresção equivalente à taxa de deriva litorânea ocorre a barlar da estrutura, e erosão praial ocorre a sotamar na mesma taxa, conforme sugerido por Komar

(op.cit.); Griggs & Gilchrist (op.cit.); Howard & Remson (1978); Leveson (1980). A acumulação total de areia irá depender do comprimento e orientação dos molhes com relação as forças naturais.

De acordo com Komar (op.cit.), ondas e correntes costeiras se combinam para produzir o transporte dos sedimentos praias. Algumas vezes resultando apenas em um rearranjo de areia na forma de bancos e cavas ou em uma série de embaiamentos rítmicos, os quais cortam a praia devido à ação de correntes de retorno. Em outros casos ocorrem deslocamentos extensivos de sedimentos, muitas vezes movendo centenas de milhares de metros cúbicos de areia ao longo da costa a cada ano. O transporte de sedimentos ao longo da costa se manifesta sempre que o seu movimento natural for interrompido pela construção de atracadouros, molhes e quebra-mares.

Estudos recentes (Esteves & Finkl, 1998) demonstram que 72 % de toda erosão na linha de costa arenosa da Florida podem ser atribuídos a estabilizações de embocaduras. Além disso, não importando o valor estimado do impacto erosivo, o qual varia de acordo com o local, está claro que construções em portos ou ao seu redor ocasionam impactos deletérios nos ambientes costeiros.

Lélis (2003), estudou através de fotografias aéreas as praias adjacentes as principais desembocaduras do litoral gaúcho, verificando a influência das estruturas de fixação refletida no caráter acrescivo de algumas praias. Na praia do Cassino e praia Grande em Torres a acresção está vinculada à presença da estrutura, já que ambas praias estão localizadas a barlar da estrutura. Contudo as taxas de erosão verificadas à sotamar daquelas estruturas são menos representativas se comparadas as acrescivas, demonstrando o caráter bidirecional do transporte litorâneo. A convergência de energia de onda, o déficit sedimentar e os impactos induzidos pelo

crescimento urbano também podem modificar o balanço sedimentar adjacente às desembocaduras.

### **3.4 Dinâmica Sedimentar nas Desembocaduras**

Segundo FitzGerald et al (2000) o transporte de sedimentos na vizinhança de desembocaduras tidais é bastante complexo, tornando este o sistema do ambiente costeiro mais difícil de se quantificar em termos de transporte de sedimentos. Nas desembocaduras tidais a areia é movimentada pela ação combinada de ondas e correntes, sobreposta a grande variabilidade da batimetria e as constantes mudanças nos níveis d'água. As variáveis dominantes que controlam os processos e suas taxas incluem o prisma tidal, a geometria da desembocadura, a energia de onda e correntes, aporte de sedimento, distribuição espacial dos canais da retrobarreira, estratigrafia regional, declividade da plataforma e modificações por obras de engenharia. As obras de engenharia nas desembocaduras são feitas geralmente com o intuito de melhorar a navegação e tipicamente envolvem a combinação de molhes e manutenção do canal através da dragagem.

A passagem de sedimentos na desembocadura é o processo pelo qual o sedimento se movimenta do lado a barlar para o lado a sotamar, envolvendo o canal e o delta de maré vazante. Na maior parte das costas de barreira, a areia entra no canal principal da desembocadura pela ação das ondas ou pelos canais marginais de maré. Areia adicional entra na desembocadura através do canal de vazante e pelas correntes geradas por ondas sobre a rasa plataforma de "swash". Nas desembocaduras fixadas, a areia pode entrar diretamente da praia ou plataforma interna quando o molhe a barlar é curto ou quando a praia cresceu e alcança a porção final do molhe. Em outros casos, as correntes de retorno movimentam a areia em direção a porção final do molhe onde as correntes de enchente transportam os sedimentos para a desembocadura

(FitzGerald et al, 2000). Na maior parte das desembocaduras, a areia é transportada para a baía durante as tempestades, quando as ondas aumentam seu poder de transportar areia para dentro da desembocadura e são geradas fortes correntes de enchente. Devido à interação das ondas e das correntes, a areia do lóbulo terminal é transportada em direção à costa através da plataforma de “swash” e da periferia do delta em direção as praias adjacentes (FitzGerald et al, 2000).

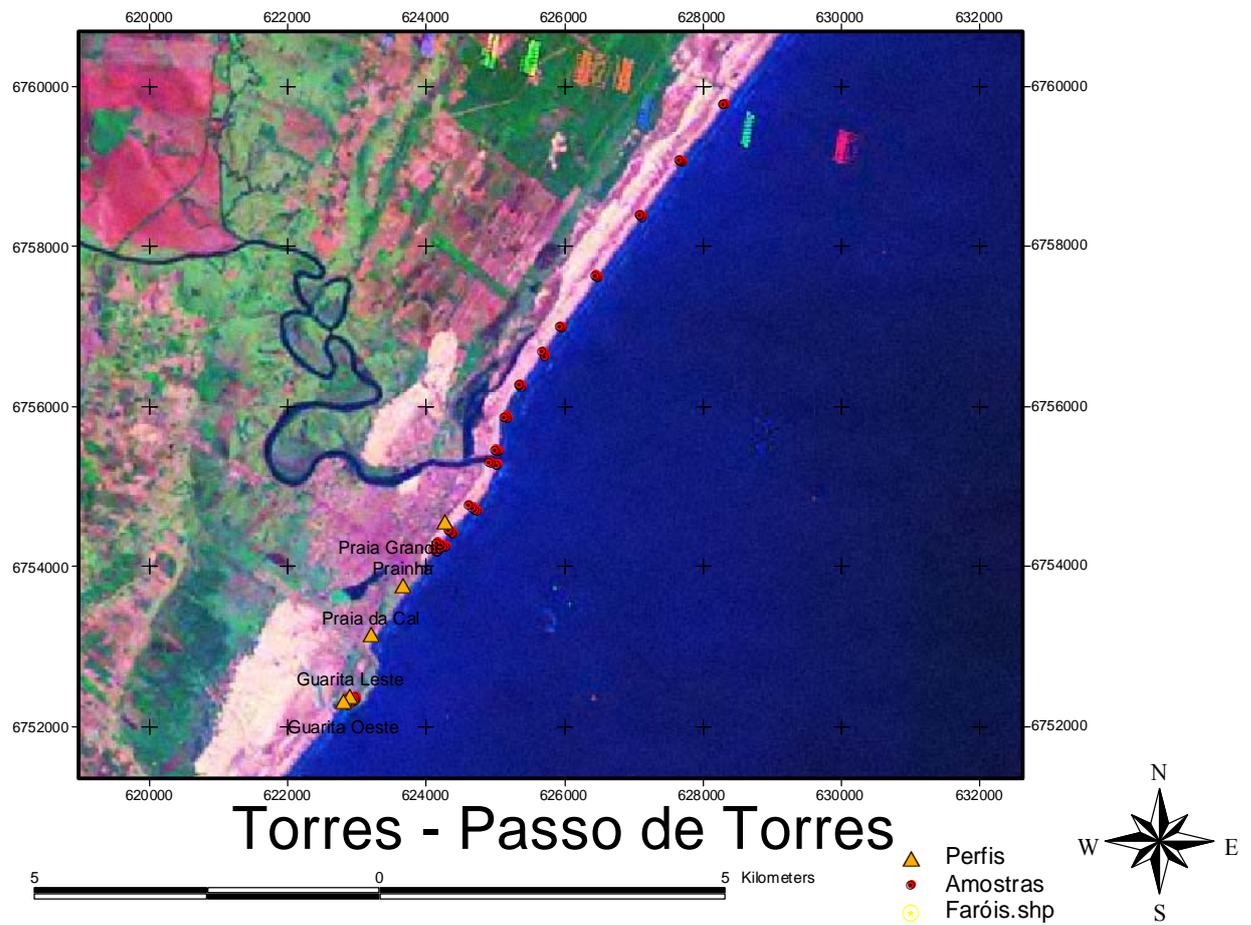
A desembocadura da Laguna dos Patos, segundo Antikeira (2003), apesar de estar inserida em uma região de micromaré apresenta feições típicas de mesomaré. Provavelmente, isto ocorra em função da elevação do nível d’água, ocorrida durante eventos de “storm surges” e ou durante períodos de elevados índices pluviométricos. A barra assemelha-se ao lóbulo terminal, o canal de navegação apresenta características de um canal de maré vazante, a fossa como é conhecida, seria o canal de maré enchente e o banco axial entre os molhes seria a barra linera formada pela interação das correntes de enchente e vazante. Enquanto que os pontais seriam integrantes do delta de maré enchente (Antikeira, 2003).

## **4. METODOLOGIA**

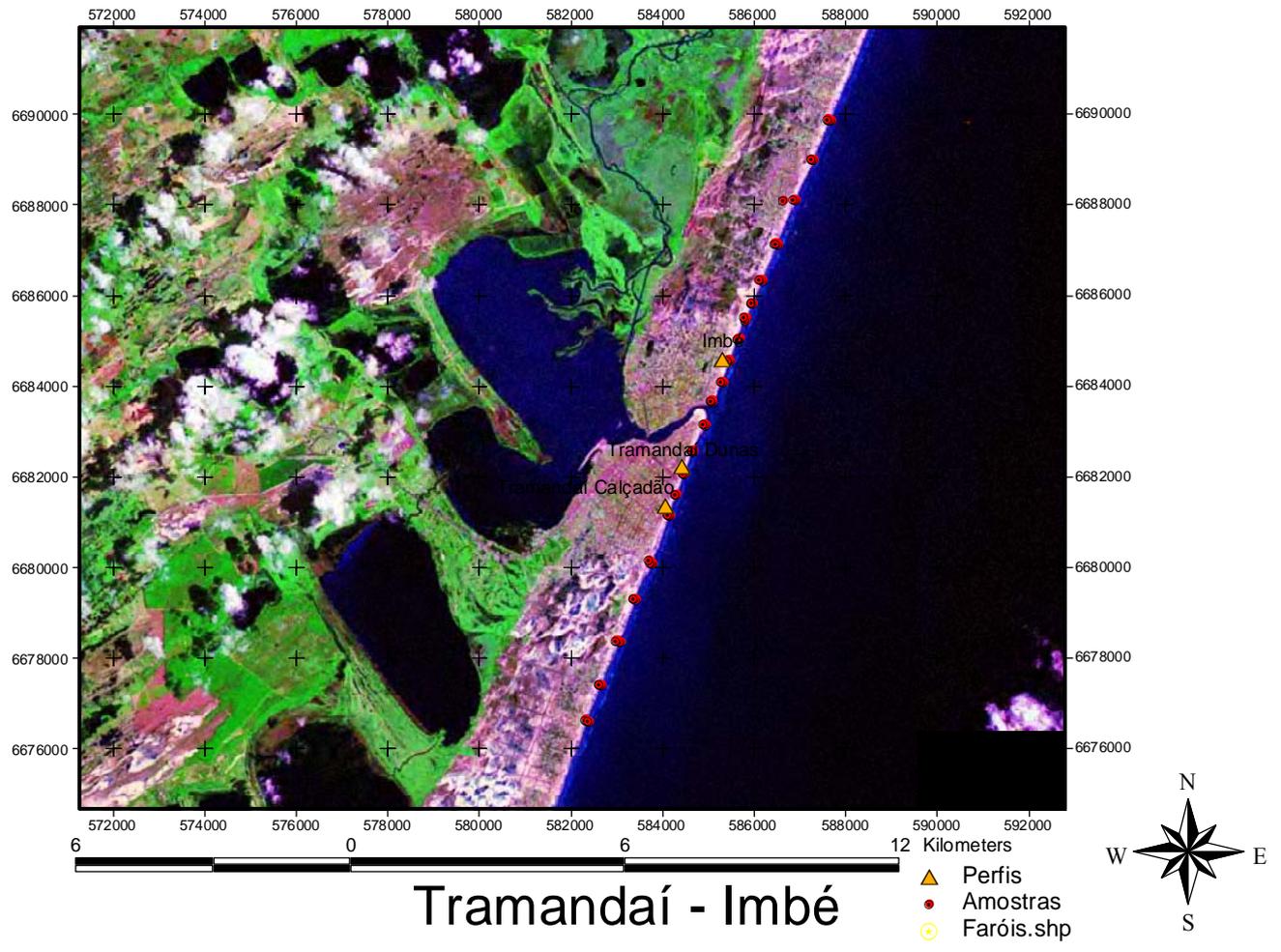
### **4.1 Amostragem**

#### **4.1.1 Amostragem no ambiente praial**

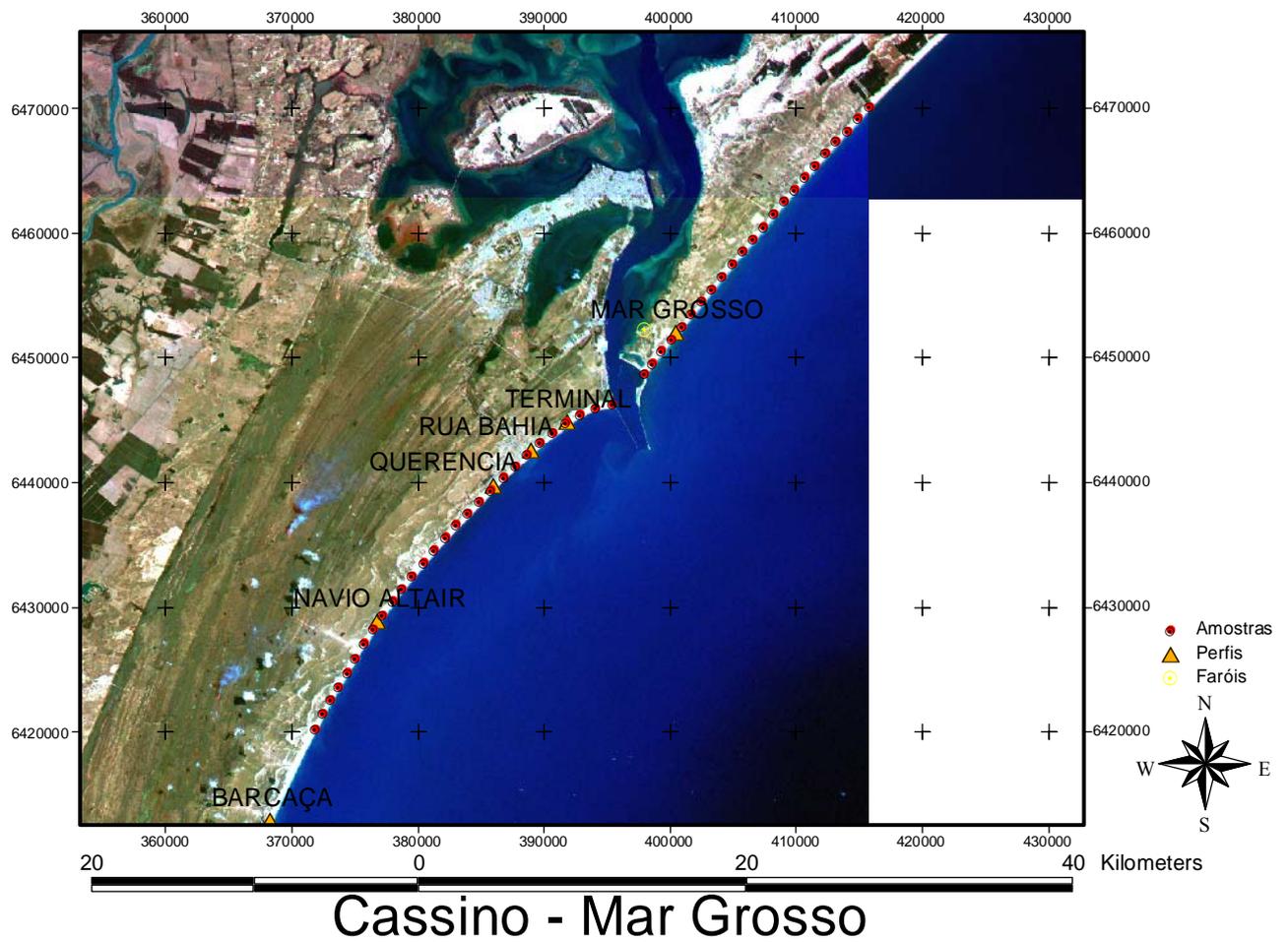
As amostras foram coletadas em torno das desembocaduras do Arroio Chuí (Chuí), Laguna dos Patos (Rio Grande), Laguna de Tramandaí (Tramandaí) e do Rio Mampituba (Torres). O intervalo de coleta ao longo das praias foi de 1 Km, com exceção da Praia Grande em Torres, praia de Tramandaí até o km 1, e na praia de Imbé, até km 2, onde o intervalo entre as amostras foi de 500 m. As amostras das praias de Passo de Torres, Praia Grande, praia da Cal, Prainha, Guarita Leste, Guarita Oeste, Cassino, Mar Grosso, Tramandaí, Imbé, praia da Barra do Chuí foram coletadas durante o verão de 2002/2003. As amostras da Barra del Chuy foram coletadas durante o inverno de 2003. A extensão da área coletada variou em cada praia, de acordo com observações feitas em campo e nas diferenças de magnitude dos corpos de água, os quais forneceram indicações sobre a área sob influência dos mesmos. Desta forma, maiores extensões de praia foram amostradas na praia do Cassino (até 27 Km a partir do molhe) e Mar Grosso (até 23 Km). Nas praias adjacentes ao rio Mampituba, praia de Passo de Torres (até 6 Km) e praia Grande (até 2km, toda extensão da praia). Na praia de Tramandaí foram coletadas amostras numa extensão de 8 Km e em Imbé em 12 Km. Na praia da Barra do Chuí foram coletadas amostras em 13 Km de praia e na Barra del Chuy em 4 km. As figuras de 12 a 15 ilustram a localização das amostras e dos perfis topográficos em cada praia.



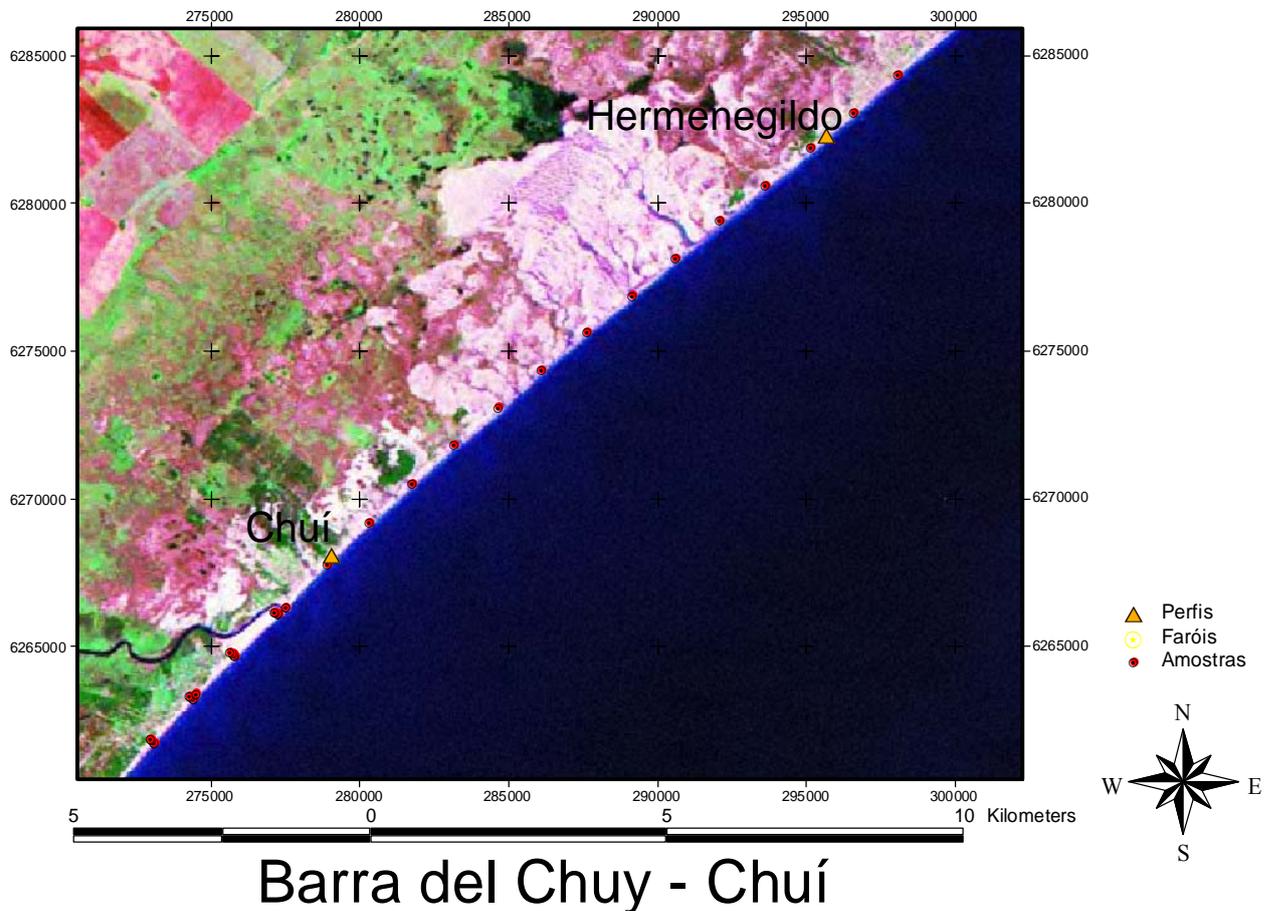
**Figura 12**– Localização dos pontos de amostragem e perfis topográficos na praia de passo de Torres e Praia Grande. Datum: SAD 69; Zona: UTM 22.



**Figura 13**-Localização dos pontos de amostragem e perfis topográficos na praia de Tramandaí e na praia de Imbé. Datum: SAD 69; Zona: UTM 22.



**Figura 14**– Localização dos pontos de amostragem e perfis topográficos na Praia do Cassino e Mar Grosso. Datum: SAD 69; Zona: UTM 22.

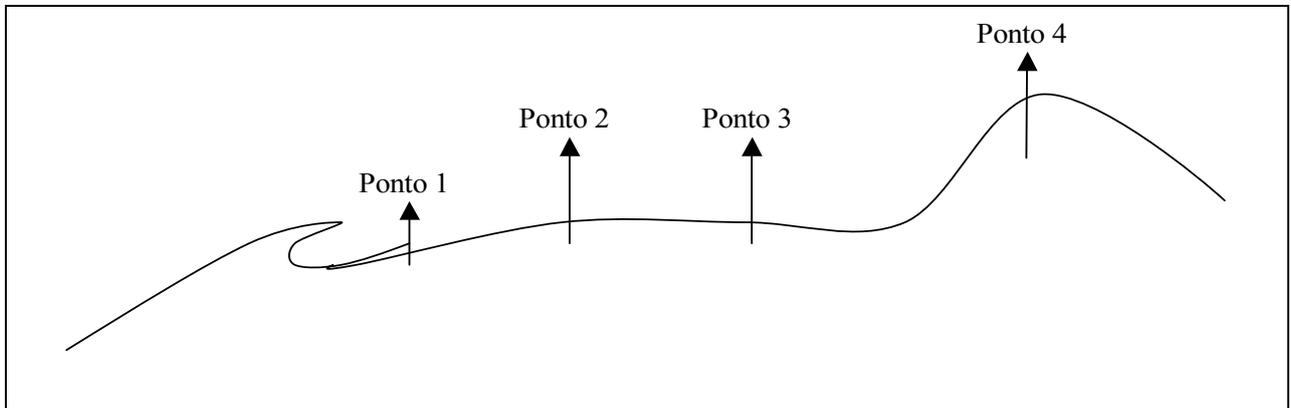


**Figura 15** -Localização dos pontos de amostragem e perfis topográficos na Barra do Chuí – Brasil e na barra Del Chuy –Uruguai. Datum: SAD 69; Zona: UTM 22.

Amostragens de sedimentos na forma de perfis transversais a praia, a cada quilômetro ou com menores intervalos, conforme descrito anteriormente, também foram feitas nos diferentes subambiente: face da praia (1), ponto entre pós-praia e face praial ou berma quando presente (2), pós-praia (3) e na duna (4) (Fig.16).

O material foi coletado com o auxílio de uma pá abrangendo sedimentos sub-superficiais até uma profundidade de aproximadamente 30 cm. Através deste tipo de amostragem assume-se que as amostras representam uma média de vários processos sedimentares atuantes sobre o perfil praial ao longo do tempo, reduzindo a influência de processos de menor escala, como os fatores

meteorológicos, fornecendo assim informações que caracterizam de forma representativa cada um dos locais amostrados.



**Figura 16** - Localização dos pontos de amostragem transversalmente a praia.

#### **4.1.2 Morfodinâmica Praial**

Amostras do estirâncio no local, ou muito próximas de cada perfil (figuras 12 a 15), foram utilizadas para relacionar os parâmetros morfométricos aos percentuais das classes de tamanho. As características morfodinâmicas das praias foram estudadas através de seqüências de perfis disponíveis no banco de dados do LOG. Os perfis praias foram efetuados através de nivelamentos topográficos com nível e régua graduada, seguindo o Método da Estadia (Birkemeier, 1981).

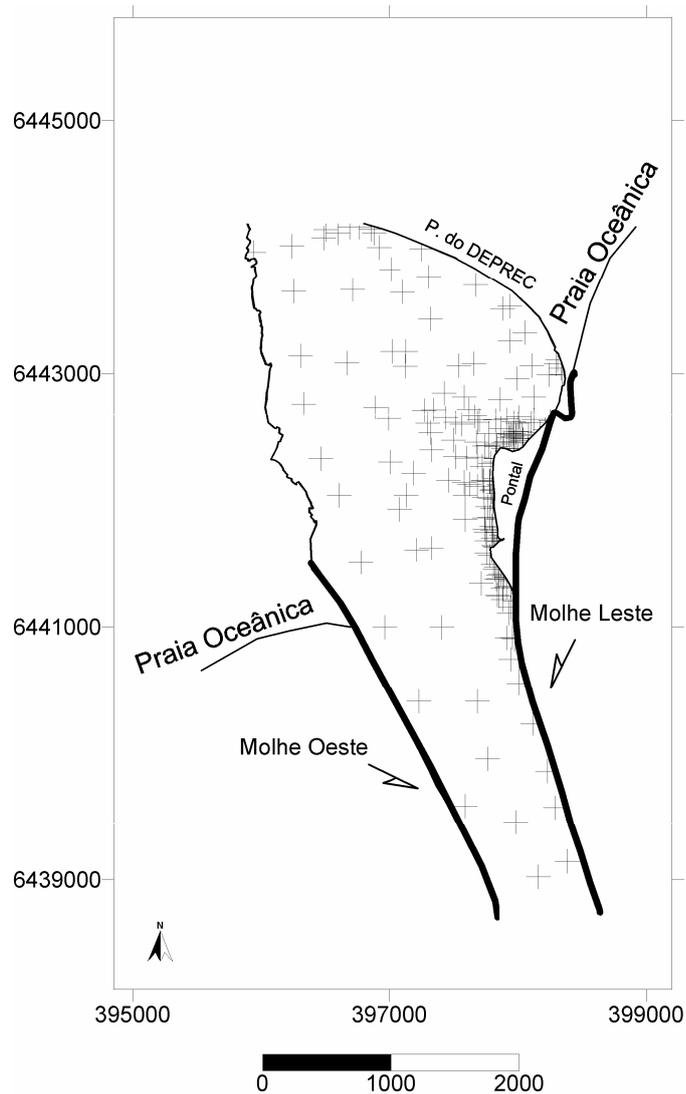
**Tabela 1-** Descrição dos levantamentos topográficos, onde n= número de meses de levantamento.

<b>Local</b>	<b>Período</b>	<b>n</b>	<b>Autor</b>
Praia Grande	27/02/96-16/05/97	7	Pivel (1997)
Prainha	27/02/96-16/05/97	8	Pivel (1997)
Guarita Leste	14/10/91-15/05/97	9	Pivel (1997)
Guarita Oeste	03/05/96-15/05/97	9	Pivel (1997)
Praia da Cal	03/05/96-24/07/97	8	Pivel (1997)
Tramandaí Calçadão	02/06/95-15/05/97	10	Pereira et al (2003)
Tramandaí Dunas	02/06/95-15/05/97	9	Pereira et al (2003)
Mar Grosso	28/04/95-29/08/96	21	Silva & Calliari (2001)
Terminal	09/01/02-23/03/02	52	Pereira (2003)
Rua Bahia	12/08/94-22/03/98	48	Oliveira & Calliari (1999)
Querência	07/02/91-29/10/93	45	Calliari & Klein (1993), Tozzi (1995)
Navio Altair	18/11/91-15/08/92	8	Banco de dados LOG
Hermenegildo	13/08/91-18/10/96	36	Calliari & Klein (1993), Tozzi (1999)
Barra do Chuí	16/01/02-18/02/02	11	Calliari & Klein (1993), Tozzi (1999)

Foram utilizados os parâmetros morfométricos: declividade do estirâncio, largura média da praia ( $Y_b$ ), desvio padrão da largura média da praia ( $\sigma Y_b$  - índice de mobilidade da linha de praia) e coeficiente de variação da posição média desta largura (CV - índice de mobilidade do pós-praia) obtido através da razão entre o desvio padrão das variações temporais da linha de praia ( $\sigma Y_b$  - índice de mobilidade da linha de praia) e a largura média da praia ( $Y_b$ ), descritos por Short & Hesp (1982). Fez-se então a relação entre os parâmetros morfométricos e os dados sedimentológicos.

#### **4.1.3 Amostragem no canal de comunicação da Laguna dos Patos e o oceano**

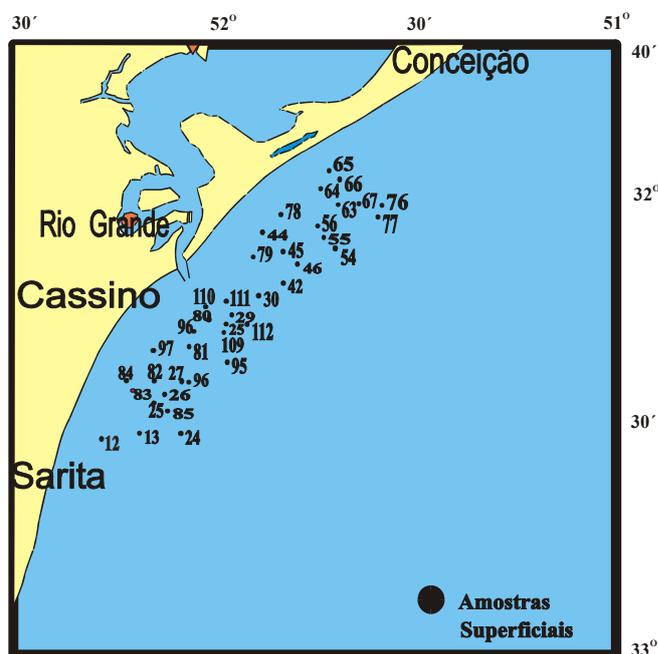
As amostras (fig. 17) deste local foram coletadas por Antikeira (2003) e são as mesmas utilizadas pelo autor na sua dissertação de mestrado. A amostragem foi feita com a utilização de dois tipos de embarcação, a lancha Larus para as regiões mais profundas e uma embarcação pequena para as áreas mais rasas. Foram coletadas 188 amostras aleatoriamente registrando cada ponto de coleta com um GPS (Global Positioning System) conectado com o *software* de navegação MNS (Multi Navegator System) da marca Brunton com precisão de 5m. O amostrador utilizado foi do tipo Petersen para águas rasas com capacidade de amostrar 5 kg de material.



**Figura 17**-Localização dos pontos de amostragem de sedimento superficial de fundo.

#### **4.1.4 Amostragem na plataforma interna junto à desembocadura da Laguna dos Patos**

As 40 amostras localizadas entre as isóbatas de 14 e 25 m foram obtidas durante as Operações Oceanográficas (Geocostas I e II) realizadas em abril de 1983 com o Noc. Almirante Câmara. A localização (fig. 18) destas amostras foi feita através do sistema Magnavox, dois canais.



**Figura 18-** Posicionamento das amostras.

#### 4.2 Processamento das Amostras

As amostras foram processadas com o objetivo de se obter dados referentes à granulometria. Após a coleta de aproximadamente 400 gramas de sedimento para cada ponto na praia as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos sendo devidamente etiquetadas. Em laboratório foram lavadas, para retirada total do sal. Depois de lavadas, foram secas a uma temperatura em torno dos 80°C. Um quarteador tipo “Jones” foi utilizado para a obtenção a fração de peso desejada da amostra para peneiragem. Nesta etapa foi retirada uma fração em torno de 30 a 70 gramas de amostra. Foi feita a retirada do carbonato com HCl. Procedimento similar foi aplicado para as demais amostras: na plataforma interna junto à desembocadura da Laguna dos Patos e no canal da desembocadura da Laguna dos Patos.

### 4.3 Análise Granulométrica

A análise granulométrica foi feita através da peneiragem mecânica. O intervalo de abertura de malha entre as peneiras foi de  $\frac{1}{4}$  de phi da escala de Wentworth (1922), para que se obtenha um melhor detalhamento da variação granulométrica das amostras. Cada amostra foi peneirada conforme a metodologia proposta por Lindholm (1987). O material retido em cada peneira foi pesado e os dados analisados segundo a interpretação granulométrica sugerida por Folk e Ward (1957), que considera a classificação, selecionamento, achatamento e tendência, com base nas curvas de frequência simples e acumulada. Os parâmetros calculados foram:

#### Média aritmética

É considerada uma boa representação do diâmetro médio de grão por não se basear em um único tamanho de grão ou classe de tamanho. A média é a medida de tendência central mais importante, pois é determinada pela fonte de sedimento, pelo agente transportador e pelo ambiente deposicional.

$$\text{Média aritmética: } Mz = \frac{\emptyset 16 + \emptyset 50 + \emptyset 84}{3}$$

#### Desvio Padrão

É a variação central dos tamanhos de grão a partir da média aritmética. O desvio padrão serve para determinar o grau de dispersão das classes granulométricas em relação a média, ou seja o selecionamento da amostra. Refletindo a capacidade dos agentes geológicos em selecionar com maior ou menor habilidade um determinado sedimento.

$$\text{Desvio Padrão: } \sigma = \frac{\emptyset 84 - \emptyset 16}{4} + \frac{\emptyset 95 - \emptyset 5}{6,6}$$

## Assimetria

É a tendência de uma curva a deslocar-se para um dos lados em relação à média. Quando a média esta deslocada para a direita e a curva apresentar uma cauda maior para o extremo dos finos, a assimetria é dita positiva, quando a média estiver deslocada para a esquerda e a curva apresentar a cauda maior para o lado dos grosseiros, a assimetria é dita negativa. Seu significado físico não é interpretado muito facilmente, porque, por exemplo, erros de amostragem podem ser refletidos na forma de assimetria ou porque mais de uma frequência de distribuição granulométrica foi incluída em uma única amostra, em virtude da má seleção das amostras ou porque a amostra de uma única população é muito pequena para refletir os atributos da distribuição original. A assimetria pode resultar da ação de agente com transporte seletivo removendo apenas uma porção do material.

$$\text{Assimetria:} \quad SK = \frac{\emptyset 16 + \emptyset 84 - 2 \emptyset 50}{2 (\emptyset 84 - \emptyset 16)} + \frac{\emptyset 5 + \emptyset 95 - 2 \emptyset 50}{2 (\emptyset 95 - \emptyset 5)}$$

### 4.3.1 Análise das tendências ao longo da praia

A distribuição dos valores de tamanho médio de grão, desvio padrão, assimetria foram colocados em diagramas de dispersão, onde, com o intuito de verificar as variações texturais ao longo da costa nos sedimentos das praias estudadas foi aplicada a estatística do teste *t* de *student* para coeficientes de correlação linear de Pearson. Foi então calculado o valor de *r* absoluto para cada conjunto de dados. Os valores críticos do coeficientes de correlação *r* de Pearson ( $r_c$ ) foram utilizados para definir se haviam evidências suficientes para apoiar a existência de uma correlação linear entre duas variáveis (H1:  $\rho \neq 0$ , existe correlação significativa, quando os valores absolutos de *r* forem maiores do que o valor crítico de  $r_c$  na tabela) ou se não haviam evidências suficientes para concluir pela existência de uma correlação linear entre as duas variáveis (Ho:

$\rho=0$ , não existe correlação significativa entre os dados, valores absolutos de  $r$  menores que valores críticos de  $r_c$  na tabela). O nível de significância utilizado foi de 0,05. A presença de correlações lineares significativas, indica a existência de uma relação de dependência entre as variáveis analisadas.

#### **4.3.2 Diferenciação entre subambiente praias**

Para a diferenciação dos subambiente foram confrontados dois parâmetros estatísticos de cada vez, a partir da descrição de Mason & Folk (1958), Friedman (1961, 1967), Stapor & Tanner (1975), Fox, *et al* (1966) sobre ser esta a melhor forma de diferenciá-los.

#### **4.4 Análise Fatorial Modo-Q**

Métodos estatísticos multivariados, particularmente análise fatorial modo-Q têm sido usados para interpretar dados de distribuição do tamanho de grão das amostras da plataforma interna (Klovan, 1966; Davies, 1970; Allen *et al.*, 1971; Castaing, 1973; Dal Cin, 1976). De acordo com Davies (1970), métodos multivariados podem ser utilizados para analisar a precisão e acurácia relativas de descritores do tamanho de sedimentos, e investigar o padrão de distribuição dos mesmos pelo cálculo direto a partir de histogramas (distribuição de frequência). Visto que o histograma é completamente utilizado, ao contrário de um sumário estatístico, mais informações podem ser obtidas.

Desta forma, as 40 amostras da plataforma interna adjacente à desembocadura da Laguna dos Patos utilizadas neste estudo, obtidas entre as isóbatas de 14 e 25 metros durante a operação Geocosta Sul I (fig.18), foram submetidas às técnicas rotineiras de peneiramento mecânico e pipetagem para se determinar as curvas de distribuição granulométrica. A partir dos resultados, construiu-se uma matriz (40 x 12) em intervalos de 0,5 phi na fração areia. A fração fina dividiu-se em silte (5 a 8 phi) e argila (9 a 12 phi) (Tabela A, anexo 2).

Quando se trabalha com distribuições granulométricas, torna-se difícil determinar as tendências dos processos geológicos pela simples inspeção dos dados, principalmente quando estas amostras apresentam distribuições polimodais. A análise fatorial modo-Q pode ser utilizada na tentativa de simplificar os dados multivariados. O uso da análise fatorial modo-Q resulta na redução do número de variáveis de um conjunto de dados, para umas poucas e novas variáveis, denominadas fatores. Os fatores que representam amostras, apresentam uma composição definida em termos das variáveis originais. A composição de todas as amostras são referidas em termos de alguns fatores.

Para a análise da distribuição granulométrica neste estudo, onde o tamanho de grão são as variáveis, necessita-se que a composição de cada um dos fatores se aproxime da composição das amostras padrão. Por exemplo, se três fatores são matematicamente representativos dos dados, temos uma solução com três fatores, e a composição de cada uma das três amostras padrão torna-se a composição de cada fator (Fig.19).

A análise dos dados leva em consideração que os fatores representam diferentes padrões texturais, que refletem variações e proveniências distintas do material sedimentar. Para cada fator, ou carga do fator na amostra foi plotado sobre um mapa, resultando em mapas de contornos.

Nosso objetivo na aplicação de tal técnica às amostras consiste em verificar se a Laguna dos Patos poderia ser a fonte de areia muito fina para as praias adjacentes.

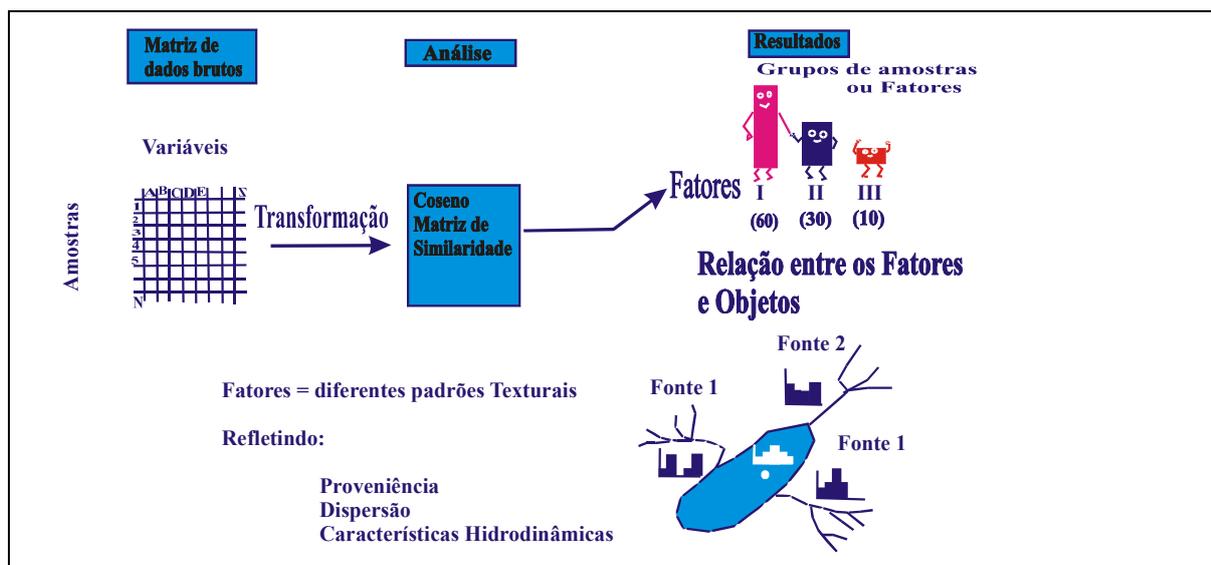


Figura 19-Diagrama dos passos da análise fatorial modo-Q (segundo Calliari, 1990).

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Introdução**

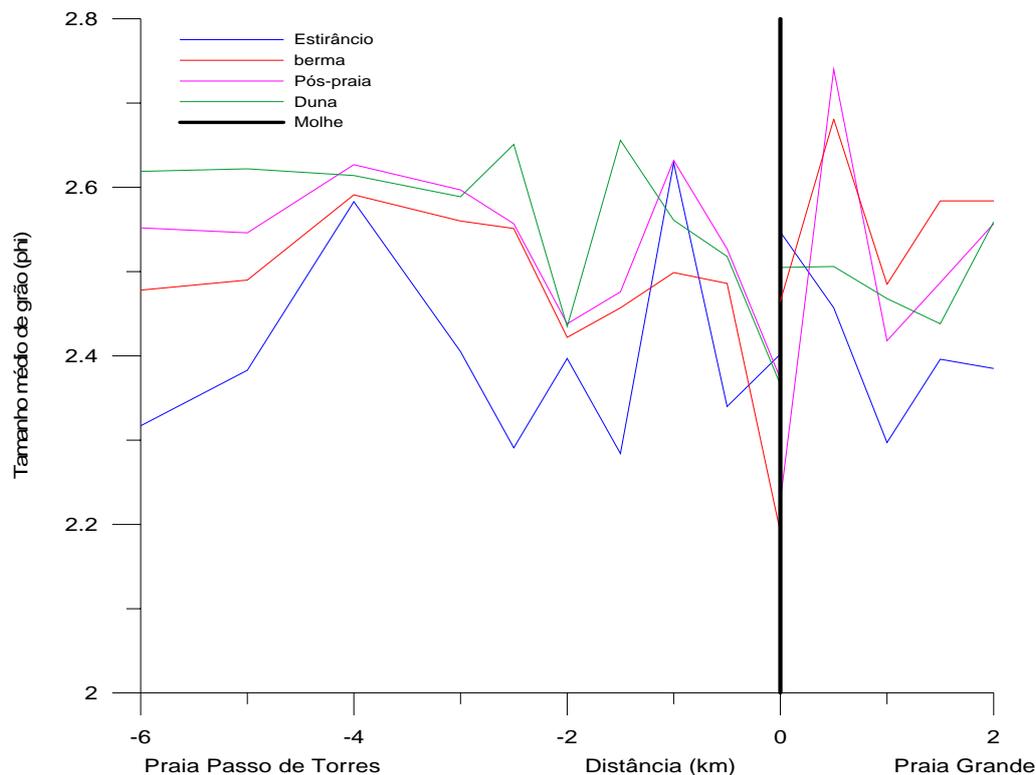
A interpretação dos parâmetros estatísticos analisados permite a caracterização detalhada da distribuição sedimentar ao longo da praia e transversalmente a ela, possibilitando um melhor entendimento dos processos atuantes em cada praia e em cada subambiente praial. Variações de tamanho de grão ao longo da costa e transversalmente a ela são observadas em diversas praias em todo o mundo, sendo controlada por fatores hidrodinâmicos e eólicos atuando de forma distinta sobre os sedimentos.

### **5.1 Distribuição Longitudinal dos Sedimentos**

#### **5.1.1 Praias adjacentes ao Rio Mampituba**

##### **Média - Tamanho médio de grão**

Conforme demonstra a figura 20, nas praias de Torres o tamanho médio de grão se mantém entre 2,2 e 2,7 $\phi$ . São praias bastante homogêneas com relação às características sedimentológicas. Os subambiente apresentam uma boa diferenciação no seu tamanho de grão na Praia de Passo de Torres a partir do primeiro quilômetro, com o maior tamanho médio de grão no estirâncio, diminuindo na berma, pós-praia e duna.



**Figura 20**-Tamanho médio de grão na Praia de Passo de Torres e na Praia Grande.

Comparativamente o tamanho médio de grão da praia Grande apresentou-se levemente mais fino que na praia de Passo de Torres. Este fato pode estar relacionado ao aumento de largura, evidenciando a tendência acresciva, a ponto de um grande volume de areia avançar sobre uma rua adjacente, resultando na fixação artificial das dunas (Pivel, 1997). Segundo Lélis, (op cit) antes da construção dos molhes, entre 1968 e 1970, essa praia tinha uma área que não chegava a 40% da observada atualmente. Entre 1974/1989, período de 15 anos, a acrescção foi intensa. Para a linha de dunas, a máxima acrescção foi de 87,2m a 495m da base do molhe, com média de 71,67m; para a linha de preamar, 108m a 550m da origem. Entre 1989/2000, período de 11 anos, as taxas apresentadas pela linha de dunas não ultrapassaram a faixa de incerteza, com exceção de uma pequena área de 130m próxima à base do molhe, com erosão máxima de -77m. Para todo o período o autor observou uma taxa de acrescção de 3,6m/ano para a linha de preamar, e 1,95m/ano

para as dunas. Esteves (2004) classifica as praias de Torres como prográdantes sob a influência de promontórios rochosos, evidenciando o balanço positivo da praia Grande devido ao bloqueio da deriva litorânea pelo efeito do molhe.

### Desvio Padrão – Grau de seleção

A distribuição do grau de seleção, ao longo das praias é mostrado na figura 21. As amostras de ambas as praias são classificadas como muito bem selecionadas e bem selecionadas. Amostras com melhor seleção foram verificadas no pós-praia e na duna, em ambas as praias. O subambiente com os sedimentos menos selecionados foi o estirâncio.

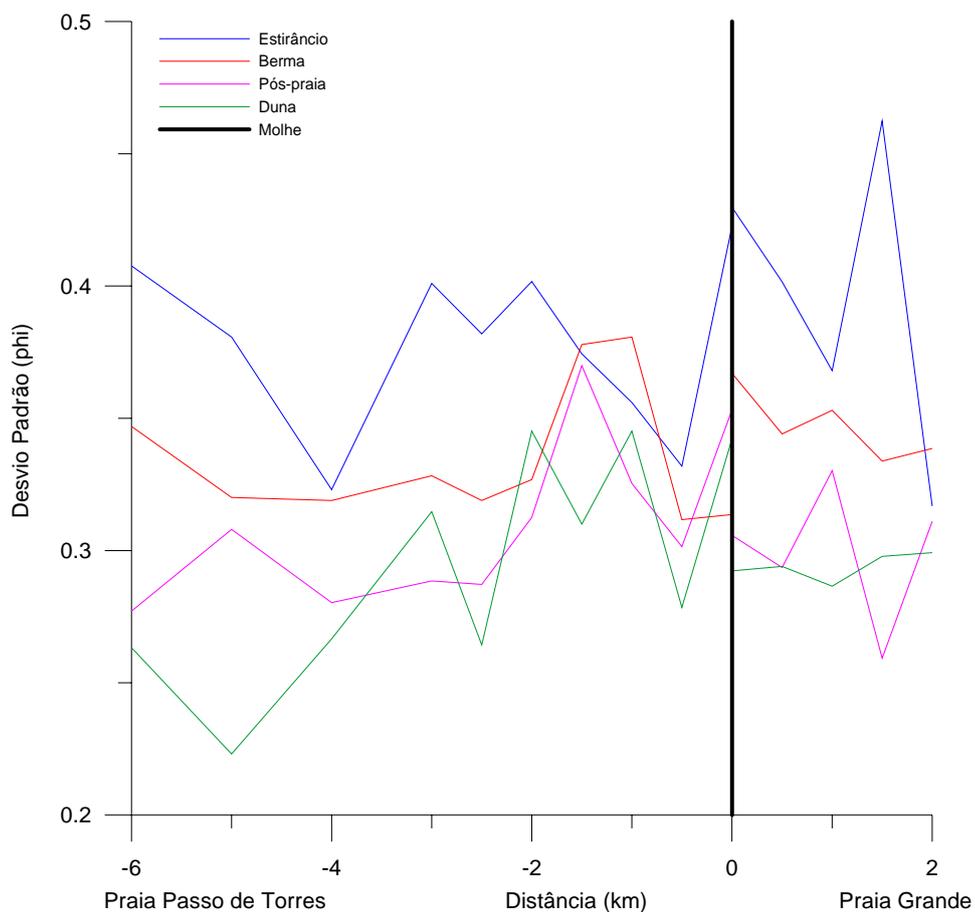
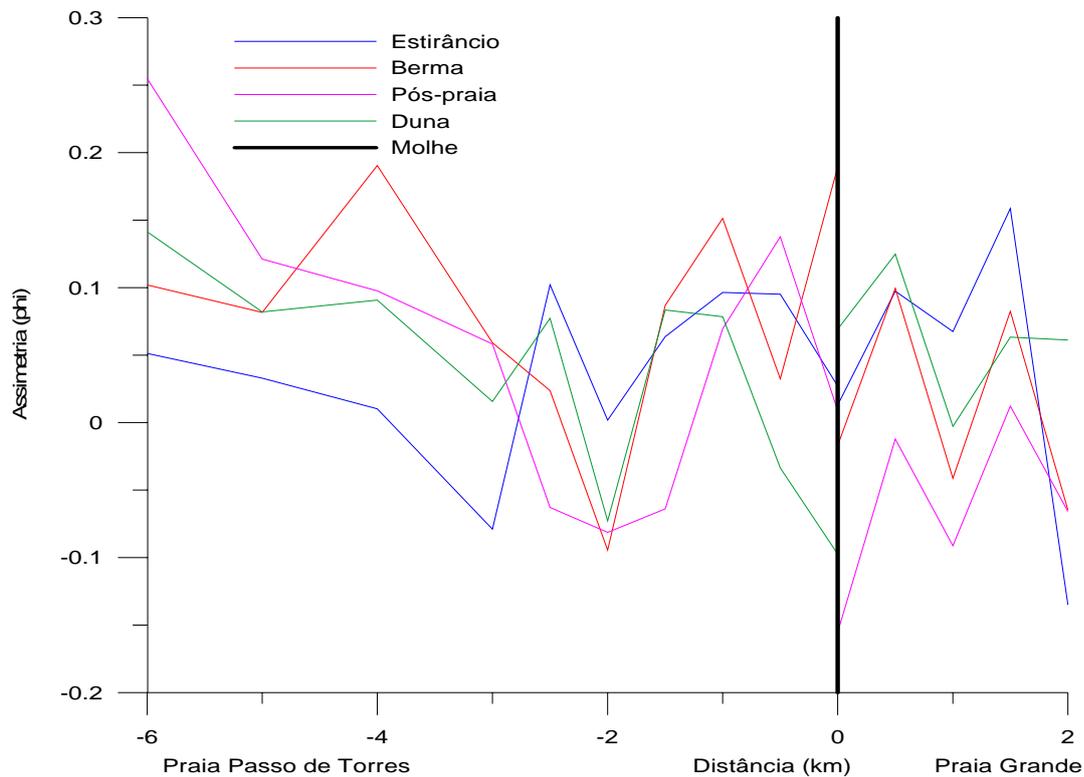


Figura 21- Desvio padrão nas praias de Passo de Torres e Grande.

Na Praia de Passo de Torres as amostras apresentam melhor seleção comparativamente as da praia Grande, com exceção do estirâncio. À medida que aumenta a distância do molhe uma leve tendência no aumento do grau de seleção é verificada apesar da homogeneidade ao longo da praia.

### **Assimetria**

A assimetria na Praia de Passo de Torres apresenta a tendência de ser mais positiva à medida que aumenta a distância do molhe (fig. 22). Entretanto, a dois km do molhe valores de assimetria negativa são verificados, provavelmente relacionada à retirada do material de granulometria mais fina, devido as fortes correntes de retorno observadas neste local, apresentando inclusive sinais de erosão na face da praia. Na Praia Grande a assimetria é inicialmente negativa, logo em seguida apresenta valores positivos, depois volta a ser negativa (fig.22). As amostras da Praia de Passo de Torres, à medida que se afastam do molhe, têm assimetria mais positiva que as amostras da Praia Grande.



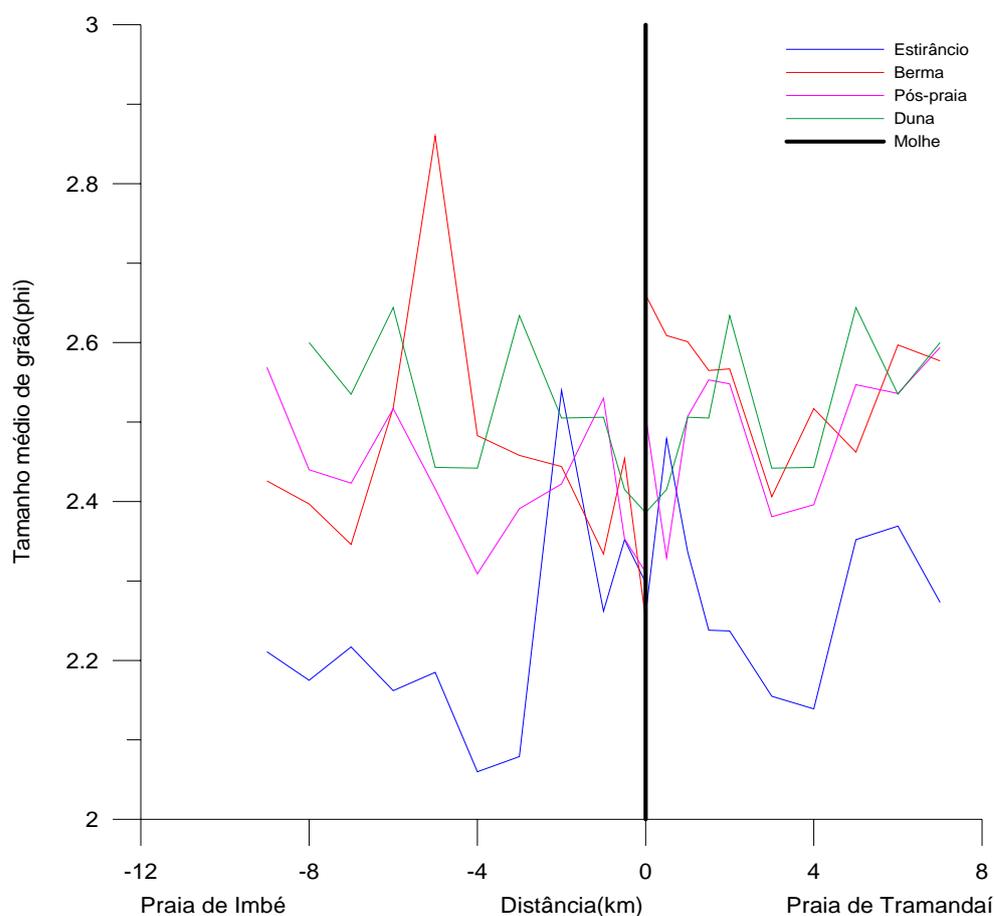
**Figura 22**–Assimetria nas praias de Passo de Torres e Grande.

Friedman (1961) demonstra que a maior parte das amostras de praia tem assimetria negativa devido à retirada do material de granulometria fina pelas ondas e pelo espraçamento, enquanto que aqueles próximos a rios podem manter a assimetria positiva dos sedimentos fluviais desde que não tenham ainda se ajustado às novas condições ambientais. Desta forma as oscilações sofridas pela assimetria, segundo o autor, podem indicar uma interação entre os processos marinhos e fluviais. Nas praias de Torres valores negativos de assimetria podem estar relacionados além dos processos de espraçamento, a influência do material mais grosso proveniente do Arenito Botucatu, que aflora na praia. Segundo Delaney (1965), areias do Botucatu tem a mediana entre (0,12 mm e 0,26 mm) sendo classificadas como areia fina e média.

### 5.1.2 Praias adjacentes à Laguna de Tramandaí

#### Média - Tamanho médio de grão

Conforme se observa na figura 23, o tamanho médio de grão nestas praias na proximidade do molhe é mais fino ( $2,5\phi$  no estirâncio), seguido de aumento na granulometria entre os km 3 e 4.



**Figura 23-** Tamanho médio de grão na Praia de Imbé e Tramandaí.

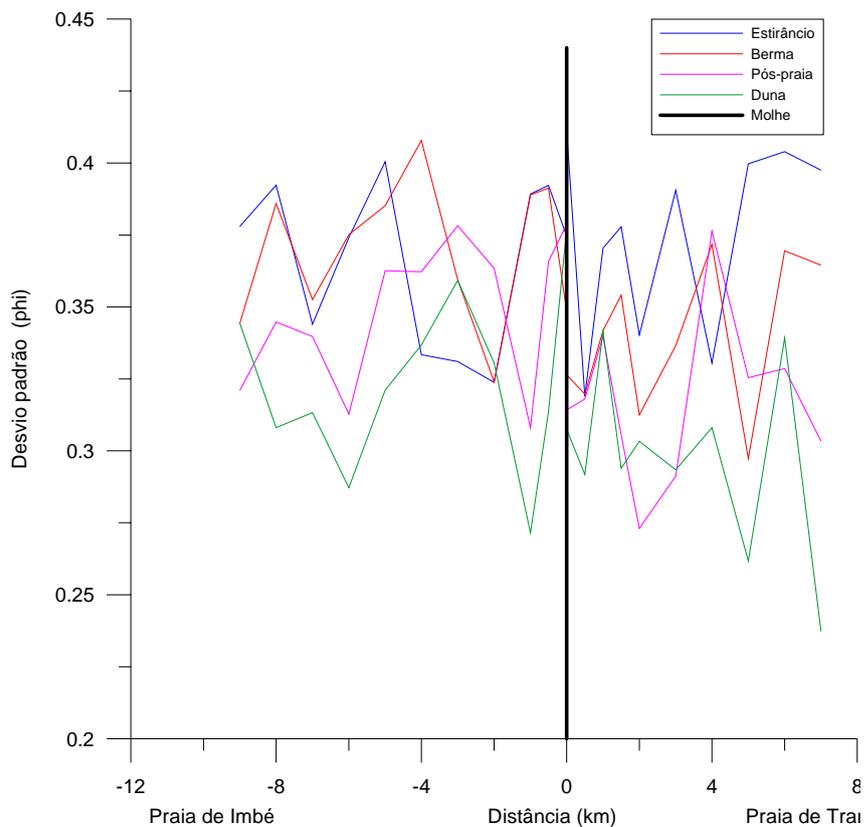
Na Praia de Imbé, os sedimentos apresentam um comportamento homogêneo ao longo da praia, com exceção do subambiente estirâncio. O tamanho médio de grão oscila entre 2,1 e 2,6  $\phi$ . Em torno do km 4 o tamanho médio de grão no estirâncio se mostra bastante fino. A partir deste ponto, o estirâncio apresenta sedimentos mais grossos.

Na Praia de Tramandaí o tamanho médio tende a sofrer uma diminuição até o km 4, a partir daí se observa um pequeno acréscimo neste parâmetro. Nestas praias não são observadas variações significativas em termos de tamanho médio de grão ao longo da praia, as maiores variações ocorrem no estirâncio. Amostras do estirâncio junto ao molhe são mais finas provavelmente ao trapeamento de sedimentos de menor granulometria junto à estrutura devido à ação eólica.

Da mesma maneira que verificamos homogeneidades nas características granulométricas ao longo da costa, Lélis (2003) também menciona características bastante homogêneas para estas praias e descreve que a orientação de linha de costa é a mesma em toda a praia. O autor observou taxas de erosão em ambas praias, com valores médios em torno de 1 a 1,5 m/ano, alcançando na raiz do molhe oeste, valores mais significativos. As taxas de erosão foram relacionadas ao déficit de sedimentos da costa do RS, sendo amplificada pela intensa urbanização na área. Quanto à influência da estrutura de fixação nas taxas de erosão, acredita-se que haja pouca contribuição, pois devido a sua pequena magnitude permite que haja troca de sedimentos entre as praias.

#### **Desvio Padrão – Grau de seleção**

Nas Praias de Imbé e Tramandaí os sedimentos podem ser classificados como muito bem selecionados e bem selecionados. Uma tendência sutil é observada no sentido de que os sedimentos se tornem mais selecionados em direção ao norte, entretanto esta não é muito representativa. De forma que consideramos o parâmetro de uma forma geral homogêneo ao longo das praias (Fig. 24).

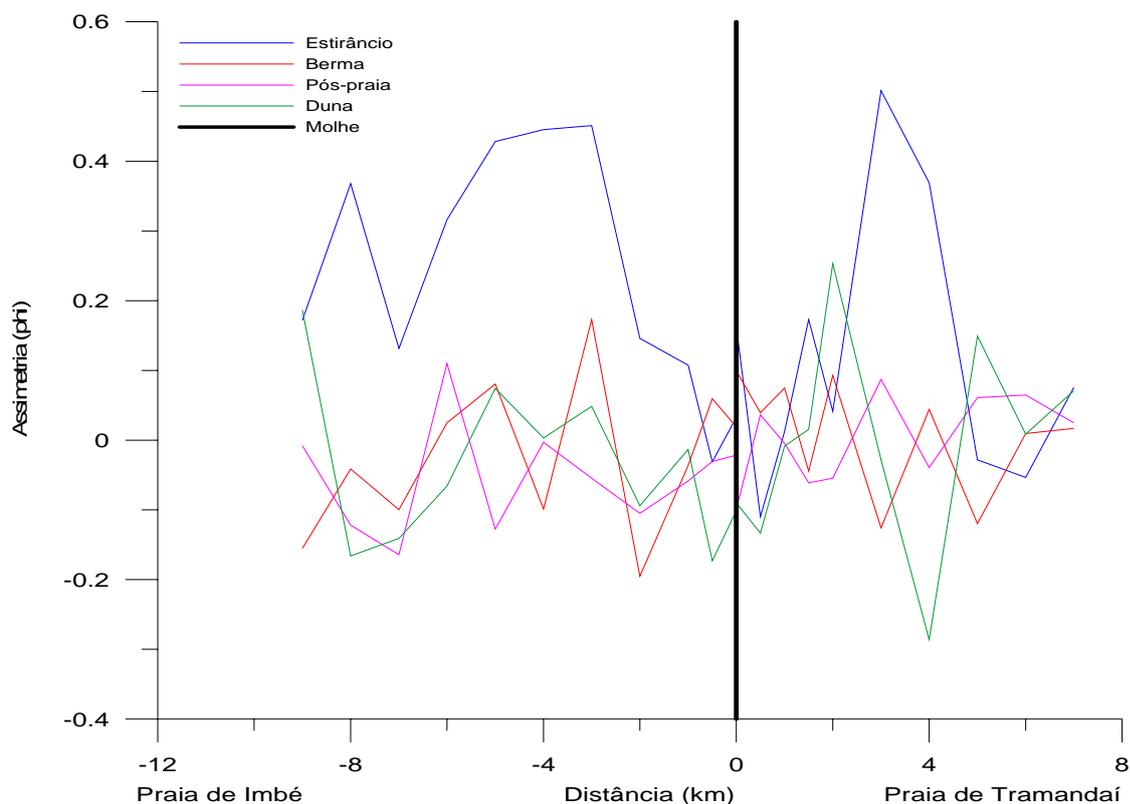


**Figura 24-**Desvio padrão na Praia de Tramandaí e na Praia de Imbé.

### **Assimetria**

A assimetria é um parâmetro bastante oscilante ao longo das praias de Imbé e Tramandaí (fig 25). Na proximidade do molhe a assimetria no estirâncio destas praias varia de aproximadamente simétrica à positiva, nos demais ambientes a assimetria apresenta um padrão simétrico à levemente negativo. Com o aumento da distância do molhe os valores no estirâncio se tornam positivos e nos outros subambientes apresentam uma tendência para aproximadamente simétricos e negativos.

Na praia de Tramandaí as maiores diferenças são verificadas no estirâncio e na duna, em torno do km 4 os valores da assimetria muito positiva no estirâncio e na duna muito negativa.



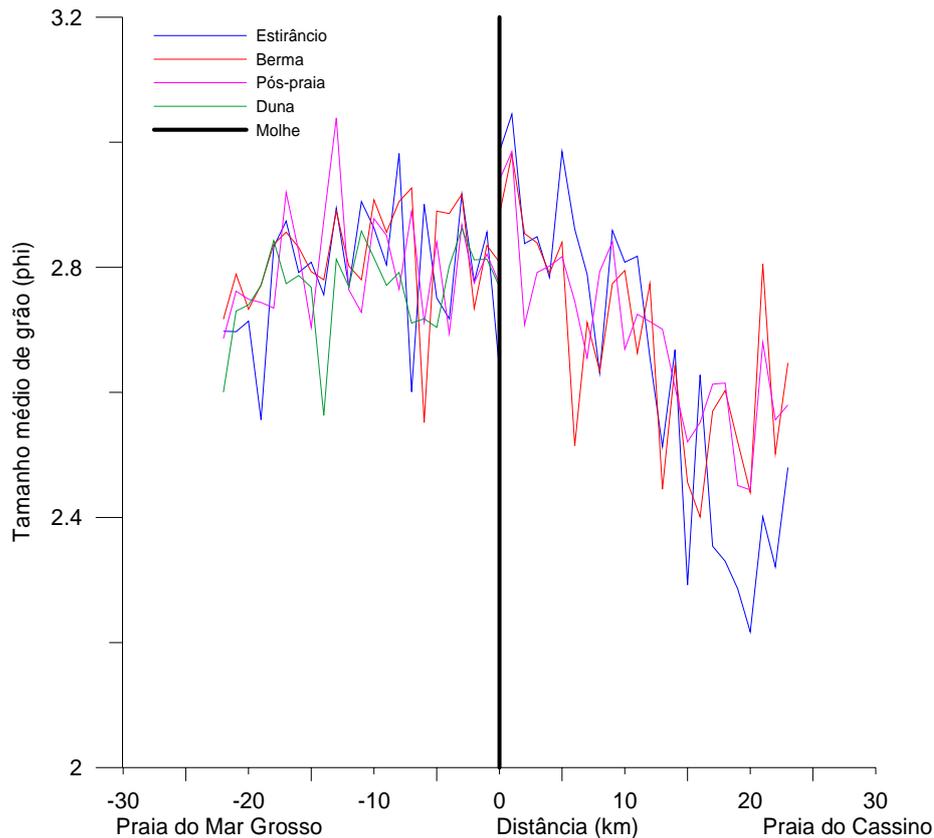
**Figura 25**– Assimetria na Praia de Tramandaí e Praia de Imbé.

A assimetria mais positiva no estrâncio, ambiente mais influenciado pelos processos hidrodinâmicos, pode ser explicada devido à dominância de material mais grosso, areia média ou fina, com pequenas quantidades de material mais fino (areia muito fina). Mason & Folk (1958) indicaram que areias de praia apresentam assimetrias negativas ou curvas normais; areias de duna têm assimetrias positivas, contradizendo os resultados aqui apresentados. Entretanto, Andrews & Van der Lingen (1969) defendem que a assimetria reflete as características inerentes à área fonte de sedimentos, sendo esta uma explicação mais adequada para o que ocorre no local, onde a entrada de sedimentos mais finos é escassa, pois a laguna parece não contribuir com material para as praias adjacentes.

### 5.1.3 Praias adjacentes à Laguna dos Patos

#### Média aritmética – Tamanho Médio de Grão

Considerando o tamanho médio de grão das praias estudadas verificamos que existe a dominância de areia fina (2 a 3  $\phi$ ) (fig.26).



**Figura 26-** Tamanho médio de grão na praia do Cassino e Mar Grosso.

Ao norte do molhe, na Praia do Mar Grosso o tamanho médio dos grãos se apresenta de forma mais uniforme ao longo da praia, entretanto se mostra levemente mais grosso do que na porção adjacente ao molhe da Praia do Cassino. Na última, a granulometria média próximo ao molhe é mais fina, porém ocorre a brusca elevação no tamanho médio de grão em direção ao sul, onde a diferença de tamanho de grão alcança quase uma unidade de phi em apenas 20 km de extensão. Na região próxima ao Navio Altair (18 km da base do molhe oeste) o tamanho médio de grão

alcança valores em torno de  $2,3\phi$ . As maiores variações são observadas no estirâncio, já que este é o subambiente mais sujeito às variações hidrodinâmicas.

No Cassino o tamanho médio de grão está compreendido entre  $2.2$  a  $3\phi$  (areia fina) com tamanho médio no estirâncio de  $2.64\phi$ . No Mar grosso o tamanho médio de grão se mantém no intervalo de  $2.5$  a  $3\phi$  (areia fina), com tamanho médio no estirâncio de  $2.78\phi$ .

Os sedimentos mais finos verificados junto ao molhe na praia do Cassino comparativamente a praia do Mar Grosso, estão relacionados ao caráter acrescivo descrito por Lélis (2003), sendo classificadas por Esteves (2004) como praias impactadas e progradantes, os quais atribuem estas características ao efeito de bloqueio do transporte de sedimentos exercido pelo molhe.

Variações no tamanho médio de grão na praia do Mar Grosso estão também relacionadas à circulação existente no local, sendo esta influenciada pela presença do molhe onde temos deposição de sedimentos de granulometria mais fina junto ao molhe e pela retirada dos mesmos a distâncias situadas entre  $1$  a  $7$  Km do molhe leste. Tal mecanismo é consubstanciado pelo trabalho de Lélis (2003) o qual demonstra que a parte inicial do Mar Grosso ( $800$  m da base do molhe) está sofrendo uma pequena acresção e o trecho logo a seguir com  $5,6$  Km de extensão encontra-se em erosão. Os dados de campo encontrados por Silva & Calliari (2001) também evidenciam o caráter erosivo da área próxima do km  $3$  a partir da base do molhe. Os diagramas de refração de ondas apresentados por Calliari & Speranski (2002), da mesma maneira caracterizam a região próxima à desembocadura até em torno de  $8$ km da base do molhe como de caráter erosivo. Os indicadores granulométricos seguem o princípio de que os grãos mais finos são remobilizados com mais facilidade pelas correntes, de forma que somente os mais grossos permanecem em locais de maior energia, sendo esta uma explicação plausível para que os maiores tamanhos de grão coincidam com trecho em erosão. No trecho adjacente, com cerca de

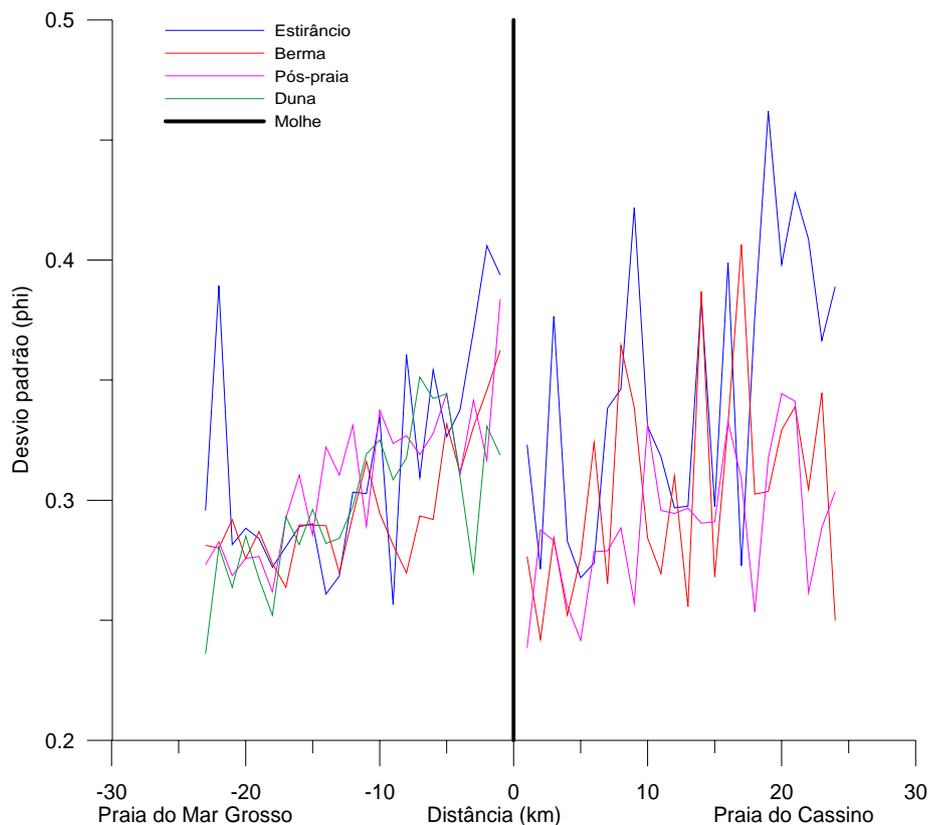
10 km de extensão, os sedimentos tornam-se mais finos. Neste trecho uma maior estabilidade na linha de costa foi verificada por Lélis (op. cit.), no período de 1974 - 2000 provavelmente devido ao aporte sedimentar, por deriva litorânea de sedimentos, oriundo do corpo lagunar adjacente, pois neste local foram verificadas novamente porcentagens elevadas de areia muito fina nas amostras (fig.35).

### **Desvio Padrão – Grau de seleção**

As amostras são classificadas como muito bem selecionadas ( $\sigma < 0,35$ ) e bem selecionadas ( $0,35 > \sigma < 0,50$ ). Em ambas as praias conforme se observa na fig.27, há um aumento no grau de seleção no sentido do transporte litorâneo líquido SW-NE.

Na Praia do Cassino o grau de seleção aumenta em direção à desembocadura somente a partir de 16 km da base do molhe. A menor seleção é verificada justamente onde as maiores misturas entre areia fina, muito fina e média ocorrem, entre os km 16 e 20.

No Mar Grosso, na proximidade do molhe os valores de desvio padrão são mais elevados, porém se observa um aumento no grau de seleção até 23 km de distância do molhe.

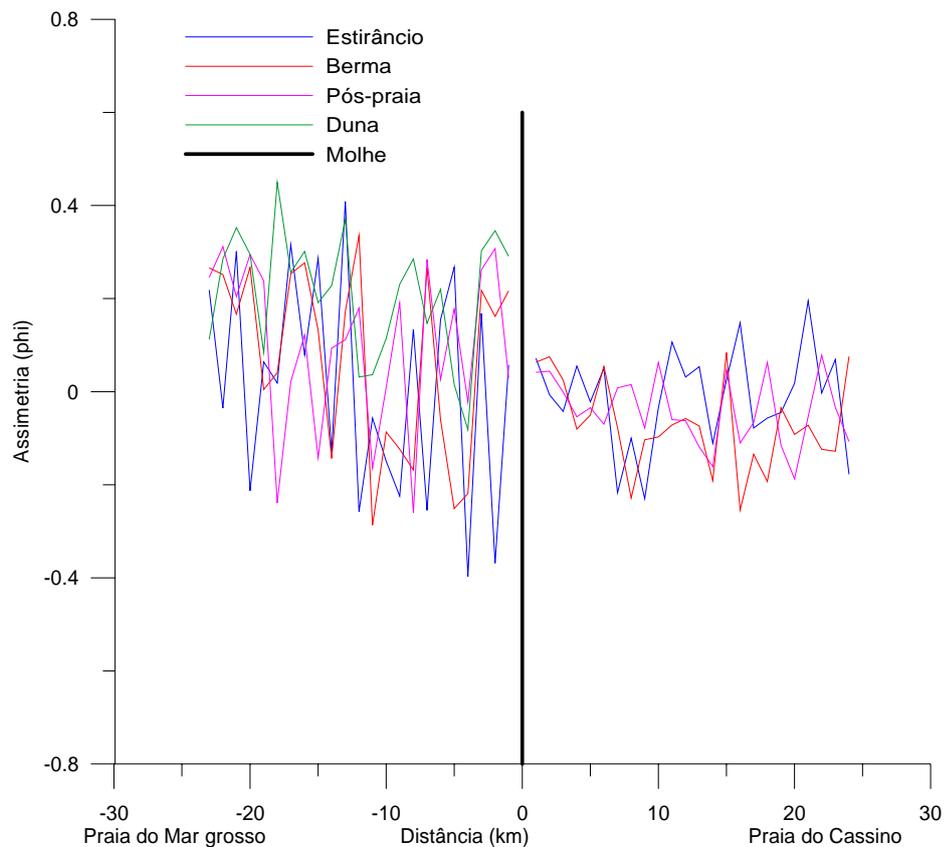


**Figura 27**– Grau de seleção na Praia do Cassino e Praia do Mar Grosso.

Na praia do Mar grosso, de uma forma geral, as amostras próximas do molhe com menor grau de seleção são as que apresentam as maiores porcentagens de areia muito fina, além de elevadas porcentagens de areia fina. Uma explicação pode ser o fato de o molhe funcionar como um anteparo para areia muito fina transportada pelo vento

### **Assimetria**

O parâmetro assimetria apresentou-se bastante variável, em ambos lados da desembocadura, onde são observadas desde assimetrias muito negativas até muito positivas. As maiores amplitudes de variação ocorrem na praia do Mar Grosso. Na praia do Cassino esta variação é um pouco mais restrita, e as amostras apresentam assimetria desde negativa à positiva (fig. 28).



**Figura 28**– Assimetria na Praia do Cassino e Mar Grosso.

Na Praia do Cassino (fig.28), na proximidade do molhe, as amostras apresentam-se aproximadamente simétricas e com assimetria negativa. Em seguida podemos observar amostras assimétricas para o lado dos finos (positiva). O estirâncio, até o km 15 na Praia do Cassino, apresenta uma assimetria mais negativa que os demais ambientes. Neste subambiente, inicialmente, sedimentos mais finos dominam, areia muito fina, com cauda de granulometria mais grossa (areia fina). Assimetria negativa é característica de sedimentos praias. Entretanto a partir do km 15, o estirâncio apresentou uma assimetria mais positiva do que as amostras dos demais ambientes. Este comportamento reflete a redução da influência de sedimentos mais finos no estirâncio observado no trecho inicial, a qual produzia uma assimetria negativa nas amostras. Salientamos também que no final do trecho estudado, assimetrias positivas são verificadas,

devido à dominância de areia média e menores quantidades de areia fina nas amostras, deslocando assimetria para o lado dos finos. Através dos histogramas apresentados na figura 46 este padrão pode ser evidenciado.

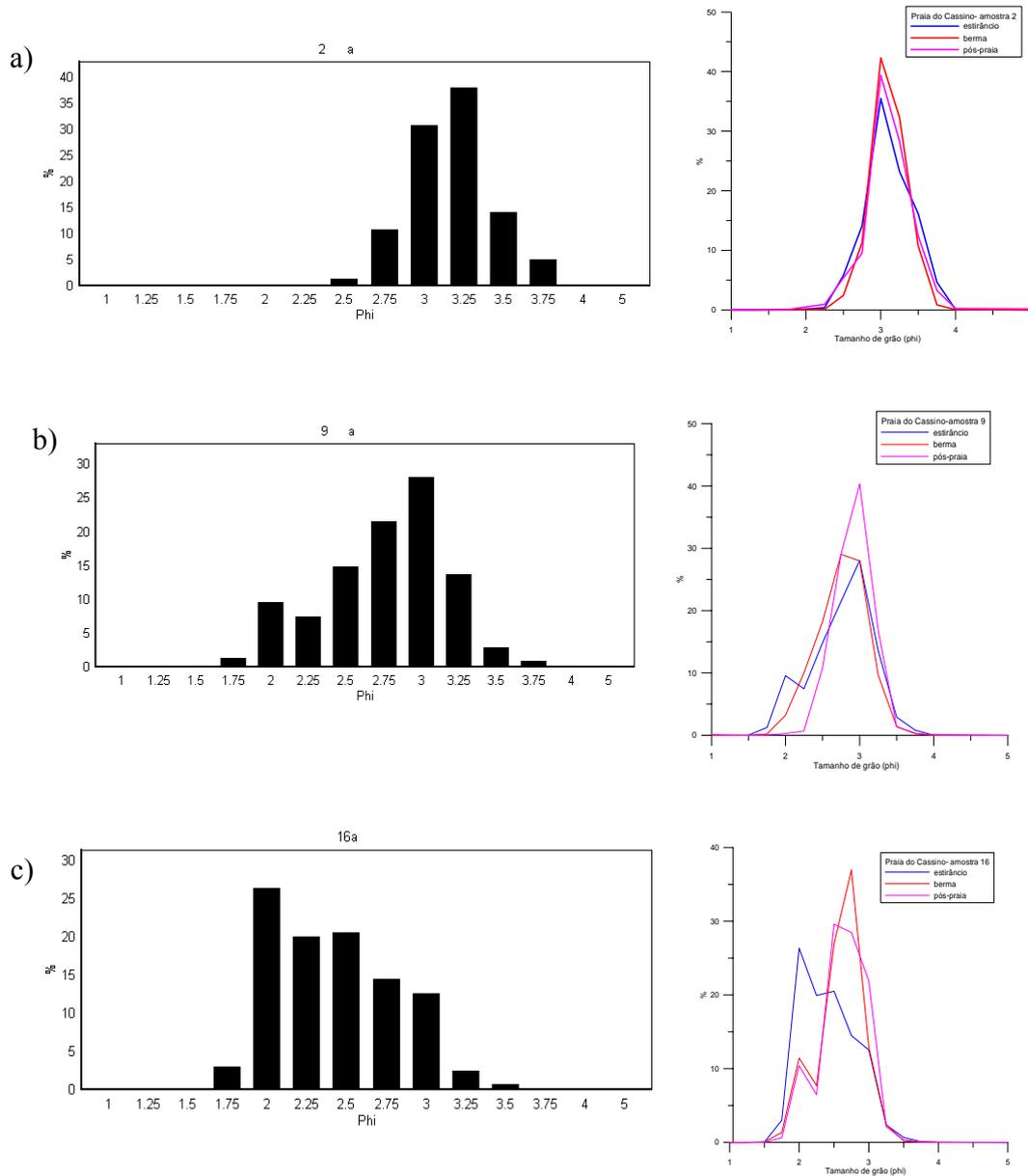
Na Praia do Mar Grosso este parâmetro se mostra bastante oscilante na área amostrada, apresentando desde assimetria muito negativa até muito positiva. Este comportamento pode estar relacionado a ritmicidade verificada neste setor, onde são observados cúspides praias. Devido ao método de amostragem, a cada km, a coleta pode ter sido feita tanto no cúspide, como fora dele, ocasionando maiores oscilações neste parâmetro. Uma tendência das amostras se tornarem aproximadamente simétricas e com assimetria positiva é observada à medida que nos afastamos da embocadura até a distância em torno do km 23 a partir do molhe.

Os valores de assimetria nestas praias não apresentaram padrões os quais permitissem a clara diferenciação dos ambientes. Já que o agente transportador pode ser caracterizado através da cauda da distribuição granulométrica, conclui-se que as amostras desta praia são submetidas à ação dos diversos processos comuns atuantes como: vento, ondas e, além disso, a ação de marés meteorológicas, responsáveis pela homogeneização dos ambientes. A praia do Cassino é a mais atingida por marés meteorológicas devido às características mais dissipativas de toda costa do RS, permitindo uma maior excursão horizontal das ondas durante estes eventos e assim homogeneizando os sedimentos.

### **Setorização da praia do Cassino**

Em função da variação espacial das características sedimentológicas da praia do Cassino, uma melhor representação do tamanho médio de grão pode ser obtida através da divisão da mesma em três setores: (1) setor adjacente ao molhe (até km 7) - tamanho médio de grão é o mais fino de toda costa do RS ( $2,9 \phi$ ); (2) setor central (km 7 ao 15) - tamanho médio é de  $2,7 \phi$ ; e (3) setor

navio (km 15 a 24)- tamanho médio é de 2,3  $\phi$ . Exemplos de distribuições granulométricas referentes a cada setor são apresentados na fig. 29.

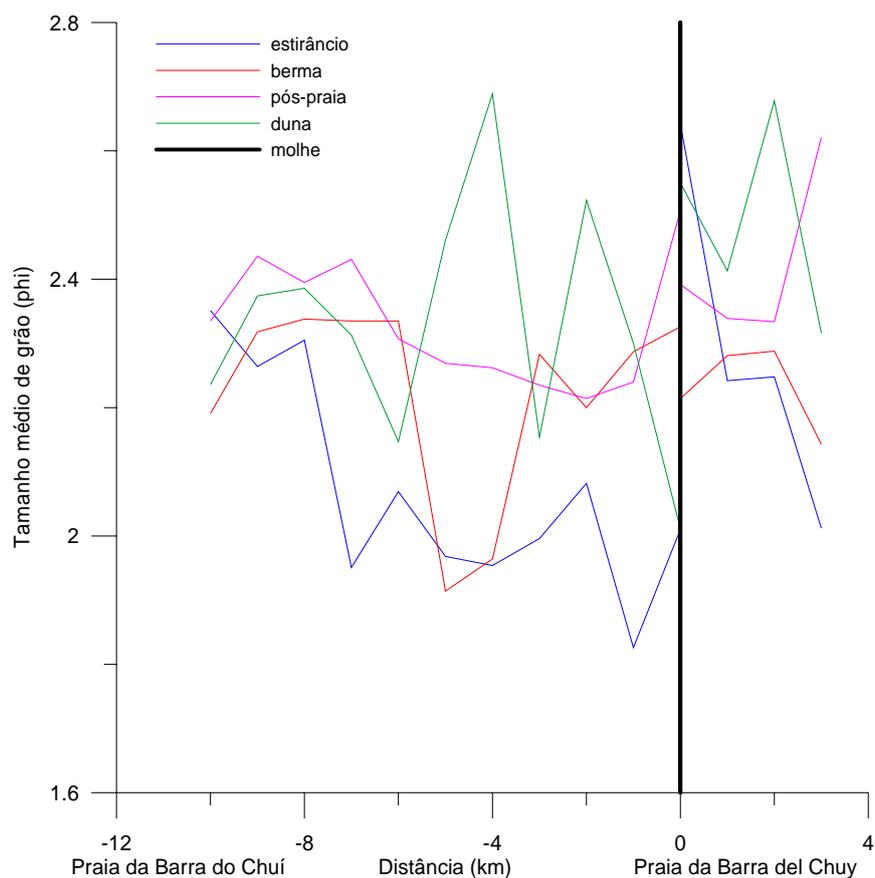


**Figura 29-** Histogramas de amostras do estirâncio representando cada setor com as maiores diferenças entre as amostras. a) amostra 2, representando setor molhe; b) amostra 9, representando setor central; c) amostra 16, representando setor Navio Altair.

### 5.1.4 Praias adjacentes ao Arroio Chuí

#### Média aritmética - Tamanho médio de grão

O tamanho médio de grão na Praia da Barra do Chuí (fig. 30) apresenta um intervalo de tamanho bastante amplo sendo verificadas amostras com tamanho médio desde  $1.5\phi$  até  $2.7\phi$ .



**Figura 30-** Tamanho médio de grão na Praia da Barra do Chuí - Brasil e Praia da Barra del Chuy - Uruguai.

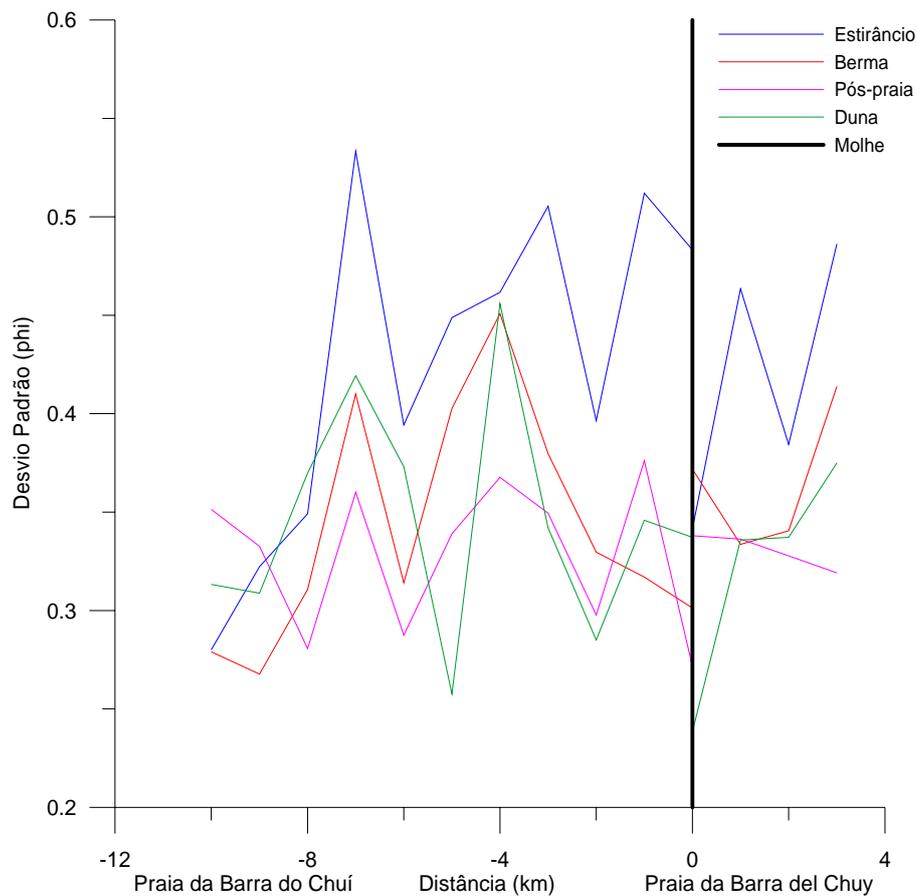
O tamanho médio de grão sofre uma brusca elevação na direção norte, indicando que neste trecho da costa as características sedimentológicas são bastante heterogêneas. Isto se deve ao fato de que este local sofre a influência de sedimentos relíquias, de provável origem fluvial pleistocênica (Figueiredo Jr., 1975; Calliari & Klein, 1993), os quais sofrem retrabalhamento pela ação de ondas. Sedimentos de menor granulometria são verificados na duna, enquanto que maiores tamanhos de grão foram encontrados no estirâncio e na berma.

Na Praia da Barra del Chuy o tamanho médio de grão se mantém num intervalo mais constante ao longo da Praia, ficando em torno de  $2.2 \phi$  a  $2.6 \phi$ , com tamanho médio para o estirâncio de  $1.9\phi$  na extensão estudada. Ocorre uma elevação no tamanho médio de grão com o aumento da distância do molhe.

Nas duas praias foi verificada uma boa diferenciação entre os subambiente, onde o estirâncio se apresenta mais grosso que os demais, seguido pela berma, pós-praia sendo que os sedimentos mais finos são encontrados na duna. Somente no setor junto ao molhe na Praia da Barra del Chuy o estirâncio se apresentou mais fino.

#### **Desvio Padrão – Grau de seleção**

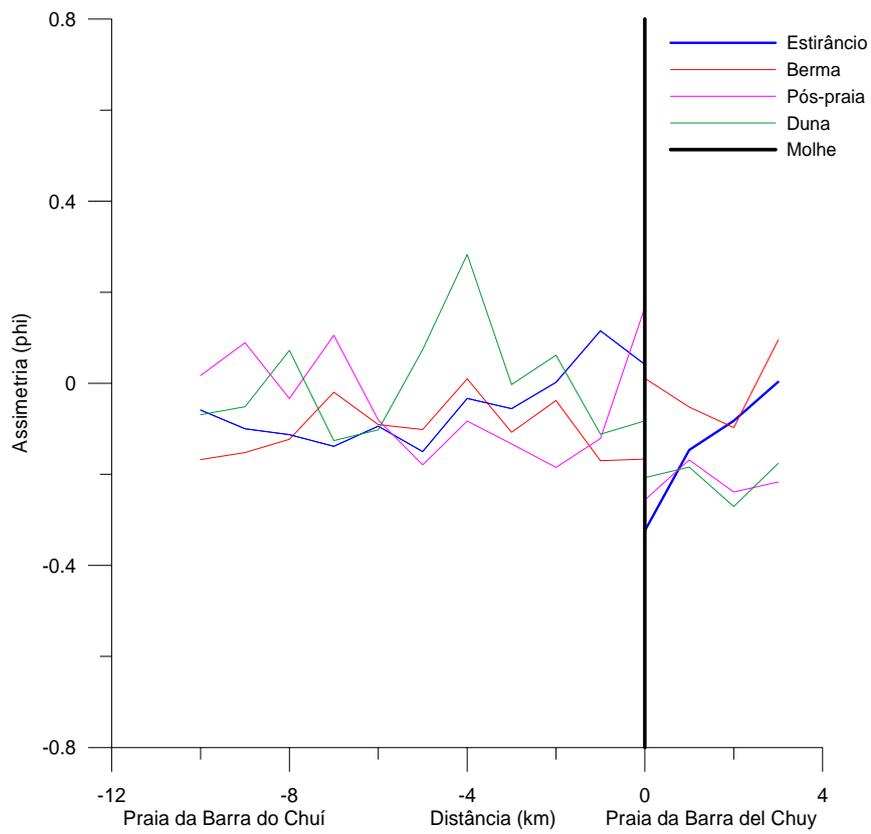
Na fig. 31 é demonstrado o comportamento do grau de seleção ao longo das praias. A maior parte das amostras de ambas praias são classificadas como muito bem selecionadas e bem selecionadas. Amostras do estirâncio em ambas as praias apresentam um pior grau de seleção comparativamente aos demais ambientes. Na praia da Barra Del Chuy, os valores mais elevados de desvio padrão encontrados coincidem com os maiores tamanhos médios de grão, concordando com os padrões descritos por Self (op cit). Entretanto, o mesmo fato não se confirma para a praia de Barra do Chuí.



**Figura 31**– Grau de seleção na Praia da Barra do Chuí – Brasil e na praia da Barra Del Chuy – Uruguai.

### **Assimetria**

A assimetria é um parâmetro pouco variável ao longo das praias estudadas sendo aproximadamente simétrica na maioria das amostras (fig.32). O estirâncio apresenta valores negativos de assimetria e na duna positivos em algumas amostras. Na praia da Barra del Chuy – Uruguai, as amostras referentes a berma, apresentam valores de assimetria mais positivos que os verificados na duna.

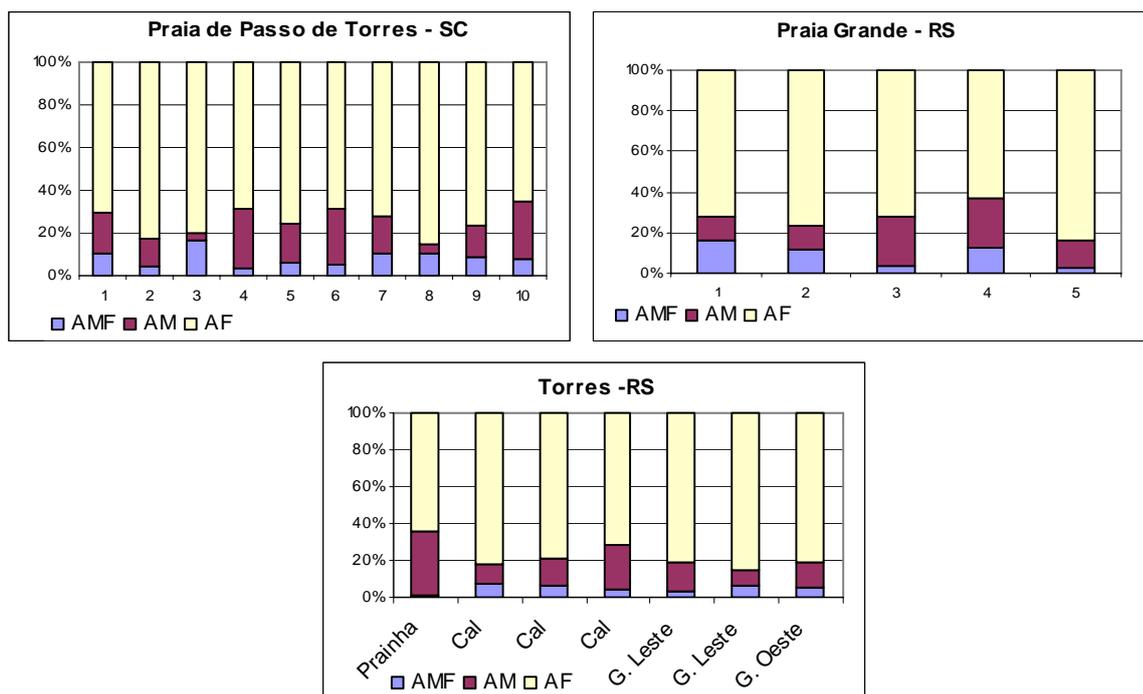


**Figura 32-** Grau de simetria na Praia da Barra do Chuí -Brasil e Praia da Barra del Chuy - Uruguai.

## 5.2 Percentuais de cada classe de tamanho de grão

### 5.2.1 Praias adjacentes ao Rio Mampituba

Nas praias adjacentes ao Rio Mampituba os percentuais de cada classe são bastante similares entre as praias (figura 33). A areia fina é classe granulométrica dominante em todas as amostras.



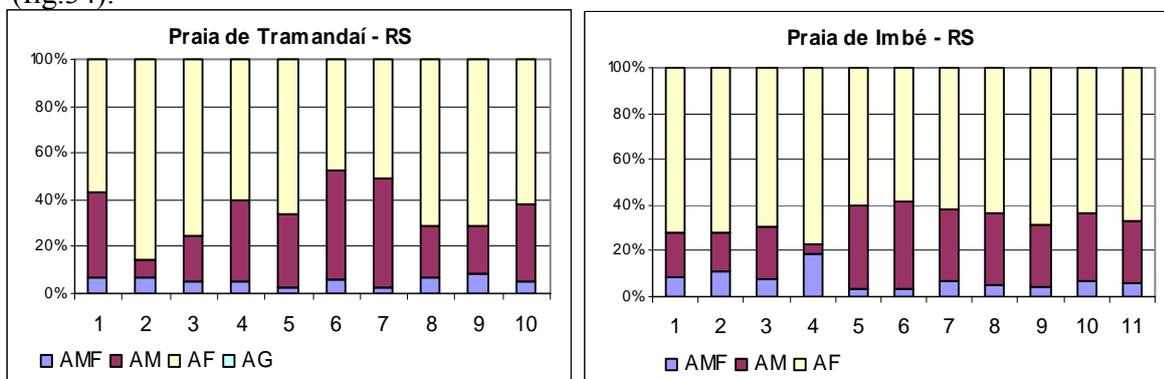
**Figura 33**– Comparação entre os percentuais de cada classe granulométrica nas amostras do estirâncio. AMF = areia muito fina, AF= areia fina, AM = areia média.

Na praia de Passo de Torres, em algumas amostras, e na Prainha existe uma elevação na quantidade de areia média, comparativamente com as demais praias. Esta pequena variação nas quantidades de areia média é refletida em variações da morfologia da praia observadas no trabalho de campo. Apesar de se ter disponível dados topográficos referentes a apenas um perfil na praia de Passo de Torres, foi possível verificar em campo correntes de retorno, cúspides praias e um declive bastante acentuado. Justamente, a uma distância em torno de 2 km do molhe onde foram verificadas as amostras de maior granulometria, o perfil apresentou as maiores

declividades, coincidindo também com as maiores taxas de erosão encontradas no trabalho de Lélis (op cit) para o local.

### 5.2.2 Praias adjacentes à Laguna de Tramandaí

As Praias de Imbé e Tramandaí apresentam elevados percentuais de areia média, alcançando em algumas amostras 50% do total. Os percentuais de areia muito fina, entretanto são bastante reduzidos estando abaixo dos 20% e na maior parte das amostras não alcança 10% do total (fig.34).



**Figura 34**– Comparação entre os percentuais de cada classe granulométrica nas amostras do estirâncio. AMF = areia muito fina, AF = areia fina, AM = areia média.

Algumas amostras apresentam cerca de 50% de areia média, enquanto que as porcentagens de areia muito fina são bem inferiores às verificadas nos sistemas praias das adjacências da Laguna dos Patos.

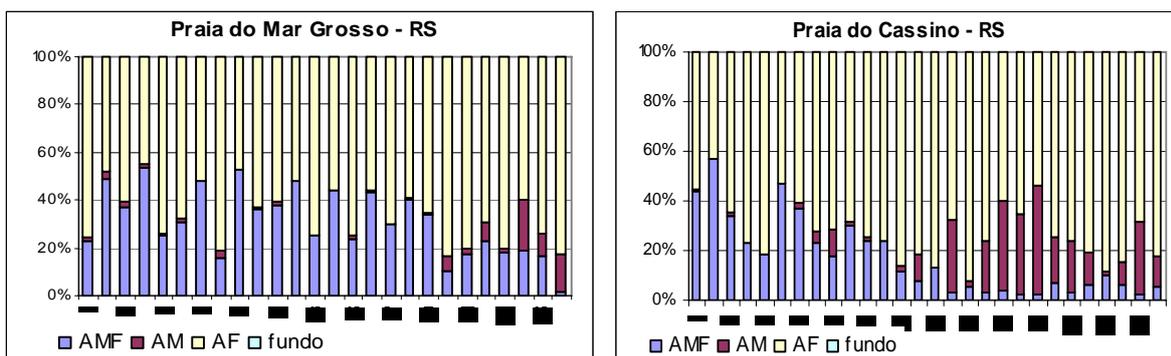
Segundo Tabajara (1994), na Lagoa de Tramandaí a classe de tamanho areia muito fina está presente associada às margens do pontal arenoso NW-SE, no lado noroeste da lagoa, nas proximidades da desembocadura lagunar em algumas manchas no lado NW dos braços deltaicos (fig.4 e 5). Na lagoa do Armazém os sedimentos areia muito fina estão associados ao delta sub-aquoso do rio Camarão e nas zonas abrigadas das ondas e correntes lagunares. Entretanto, segundo o autor na desembocadura da Laguna de Tramandaí a areia muito fina aparece apenas em duas estações de coleta, devido às águas de drenagem pluviométricas da cidade de Imbé,

existindo dominância de areia fina no fundo e nos bancos marginais da desembocadura (fig.4 e 5).

O padrão de distribuição sedimentar da Laguna de Tramandaí, Lagoa do Armazém e pela desembocadura mostra que os sedimentos correspondentes à classe textural areia muito fina são representativos, no entanto os baixos percentuais verificados nas amostras do ambiente praiial estão relacionados à baixa vazão lagunar, segundo Motta (1969) vazões médias em torno de  $130 \text{ m}^3 / \text{s}$  no período de fevereiro de 1963 e fevereiro de 1964, a qual não apresenta competência para transportá-los na direção da desembocadura. Nesta região observa-se à predominância da hidrodinâmica marinha sobre a lagunar.

### 5.2.3 Praias adjacentes à Laguna dos Patos

Em ambas praias observa-se a dominância de areia fina nas amostras. Diferenças no tamanho médio de grão entre as duas praias estão relacionadas às quantidades relativas das classes areia muito fina e média, as quais têm importância significativa na composição das amostras destas praias. Elevadas porcentagens de areia muito fina (3 a 4 Ø) foram verificadas nas duas praias estudadas (fig. 35).



**Figura 35**– Comparação entre os percentuais de cada classe granulométrica nas amostras do estirâncio. AMF = areia muito fina, AF = areia fina, AM = areia média.

Na praia do Cassino as maiores porcentagens de areia muito fina, chegando a alcançar quase 60% da amostra, encontram-se nas proximidades do molhe oeste. O brusco aumento no tamanho

médio de grão (fig.26- pg. 59), está provavelmente relacionado, a elevação das porcentagens de areia média e redução das porcentagens de areia muito fina em direção ao sul.

Ao norte da desembocadura lagunar, na praia do Mar Grosso, os percentuais de areia muito fina são um pouco menores do que os verificados nas amostras próximas do molhe na praia do Cassino. Entretanto, amostras com significativa porcentagem de areia muito fina (20%) alcançam maiores distâncias da desembocadura, cerca de 23 Km neste trecho do que ao sul da mesma, onde estes são verificados somente até cerca de 16 Km.

Motta (1969) atribui ao regime ondulatório o transporte predominante da carga de fundo para nordeste ao longo da costa do RS. Desta forma, o padrão de distribuição de sedimentos nas praias, somado as evidências geomorfológicas de migração de desembocaduras para o norte (Tomazelli & Villwock, 1992), a progradação da linha de praia a jusante das grandes estruturas (Calliari *et al*, 1998; Silva & Calliari, 2001) as quais resultaram em taxas de acreção média num trecho de 12 km da praia do Cassino de 4,10 m /ano, em 53 anos de análise (Lélis, 2003); e a deriva litorânea predominante de SW-NE (Motta, 1969; Toldo Jr. *et al*, 1993); representa uma indicação sedimentológica de que o transporte litorâneo líquido arenoso é para NE, assumindo que a contribuição atual de sedimentos da classe areia muito fina provém da Laguna dos Patos.

Siegle (1996) analisou a distribuição dos sedimentos na região entre o farol da Conceição e o Chuí verificando, através da análise fatorial e da estatística paramétrica, uma anomalia nas adjacências da Laguna dos Patos, onde os sedimentos são representados pelo fator 3 composto pela classe areia muito fina. Resultados muito semelhantes são mostrados através da estatística paramétrica pelo tamanho médio de grão.

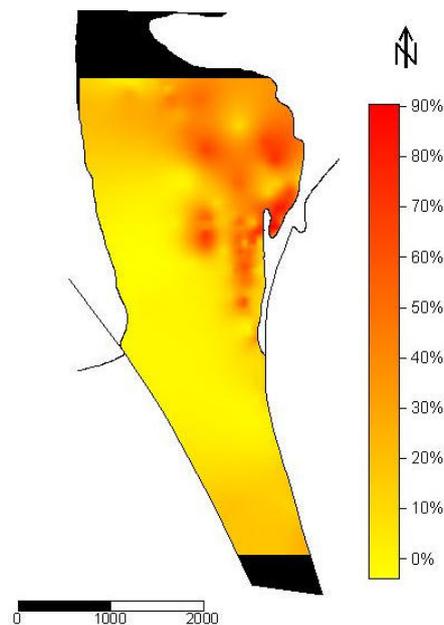
Vanz (1996) verificou, analisando os minerais pesados da fração de 3 a 4 phi, uma redução na concentração de epidoto em todas as direções, norte, sul e oceano aberto. Sendo esta uma

indicação de que estes minerais provêm da Laguna dos Patos e conseqüentemente que esta contribui com sedimentos da classe areia muito fina.

Segundo Calliari (1980), a margem oeste do Canal do Norte sofreu uma forte erosão a uma razão de 18 m /ano no período de 1866 a 1894. A erosão se estendeu cerca de 10 km e na altura de 14 m, resultando ao longo de 28 anos em 70 milhões de m<sup>3</sup> ou 2,5 milhões de m<sup>3</sup>/ ano; sem contar a erosão sofrida pelos depósitos eólicos, os quais tinham de 10 a 20 m de altura os quais cobriam a metade da faixa de terra escavada. Por isso podemos computar taxas em torno de 3 milhões de m<sup>3</sup> a erosão anual da margem oeste do canal, nas proximidades da desembocadura. O autor ressalta que através da comparação das cartas de 1776 e 1936, durante 160 anos, a margem oeste sofreu uma erosão em torno de 736m, o que resulta em uma taxa de 4,6 m/ ano. A redução da erosão nesta margem deveu-se ao fato de terem sido implantadas instalações portuárias após a construção dos molhes (1914), as quais visaram à proteção das margens, através de enrocamentos. A erosão das margens, as quais eram compostas predominantemente por areia fina e muito fina, disponibilizou este material para ser transportado pelas correntes de vazante e enchente. Atualmente este material encontra-se em trânsito na região da desembocadura pela ação das correntes e ondas, contribuindo para formação de uma barra móvel e exercendo influência nos sedimentos das praias adjacentes.

Além disso, a presença significativa desta fração no fundo estuarino foi observada conforme descrito por Calliari (op cit). Antiquiera (2003) verificou através da classificação de Shepard a presença da fração areia nas áreas próximas do pontal. Objetivando verificar que percentuais de areia muito fina continham estas amostras classificadas como areia, foi elaborado um mapa textural com os percentuais (fig.36). Verifica-se que percentuais muito elevados desta classe de tamanho são verificados. Os maiores valores são encontrados próximo do esporão arenoso na

margem leste e nos baixios. Amostras do fundo estuarino coletadas na década de 70, durante o Projeto Lagoa também confirmam os elevados percentuais da textura areia muito fina. Algumas alcançam valores acima de 90% desta textura em diversas profundidades, que vão de 1 a 14m, porém se concentrando mais nas profundidades em torno dos 2 m. Caracteristicamente sedimentos arenosos compõem as áreas de menor profundidade, junto às margens.



**Figura 36-** Mapa textural dos percentuais de areia muito fina na desembocadura da Laguna dos Patos, amostras Antiqueira (2003).

Martins da Silva (1976) sugere que a contribuição atual de sedimentos através da Laguna dos Patos seja pequena e se restrinja a área adjacente, justamente o local focado no presente trabalho. A contribuição atual de sedimentos da classe areia provindos da Laguna dos Patos em suspensão é de aproximadamente de 5% a 8%, (Hartmann, 1996). Porém, vale ressaltar que durante períodos de vazão mais intensa, como por exemplo, na enchente de 1941, quando a vazão alcançou valores de 20.000 m<sup>3</sup>/s esta contribuição deve ter sido amplificada. Segundo Vaz (2003), utilizando 57 anos de vazão dos rios Jacuí, Taquari e Camaquã, descreve a marcante sazonalidade que há no padrão de escoamento, baixo no verão e alto nos meses de fim de

inverno/início de primavera. A soma das descargas médias anuais dos rios Jacuí e Taquari resulta em 1540 m<sup>3</sup>/s. Incluindo-se o Camaquã e o São Gonçalo, verifica-se que a descarga média de água doce da Lagoa dos Patos supera os 2400 m<sup>3</sup>/s. Eventos de “El Niño” estão associados a períodos de descargas muito maiores que as normais e “La Niña” vazões mais baixas.

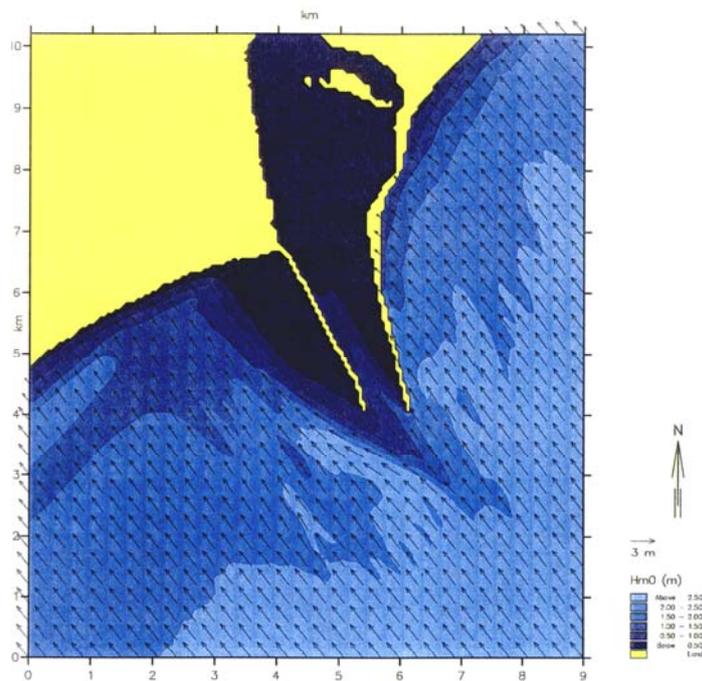
A contribuição de sedimentos através da laguna é bastante importante, pois alterações importantes nas características sedimentológicas são verificadas, acarretando em modificações no comportamento morfodinâmico das praias adjacentes, Cassino e Mar Grosso. Os regimes de fluxo no sistema estuarino estão relacionados aos desníveis que ocorrem dentro da laguna e na zona costeira. Os ventos exercem grande influência sobre as marés e as correntes no sistema lagunar-estuarino. Ventos de NE tendem a baixar o nível do mar na barra, impelindo as águas da laguna para o Canal do Norte e ocasionando o escoamento das mesmas em direção ao mar (regime de vazante). Os ventos de SW e SE, pelo contrário, elevam o nível do mar na barra, impelindo a água do sistema lagunar para o interior e formando uma corrente do mar para a laguna (regime de enchente) (Calliari, 1980).

Aspectos relativos à dragagem do canal de acesso a barra do Rio grande não podem ser ignorados quando consideramos a proveniência e contribuição de sedimentos da classe areia muito fina para as praias adjacentes. No período entre 1982 e 1997, foi dragado um total de 24,5 milhões de m<sup>3</sup> de sedimentos com uma média anual de 1,6 milhão de m<sup>3</sup> (Calliari & Tagliani, 1997). O sedimento dragado, no qual percentuais elevados de areia muito fina são observadas (Calliari, com. pessoal), é despejado em mar aberto, estando o sítio de despejo situado a 4 milhas náuticas da praia do Mar Grosso em São José do Norte e a cerca de 5 milhas do molhe oeste, com uma profundidade de 13 metros, onde podem ser remobilizados e transportados por ondas e correntes até as praias adjacentes, amplificando a contribuição natural de sedimentos.

Desta forma, os elevados percentuais da classe areia muito fina verificados nas praias do Mar Grosso e Cassino, como em nenhuma outra praia da costa do RS, e o padrão de dispersão apresentado, fornecem fortes indicações de que sua proveniência seja do corpo Lagunar.

Dados sedimentológicos de Fachin (1998) descrevem que a profundidade do depósito lamoso em frente à praia do Mar Grosso está entre 9 e 10 metros, não influenciando de forma significativa o padrão ondulatório, e 6m para menos na praia do Cassino. Desta forma podemos inferir que a permanência dos sedimentos correspondentes à classe areia muito fina na praia do Cassino e seus percentuais mais elevados, podem ser relacionada também a presença de depósitos lamíticos na antepraia (Calliari & Fachin, 1993) e nas proximidades da desembocadura lagunar. Como consequência, a energia disponível para remobilizar os sedimentos praias é menor. Devido à direção do transporte litorâneo, a concentração deste material na porção mais próxima do molhe oeste é favorecida.

Além disso, através da modelagem de ondas efetuada pelo INPH durante o mês de setembro de 1998, considerando as direções de ondulação de S-SE, direção das maiores alturas de ondas, observa-se a formação de uma área de proteção que vai do terminal turístico até o molhe. Tal comportamento favorece a manutenção dos sedimentos mais finos nesta região (fig. 37).



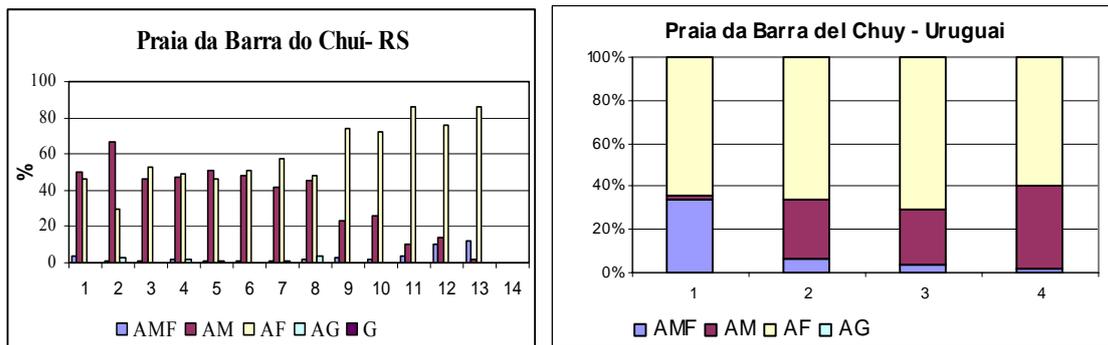
**Figura 37**-Diagrama de refração de ondas com ondas incidentes na direção S-SE. Fonte: Relatório INPH, setembro de 1998.

Ao longo da costa gaúcha, as características da morfologia praial se preservam por trechos maiores de praia, exceção ocorre nas adjacências da Laguna dos Patos. Lélis (2003) discute que esta não é uma característica comum em praias oceânicas abertas e expostas à ação das ondas, sendo esta característica resultante também da influência do molhe oeste da desembocadura nas alterações do comportamento praial. O molhe é responsável pela existência de uma “zona de sombra” na praia: dependendo da direção de propagação da ondulação, um determinado trecho fica relativamente mais protegido do que o restante da costa (Lélis, op cit). Além disso, processos de refração associados aos padrões de difração ocorrentes na extremidade do molhe, induzem um padrão hidrodinâmico muito mais complexo e heterogêneo neste setor da costa. Entretanto, acredita-se que tal comportamento esteja primeiramente relacionado ao fornecimento de

sedimentos mais finos através da Laguna dos Patos, sendo a praia do Cassino a que apresenta a areia mais fina de toda a costa do RS.

### 5.2.4 Praias adjacentes ao Arroio Chuí

Os percentuais de cada classe granulométrica apresentam variações significativas ao longo de ambas praias (fig.38). Existe dominância de areia fina em todas as amostras.



**Figura 38**– Comparação entre os percentuais de cada classe granulométrica nas amostras do estirâncio. AMF =areia muito fina, AF =areia fina, AM =areia média, AG =areia grossa, G = grânulo.

Na praia da Barra do Chuí percentuais bastante elevados de areia média, comparativamente com as demais praias do RS são verificados. A areia muito fina é bastante escassa, sendo um pouco mais abundante em torno do km 13. Percentuais de areia grossa e grânulo aparecem nas amostras, apesar de serem bastante reduzidos não estavam presentes nas demais praias estudadas.

Na praia da Barra Del Chuy, percentuais elevados de areia muito fina na proximidade do molhe, seguida de um aumento dos percentuais de areia média e diminuição de areia muito fina nas demais amostras. Esta maior concentração de areia muito fina junto ao molhe pode estar relacionada com uma possível tendência a acreção neste local devido à presença da estrutura. Além disso, o molhe também pode servir de anteparo para ação eólica concentrando sedimentos mais finos neste local.

### 5.3 Análise das tendências texturais ao longo da costa

#### Introdução

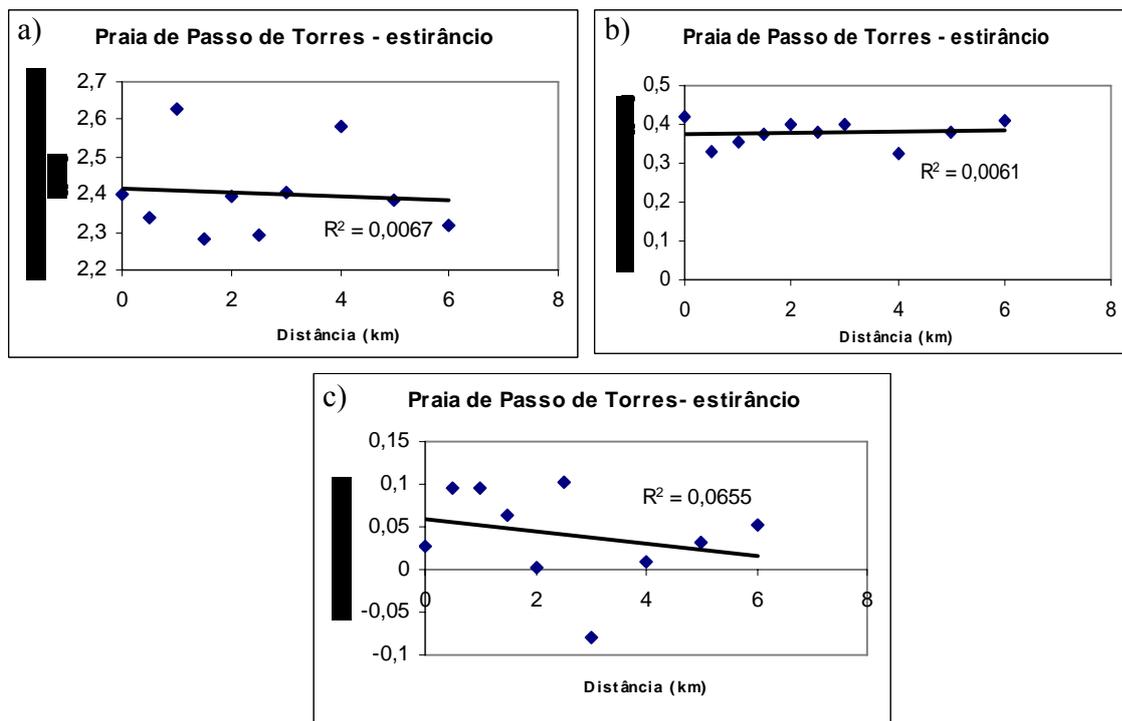
Shideler (1973) estudando variações texturais ao longo de uma barreira arenosa na Carolina do Norte (EUA) notou que as mesmas consistiam em tendências regionais e variações locais cíclicas, associadas respectivamente, as variações no regime eólico e hidrodinâmico, e a herança geológica representada pela fonte do material. Segundo o autor, a função de correlação linear explica as tendências regionais de variação textural.

#### 5.3.1 Praias adjacentes ao Rio Mampituba

A partir da interpretação dos resultados apresentados na tabela 2, verifica-se que na praia de Passo de Torres o tamanho médio de grão, o grau de seleção e a assimetria do estirâncio não apresentaram correlações lineares representativas com o aumento da distância do molhe, os diagramas de dispersão permitem a visualização desta relação (fig. 39). Este comportamento deve-se ao fato das características sedimentológicas e hidrodinâmicas serem bastante homogêneas, de forma que tendências regionais significativas não são verificadas. O padrão homogêneo apresentado pelos sedimentos neste local fornece indicações de que a contribuição de sedimentos provenha uma única fonte sedimentar, representada pela antepraia e plataforma interna, não havendo entrada significativa de material proveniente da desembocadura.

**Tabela 2**– Praia de Passo de Torres, n= número de amostras, =  $r_c$  valores críticos de coeficientes de correlação  $r$  de Pearson,  $r$  = valor de correlação na amostra A= assimetria, Mz = tamanho médio de grão.

Passo de Torres	n=10	$r_c = 0,632$	
Mz/ distância	Desv.pad./distância	A /distância	Mz/Desv.pad.
$r = 0,081$	$r = 0,078$	$r = 0,25$	$r = 0,429$

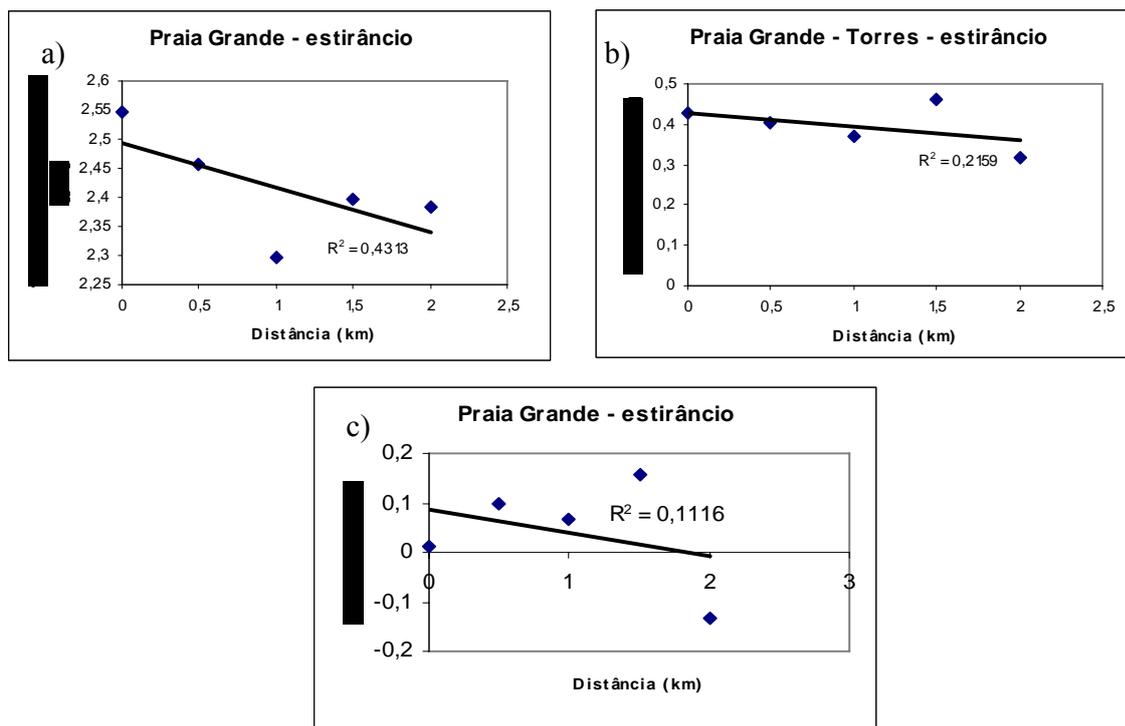


**Figura 39**-Plotagem do tamanho médio de grão (a), seleção (b), assimetria (c) em função da distância em km a partir do molhe na Praia de Passo de Torres.

**Tabela 3**– Praia Grande, n= número de amostras,  $r_c$ = valores críticos de coeficientes de correlação  $r$  de Pearson,  $r$  = valor de correlação na amostra, A=assimetria, Mz= tamanho médio de grão.

Praia Grande	n=5	$r_c = 0,878$	
Mz/distância	Desv. pad/distância	A /distância	Mz/Desv.pad.
$r = 0,657$	$r = 0,465$	$r = 0,334$	$r = 0,437$

Na praia Grande os parâmetros texturais analisados apresentaram comportamento similar ao da praia de Passo de Torres pelas mesmas razões descritas anteriormente. O tamanho médio de grão apresenta uma tendência sutil a se tornar mais grosso com o aumento da distância do molhe (direção sul) (fig. 40a), entretanto não podemos considerar a existência de uma correlação linear significativa (tabela 3). O grau de seleção e assimetria apresentam relações ainda menos significativas (fig.40b e 40c), porém ainda sendo mais representativas que na praia de Passo de Torres (tabela 3).



**Figura 40-** Plotagem do tamanho médio de grão (a), seleção (b), assimetria (c) , em função da distância em km a partir do molhe na Praia de Passo de Torres.

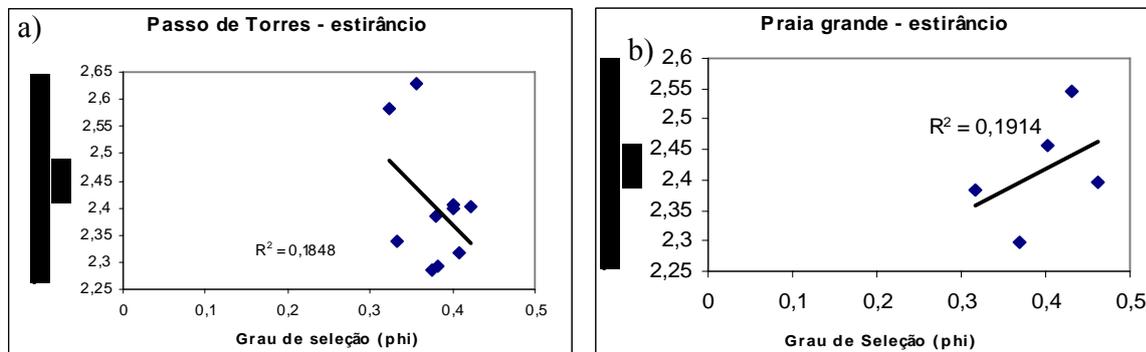
McLaren & Bowles (1985) criaram dois modelos básicos para a distribuição dos parâmetros granulométricos em função da variação de energia de transporte do sedimento. Um modelo descreve que a fração mais fina dos sedimentos da fonte seria erodida, transportada e completamente depositada, em ambiente de baixa energia, formando um depósito com sedimentos mais finos, melhor selecionados e com assimetria mais negativa em relação à área fonte; o outro modelo descreve que os sedimentos remanescentes da erosão, em ambiente de alta energia, devem apresentar granulometria mais grossa, melhor selecionamento e assimetria mais positiva quando comparado a um outro depósito considerado como fonte deste.

As praias enfocadas aqui não apresentaram características de distribuição dos sedimentos que se apliquem ao modelo descrito. A praia Grande apresenta uma tendência de que os sedimentos se tornem mais finos, melhor selecionados, porém os valores de assimetria são mais positivos, no sentido do transporte, e os coeficientes de correlação não são significativos. Neste caso, podemos

inferir que este tipo de comportamento decorra da ausência de uma outra fonte de sedimentos, e da ação do transporte bidirecional de deriva litorânea sem a influência da estrutura de fixação devido ao seu pequeno porte, permitindo que ocorram trocas entre os lados, havendo como consequência um padrão homogêneo de distribuição textural.

Self (1977) estudando as praias em torno do rio Nautla-México, observa a existência de um transporte seletivo por correntes longitudinais, onde variações de textura e composição são observadas no sentido N-S. Sedimentos mais grossos e menos selecionados são encontrados próximo da desembocadura do rio, indicando que o rio Nautla, esta depositando a porção mais grossa de sua carga e as correntes transportam e selecionam os grãos mais finos. A assimetria é mais positiva nas proximidades da desembocadura do rio e se torna menos positiva e negativa nas áreas mais distantes destas. Na praia grande é observada uma tendência nos valores de assimetria de forma similar, apesar da correlação não ser muito significativa. No entanto esta parece estar relacionada à contribuição de material mais grosso provindo do arenito Botucatu e não do rio Mampituba.

O padrão de seleção e tamanho médio de grão apresentado pelos sedimentos das praias de Passo de Torres e praia Grande difere do observado por Self (op cit) (fig.41 a e b), pois valores de correlação considerados não significativos foram observados entre as variáveis (tabela 2 e 3), evidenciando a reduzida influência do rio nestes locais.



**Figura 41**-Valores de tamanho médio de grão versus grau de seleção do estirâncio para a Praia de Passo de Torres e Praia Grande - Torres.

Padrões locais de circulação têm implicações diretas no padrão de distribuição dos sedimentos. Nas praias de passo de Torres e praia Grande a ausência de tendências lineares significativas no tamanho médio de grão ao longo da praia se dá, conforme mencionado anteriormente, devido à homogeneidade da fonte de sedimentos e secundariamente pela exposição das praias ao caráter bidirecional das correntes SW-NE e NE-SW, atuando de forma similar em ambas às praias, em função do pequeno porte apresentado pela estrutura de fixação. A troca de sedimentos entre os lados da mesma favorece a homogeneidade ao longo da praia. Uma sutil gradação é observada na praia Grande onde sedimentos mais finos são depositados junto à estrutura, onde taxas de acreção foram verificadas.

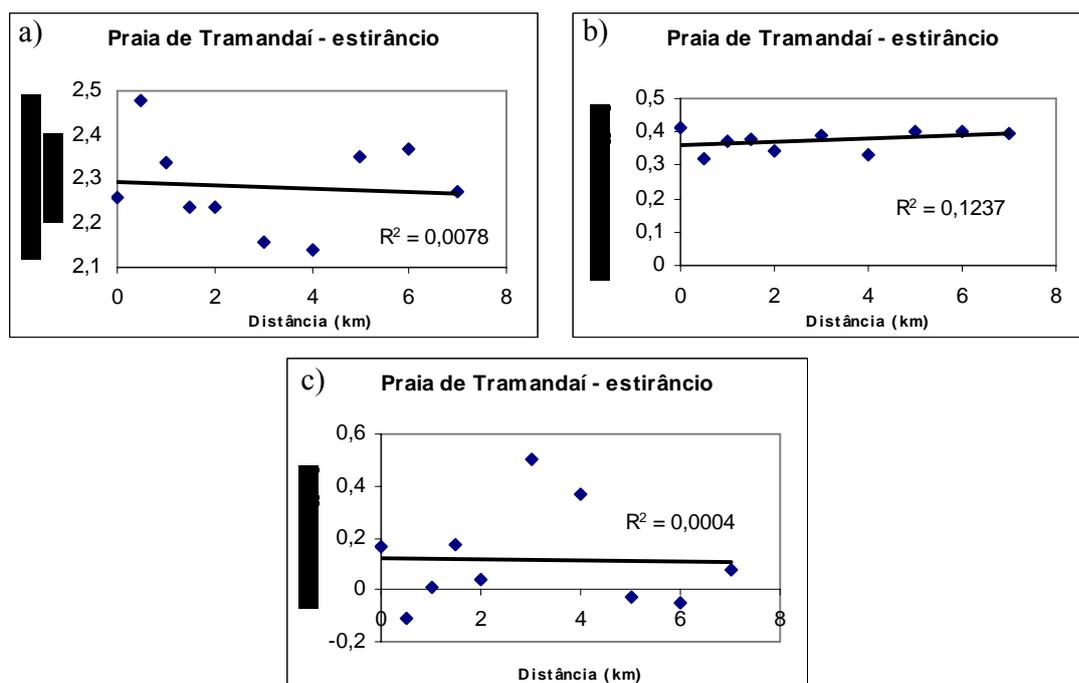
### 5.3.2 Praias adjacentes à Laguna de Tramandaí

Ao longo da Praia de Tramandaí (fig.42) similarmente ao que ocorre nas praias adjacentes ao Mampituba, não são observadas tendências regionais expressivas em termos de tamanho médio de grão, seleção e assimetria, à medida que nos afastamos do molhe, pois os coeficientes de correlação absolutos nas amostras estão muito abaixo dos valores críticos do coeficiente de correlação  $r$  de Pearson (tabela 4). O padrão textural mostra a ausência de tendências significativas nestas praias, fornecendo indicações sobre a homogeneidade das características

sedimentológicas da fonte de sedimentos e das condições hidrodinâmicas. Além disso, indicam que os molhes devido a sua pequena extensão permitem trocas de sedimentos entre os lados e não interferem de forma significativa no transporte dos sedimentos. Desta forma a presença de uma única fonte de sedimentos, representada pela a antepraia e plataforma interna, não havendo contribuição de sedimentos da laguna de Tramandaí para as praias pode ser inferida.

**Tabela 4**– Praia de Tramandaí, n= número de amostras,  $r_c$  = valores críticos de coeficientes de correlação  $r$  de Pearson,  $r$  = valor de correlação na amostra, A =assimetria, Mz =tamanho médio de grão.

Tramandaí	n=10	$r_c = 0,632$	
Mz/ distância	Desv.pad./distância	Sk/distância	Mz/Desv.pad.
$r = 0,088$	$r = 0,352$	$r = 0,02$	$r = 0,074$

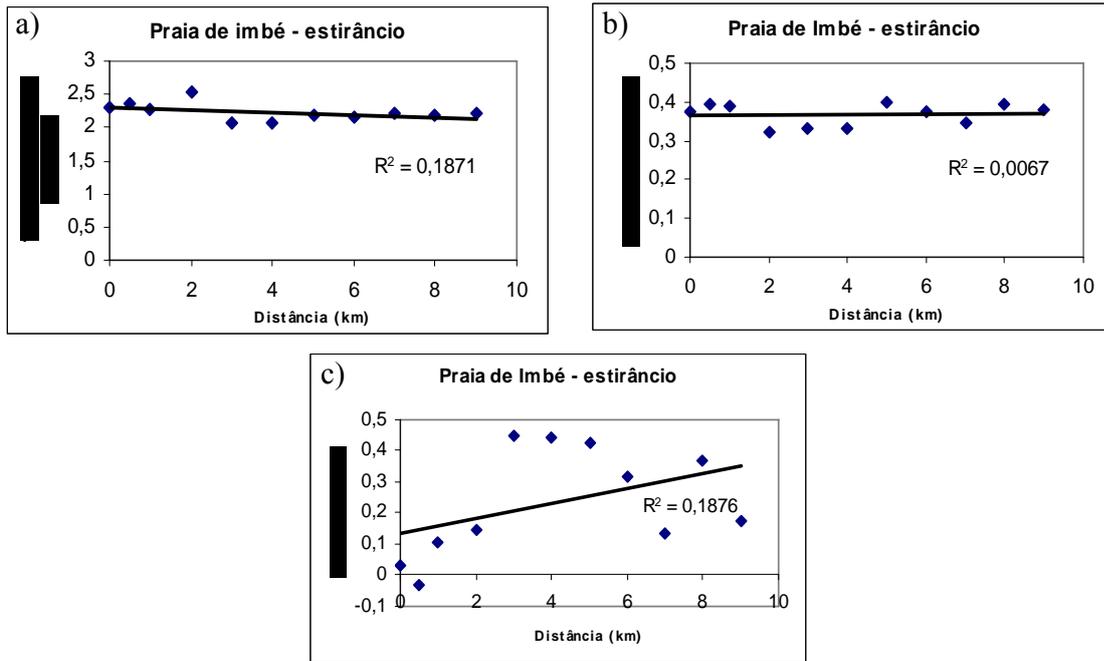


**Figura 42**- Plotagem do tamanho médio de grão (a), seleção (b), assimetria (c) em função da distância em km a partir do molhe na Praia de Tramandaí.

Na Praia de Imbé comportamento similar ao observado na Praia de Tramandaí. (fig. 43), não são observadas tendências texturais significativas, pois os valores dos coeficientes de correlação nas amostras estão abaixo dos valores dos coeficientes de correlação  $r$  de Pearson (tabela 5).

**Tabela 5**– Praia de Imbé, n= número de amostras,  $r_c$  = valores críticos de coeficientes de correlação  $r$  de Pearson,  $r$  = valor de correlação na amostra, A =assimetria, Mz =tamanho médio de grão.

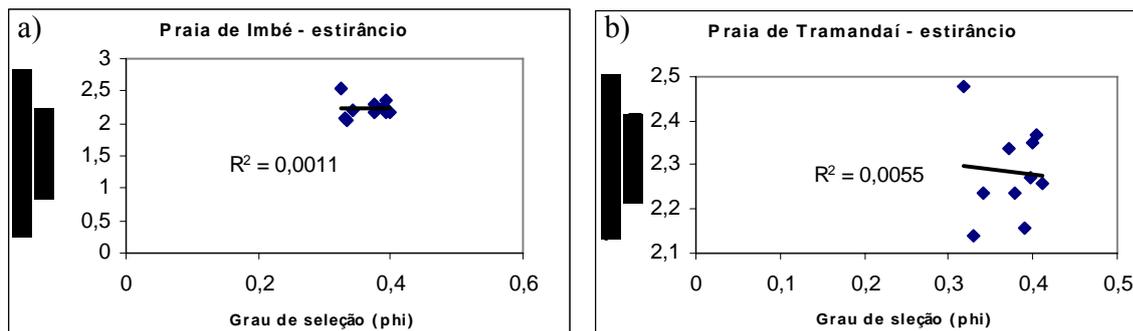
Imbé	n=11	$r_c = 0,602$	
Mz/distância	Desv. Pad/distância	Sk/distância	Mz/Desv.pad.
$r = 0,432$	$r = 0,082$	$r = 0,433$	$r = 0,033$



**Figura 43**- Plotagem do tamanho médio de grão (a), seleção (b) e da assimetria (c), em função da distância em km a partir do molhe na Praia de Imbé.

O modelo de McLaren & Bowles (1985) não descreve o padrão apresentado pelos sedimentos destas praias, pois estes não apresentaram coeficientes os quais descrevam tendências significativas para nenhum dos parâmetros analisados, principalmente, devido ao caráter bidirecional das correntes de deriva litorânea atuante na costa do RS.

Devido aos baixos coeficientes de correlação (tabela 4 e 5) entre o tamanho médio de grão e grau de seleção, tanto na Praia de Imbé quanto na Praia de Tramandaí (fig. 44) não concorda com a descrição de Self (op cit).



**Figura 44-**Valores de tamanho médio de grão versus grau de seleção do estirâncio para a Praia de Imbé e Praia de Tramandaí.

O padrão de circulação local tanto sob regimes de deriva de SW-NE quanto de NE-SW, não sofre interferência da estrutura no transporte de sedimentos destas praias. De forma similar ao que ocorre nas adjacências do Mampituba, o pequeno porte da estrutura nas praias adjacentes a Laguna de Tramandaí também permite a troca de sedimentos, não ocorrendo variações significativas no tamanho médio de grão ao longo da praia.

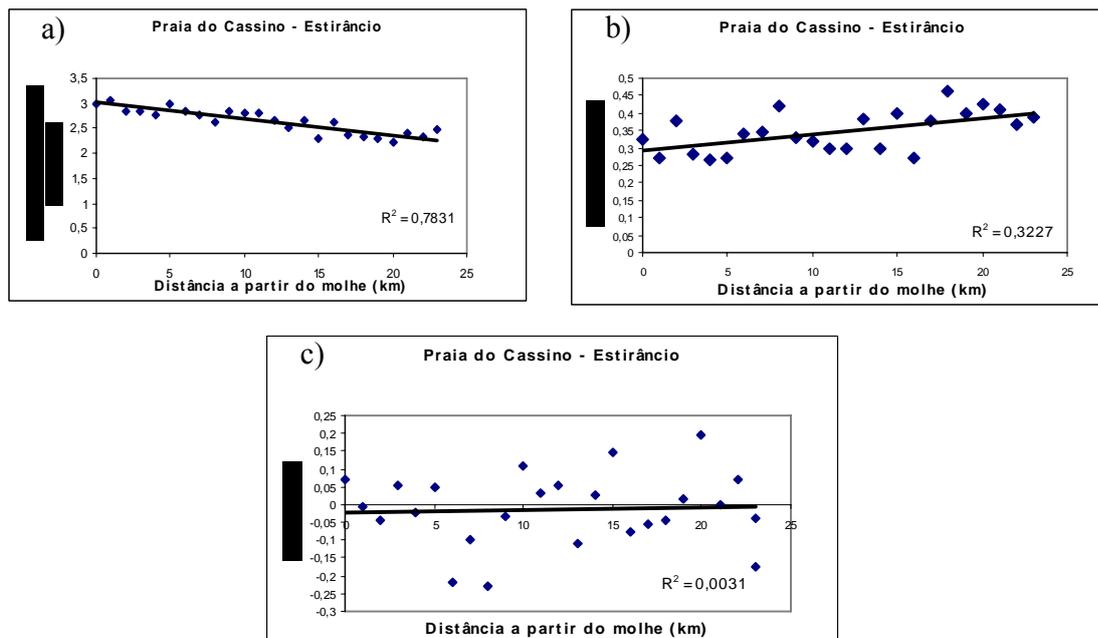
### 5.3.3 Praias adjacentes à Laguna dos Patos

Ao observarmos o comportamento do tamanho médio de grão e do desvio padrão na praia do Cassino, verificamos que as amostras se tornam mais selecionadas e o tamanho de grão se torna mais fino à medida que nos aproximamos do molhe oeste (fig. 45). No entanto, os valores de assimetria não apresentaram uma tendência significativa. A praia do Cassino foi a única praia estudada, a qual apresenta gradações longitudinais na textura dos sedimentos. Fornecendo indicações da existência de outra fonte sedimentar próxima. O padrão de variação textural apresentado pelos mesmos na praia do Cassino demonstra a existência de tendências regionais devido as altas correlações apresentadas pelo tamanho médio de grão e desvio padrão com a distância ao longo da praia (tabela 6). Segundo Shideler (1973), na ilha barreira da Carolina do Norte (EUA), a fonte de sedimentos parece exercer maior influência sobre o padrão de variação apresentado, enquanto que a influência dos regimes hidrodinâmico e eólico parece ser secundária.

As variações texturais na praia do Cassino podem ser também atribuídas ao regime hidrodinâmico, devido à diminuição das alturas de ondas na proximidade do molhe, indicando que a estrutura de fixação neste caso exerce influência significativa sobre os padrões sedimentológicos observados. Esta interrompe a passagem de sedimentos transportados pela deriva litorânea, concentrando o material mais fino na área próxima da estrutura.

**Tabela 6**– Praia do Cassino, n= número de amostras,  $r_c$  = valores críticos de coeficientes de correlação  $r$  de Pearson,  $r$  = valor de correlação na amostra, A=assimetria, Mz= tamanho médio de grão.

Cassino	n=23	$r_c = 0,396$	
Mz/ distância	Desvio padrão /distância	A/distância	Mz/Desvio padrão
$r = 0,885$	$r = 0,568$	$r = 0,055$	$r = 0,747$



**Figura 45**- Plotagem do tamanho médio de grão (a), grau de seleção (b), assimetria (c) em função da distância a partir do molhe na Praia do Cassino.

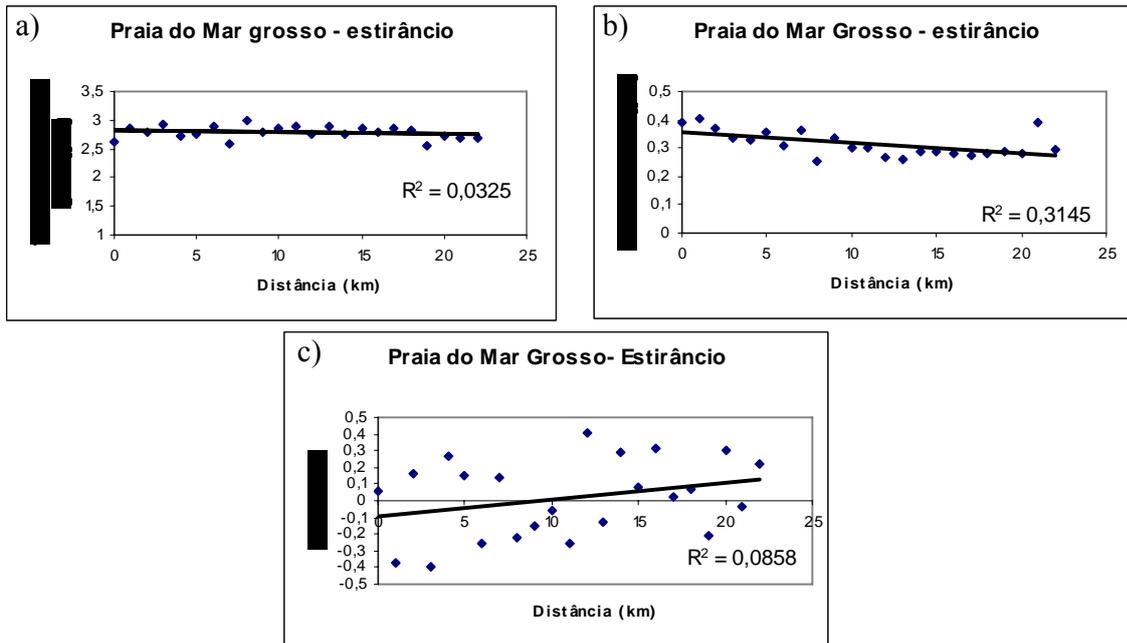
As amostras da praia do Mar Grosso não demonstraram correlações lineares significativas no tamanho médio de grão e na assimetria, indicando a ausência de tendências regionais ao longo da praia para os parâmetros analisados, pois estão abaixo dos valores críticos dos coeficientes de Pearson (tabela 7). O tamanho médio de grão se apresenta mais homogêneo no trecho estudado

(até 23 km da base do molhe) comparativamente à praia do Cassino. Uma correlação significativa foi observada nos valores de desvio padrão, indicando uma tendência de que as amostras apresentam melhor seleção à medida que se afastam do molhe. Sendo esta resultante da atuação do transporte litorâneo líquido predominante, selecionando as amostras no sentido do transporte. Segundo McLaren & Bowles (1985) a influência das correntes litorâneas na distribuição dos sedimentos deve ser considerada, pois a melhora no grau de seleção das amostras no sentido do transporte geralmente ocorre.

**Tabela 7**– Praia do Mar Grosso, n= número de amostras,  $r_c$  = valores críticos de coeficientes de correlação  $r$  de Pearson,  $r$  = valor de correlação na amostra, A=assimetria, Mz= tamanho médio de grão.

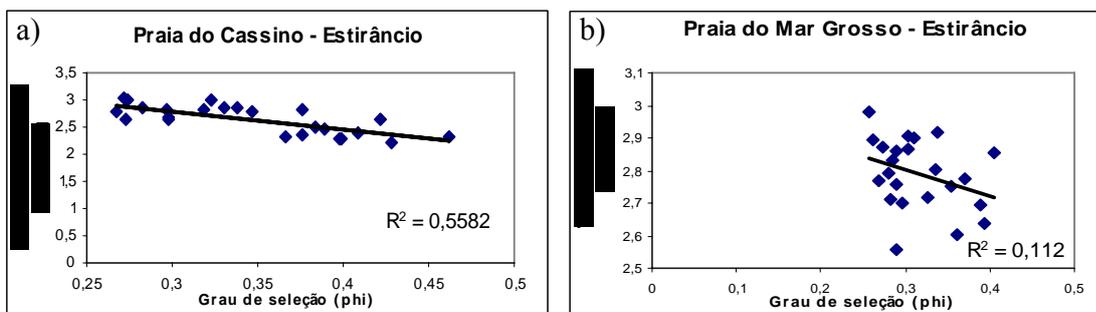
Mar Grosso	n=23	$r_c = 0,396$	
Mz/distância	Desvio Padrão/distância	A/distância	Mz/Desvio padrão
$r = 0,18$	$r = 0,561$	$r = 0,293$	$r = 0,334$

A título de comparação com o modelo descrito por McLaren & Bowles (1985), apenas o padrão de distribuição dos sedimentos na praia do Cassino apresenta uma tendência geral próxima do que seria representativo de uma distribuição resultante do efeito da deriva litorânea de SW-NE, predominante na região. Sedimentos mais finos e melhor selecionados são verificados na direção da deriva predominante; e apesar dos valores de assimetria não apresentarem correlações significativas existe uma tendência das amostras terem assimetria mais negativa neste sentido. A praia do Cassino fica protegida pelo molhe não sendo tão influenciada pelo transporte secundário de NE. O mesmo padrão não foi observado na praia do Mar Grosso, provavelmente, por esta ser uma praia mais exposta tanto ao transporte na direção SW-NE, principal responsável pelo transporte de sedimentos, como também ao transporte secundário, mas também importante, no sentido NE-SW.



**Figura 46-** Plotagem do tamanho médio de grão (a), seleção (b), assimetria (c) em função da distância em km a partir do molhe leste.

Na praia do Cassino (fig. 47- a) (tabela 6 e 7) à medida que o tamanho médio diminui o grau de seleção das amostras aumenta, concordando com a descrição de Self, (1977). Na praia do Mar Grosso a mesma relação não é significativa (fig.47-b) (tabela 6 e 7).



**Figura 47-** Valores de tamanho médio de grão versus grau de seleção do estirâncio para a Praia do Cassino e Mar Grosso.

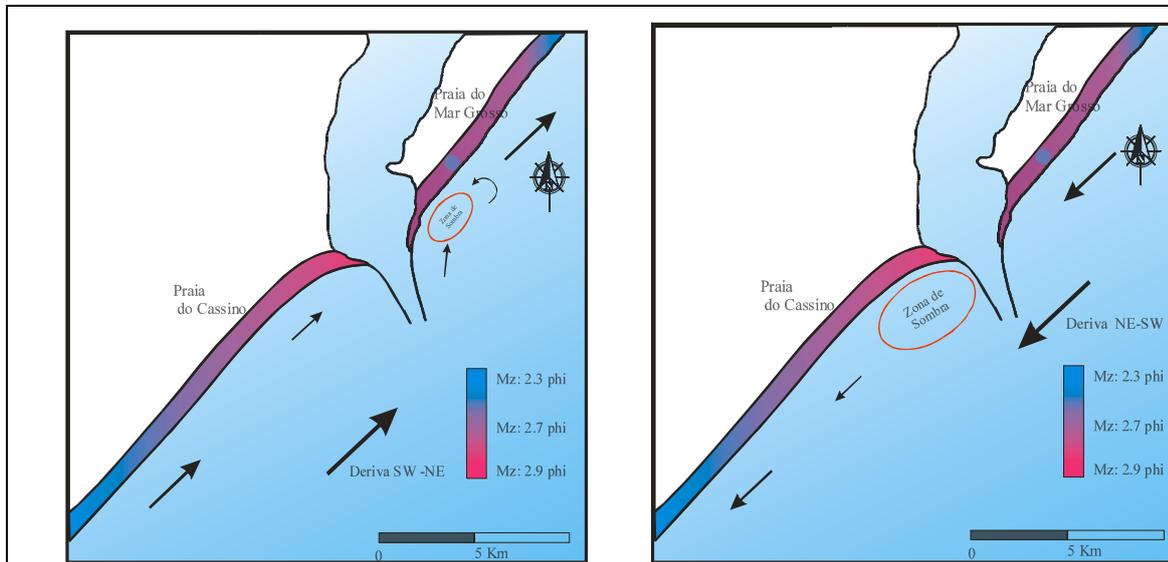
Nas praias adjacentes a Laguna dos Patos um padrão mais complexo de circulação ocorre devido à magnitude da estrutura de fixação, sendo este refletido no padrão sedimentológico heterogêneo verificado ao longo das praias (fig.48).

Na praia do Cassino durante regimes de deriva litorânea no sentido NE-SW uma considerável “zona de sombra”, uma área que não sofre a atuação das correntes provenientes deste sentido, é formada. Neste local não há transferência de quantidades significativas de sedimentos no sentido NE-SW, ocorrendo desta forma a manutenção dos sedimentos de menor granulometria neste local. No entanto, na praia do Mar Grosso existe livre atuação das correntes neste sentido, sendo o transporte de sedimentos mais efetivo ao longo da praia.

Quando a direção das correntes de deriva litorâneas é de SW-NE, ocorre então a formação de uma “zona de sombra” junto ao molhe leste na praia do Mar Grosso, porém esta apresenta uma menor amplitude, onde sedimentos um pouco mais finos são verificados. Entretanto no setor que se segue, a uma distância em torno de 3 km da base do molhe, são observados sedimentos mais grossos localizadamente. Este aumento no tamanho de grão deve estar relacionado à formação de uma célula de corrente no sentido oposto (NE-SW), a qual se origina devido à difração sofrida pelas ondas em consequência da presença do molhe. Conforme discutido anteriormente, o local apresenta sinais de erosão (Silva & Calliari, 2001; Lélis, 2003). Na praia do Cassino sob a atuação de correntes no sentido SW-NE sedimentos mais finos e com melhor seleção são transportados e depositados próximo do molhe, devido à barreira física imposta por ele. Uma redução no poder de transporte de sedimentos pelas correntes ocorre nesta região devido a presença do depósito lamítico na antepraia, aos baixos ângulos de incidência das ondas na costa, que segundo Fontoura (2004), não ultrapassam os 8° com a normal da linha de costa na zona de arrebentação.

Nestas praias a estrutura de fixação não permite que haja troca de sedimentos entre os lados. As diferenças verificadas na distribuição de tamanho médio de grão, entre as praias se deve

principalmente ao fato de que, a praia do Mar Grosso fica mais exposta ao caráter bidirecional das correntes, enquanto que a praia do Cassino apresenta maior proteção.



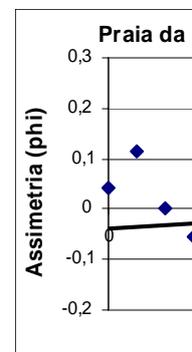
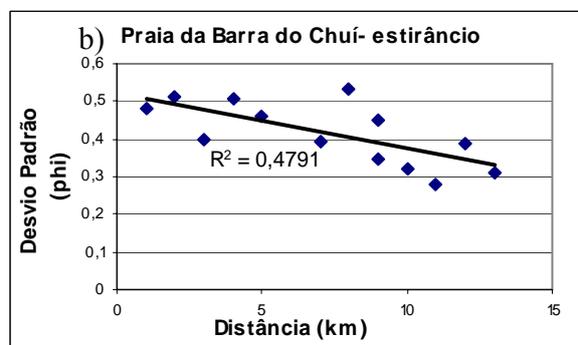
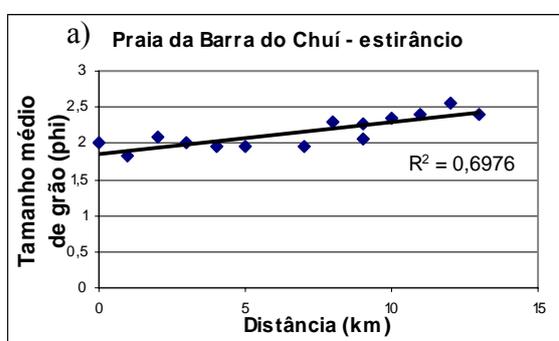
**Figura 48-** Modelo esquemático de circulação e distribuição da Mz (tamanho médio de grão) nas praias adjacentes a Laguna dos Patos, sob regimes de corrente litorânea no sentido SW-NE e NE-SW.

### 5.3.4 Praias adjacentes ao Arroio Chuí

Analisando o comportamento do tamanho médio de grão e desvio padrão (o qual indica o grau de seleção) ao longo da costa na praia da Barra do Chuí, uma tendência regional expressiva é observada. O tamanho médio de grão e desvio padrão diminuem de forma linear com o aumento da distância em relação ao molhe, segundo os níveis de significância para os valores dos coeficientes de correlação  $r$  de Pearson (fig. 49 - a e b). Os valores de assimetria não apresentaram uma correlação significativa ao longo da praia (tabela 8). Este padrão, ocorre provavelmente ao enriquecimento de material mais fino, correspondente a classe areia muito fina na porção final da amostragem.

**Tabela 8**– Praia da Barra do Chuí, n= número de amostras,  $r_c$  = valores críticos de coeficientes de correlação  $r$  de Pearson,  $r$  = valor de correlação na amostra, A=assimetria, Mz= tamanho médio de grão

Barra do Chuí	n=13	$r_c = 0,553$	
Mz/ distância	Desv.pad./distância	Sk/distância	Mz/Desv.pad.
$r = 0,835$	$r = 0,692$	$r = 0,127$	$r = 0,747$



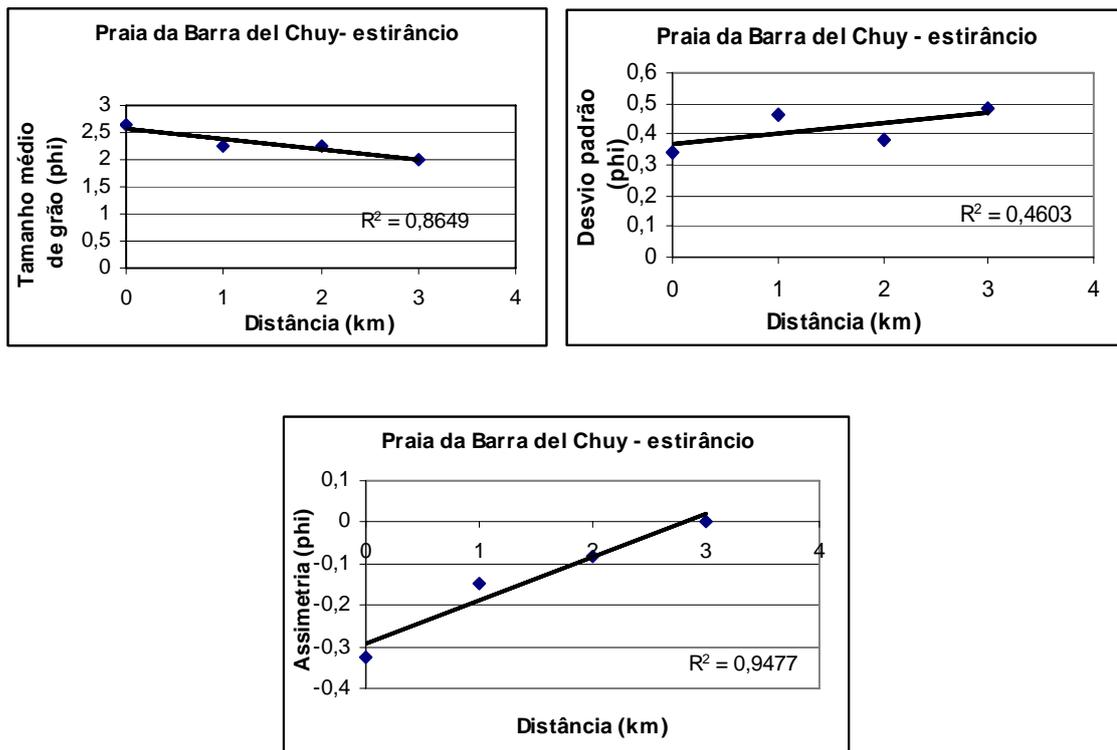
c)

**Figura 49**- Plotagem do tamanho médio de grão (a), seleção (b), assimetria (c) em função da distância em km a partir do molhe na Praia da Barra do Chuí.

Na praia da Barra del Chuy, por outro lado, as variações texturais apresentam tendências regionais significativas para os valores de assimetria (fig.50) (tabela 9). Sendo a variação, principalmente, atribuída ao regime eólico que concentra junto ao molhe sedimentos com assimetria mais positiva. A assimetria foi o parâmetro mais influenciado refletindo a expressiva deposição de sedimentos mais finos devido à ação eólica. Para os demais parâmetros não foram observadas correlações significativas.

**Tabela 9**– Praia da Barra Del Chuy, n= número de amostras,  $r_c$  = valores críticos de coeficientes de correlação  $r$  de Pearson,  $r$  = valor de correlação na amostra, A= assimetria, Mz= tamanho médio de grão.

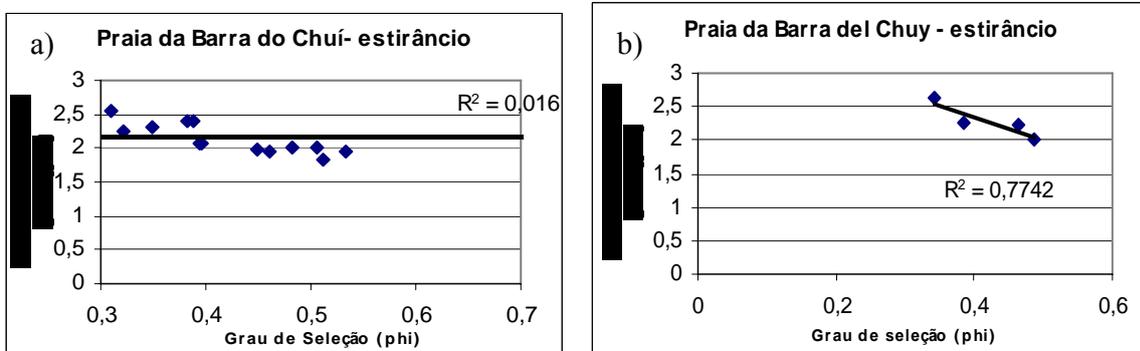
Barra del Chuy	n=4	$r_c = 0,950$	
Mz/distância	Desv. Pad/distância	Sk/distância	Mz/Desv.pad.
$r = 0,93$	$r = 0,678$	$r = 0,973$	$r = 0,93$



**Figura 50**- Plotagem do tamanho médio de grão (a), seleção (b), assimetria (c) em função da distância em km a partir do molhe na Praia da Barra do Chuí.

O modelo de McLaren & Bowles (1985) não se aplica ao padrão de distribuição textural verificado na praia da Barra Del Chuy, apesar dos sedimentos se tornarem mais finos, selecionados e com assimetria mais negativa, somente a assimetria apresentou correlação significativa. Na praia da Barra do Chuí este também não descreve o padrão apresentado, já que não são observadas tendências significativas na distribuição dos sedimentos ao longo da praia.

Através da plotagem do tamanho médio de grão contra o grau de seleção (desvio padrão) observou-se que na praia da Barra do Chuí, há uma boa relação entre os parâmetros indicando que sedimentos de menor granulometria apresentam melhor grau de seleção (tabela 9). Este padrão está relacionado, provavelmente, a entrada de outra fonte localizada de sedimentos (Fig.51- a) já que os parâmetros não demonstram tendência significativa ao longo da praia conforme mostrado acima (fig, 49- a e b) e (tabela 9). O padrão confirma os resultados descritos por Self (op cit).



**Figura 51-** Valores de tamanho médio de grão versus grau de seleção do estirâncio para a Praia da Barra do Chuí – Brasil e Praia da Barra Del Chuy - Uruguai.

Nas praias adjacentes ao Arroio Chuí ocorre à atuação efetiva tanto das correntes de SW-NE quanto de NE-SW no transporte de sedimentos. No entanto, as características heterogêneas verificadas ao norte do molhe não podem ser explicadas em termos de circulação devido à atuação destas, pois o transporte é efetivo nos dois sentidos. Na praia da Barra del Chuy, a deposição de sedimentos de menor granulometria junto ao molhe são explicadas em função do regime eólico.

## 5.4 Distribuição transversal dos sedimentos

### 5.4.1 Praias adjacentes ao Rio Mampituba

A partir da tabela 10, verificamos que as amostras com maior tamanho médio de grão são encontradas no estirâncio, sendo estas também as que apresentam menor grau de seleção. O tamanho médio de grão sofreu maiores variações longitudinais no pós-praia, sendo também este subambiente o que apresentou melhor grau de seleção juntamente com a duna.

**Tabela 10-** Tamanho de grão e grau de seleção em cada subambiente com respectivos desvios padrão, Praia Grande - Torres.

Subambientes	Mz $\phi$		$\sigma \phi$	
	Média	D.P.	Média	D.P.
Estirâncio	2.41	0.09	0.39	0.05
Berma	2.55	0.08	0.34	0.01
Pós-praia	2.48	0.18	0.29	0.02
Duna	2.49	0.04	0.29	0.005

Similarmente a Praia Grande, na Praia de Passo de Torres (tabela 11), o estirâncio também representa o subambiente com sedimentos de maior granulometria média e com pior grau de seleção. Na duna são encontrados os sedimentos mais finos e bem selecionados.

**Tabela 11-** Tamanho de grão e grau de seleção em cada subambiente com respectivos desvios padrão, Praia de Passo de Torres - Torres.

Subambientes	Mz $\phi$		$\sigma \phi$	
	Média	D.P.	Média	D.P.
Estirâncio	2.40	0.12	0.38	0.03
Berma	2.47	0.11	0.33	0.03
Pós-praia	2.53	0.08	0.31	0.03
Duna	2.56	0.10	0.30	0.04

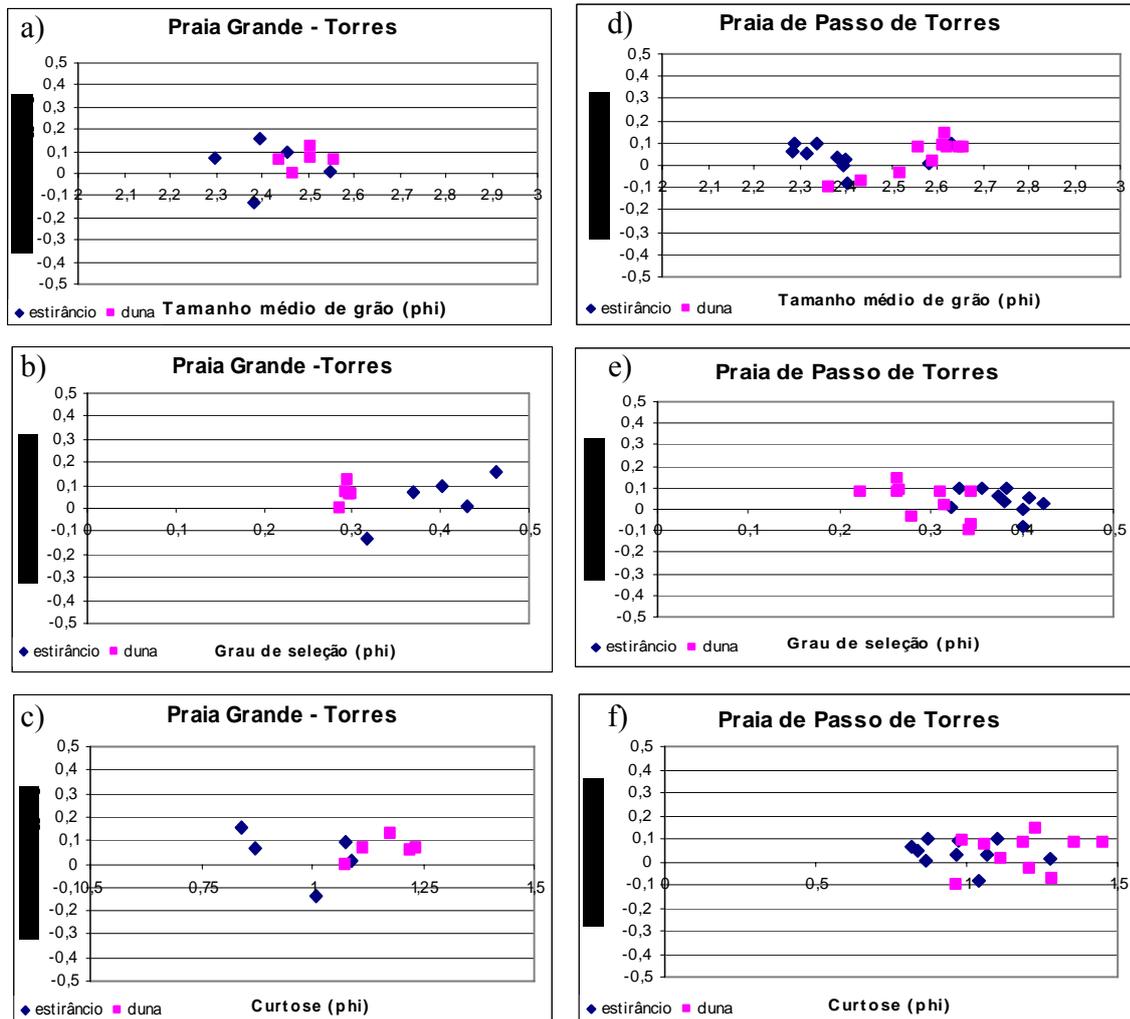
Shideler (1973), descreve que os sedimentos do estirâncio, berma, e duna são considerados como distintas populações genéticas e texturais. A população do estirâncio é gerada predominantemente por processos aquosos associados aos regimes normais de espraiamento, com mínima atuação de processos eólicos, refletindo as condições médias da energia das ondas. Quanto menos inclinada for a face da praia, maiores serão as diferenças de velocidade entre as correntes de 'swash' e 'backwash' (Evans, 1939), e como consequência, maiores as diferenças no tamanho de grão entre as populações de espraiamento, resultando em um menor grau de seleção das amostras no estirâncio. Os sedimentos referentes a berma também apresentaram altos valores de desvio padrão. Segundo Shideler (op cit) estes são sedimentos bastante heterogêneos, até mais do que os do estirâncio, porque estão sujeitos à ação tanto dos processos de espraiamento durante elevações de nível do mar, como também de processos eólicos. A população da duna é gerada exclusivamente através de processos eólicos e por isso apresenta uma textura clástica filtrada distinta, derivada da berma adjacente e planícies eólicas. O campo de dunas compreende os sedimentos mais homogêneos, refletindo as condições menos variáveis entre os subambientes. Bascom (1951); Fox *et al* (1966) e Self (1977) de forma similar defendem que os sedimentos

mais grossos e menos selecionados estão no estirâncio. Sendo que a melhor seleção é verificada na duna. Assim podemos dizer que as amostras das praias descritas acima concordam com os padrões descritos pelos autores.

Mason e Folk (1958) na tentativa de diferenciar os subambientes praias elaboraram diagramas dispersos confrontando parâmetros sedimentológicos, onde a assimetria contra a curtose mostrou ser a melhor forma de se diferenciar areias de praia, duna e planícies eólicas. A diferenciação dos ambientes foi possível, apesar do tamanho médio de grão apresentar-se bastante uniforme. Friedman (1961) demonstra que a plotagem do diâmetro médio contra a assimetria foi eficaz na diferenciação de areias de praia e duna. O autor também diferenciou areias de praia e rio através da assimetria e desvio padrão. As diferenças entre as amostras esta quase que inteiramente na porção caudal das curvas, assimetria e curtose são os parâmetros de maior valor para se diferenciar os ambientes, conforme o autor.

A melhor diferenciação ocorre entre estirâncio e duna, pois os demais subambientes se mostraram muito similares. Na praia de Passo de Torres foi através da plotagem do parâmetro assimetria contra o tamanho médio de grão (fig. 52d), e a assimetria contra o grau de seleção (fig 52e) que foram obtidas as melhores diferenciações. Obteve-se sucesso na diferenciação na praia de Passo de Torres, principalmente, em termos de tamanho médio de grão. No caso da assimetria contra a curtose (fig 52f) a diferenciação não foi tão clara.

Na praia Grande não houve a separação dos subambientes com o diagrama de assimetria versus tamanho médio de grão (fig. 52a). Todavia, através da assimetria versus a curtose (fig. 52c), e a assimetria versus o grau de seleção (fig.52b) foi possível uma melhor separação dos subambientes.



**Figura 52**– Diagramas dispersos confrontando parâmetros texturais das amostras do estirâncio e duna na praia Grande – Torres e praia de Passo de Torres: a) assimetria versus tamanho médio de grão, b) assimetria versus grau de seleção, c) assimetria versus curtose, na Praia Grande; d) assimetria versus tamanho médio de grão, e) assimetria versus grau de seleção, f) assimetria versus curtose, na praia de Passo de Torres.

#### 5.4.2 Praias adjacentes à Laguna de Tramandaí

Através da tabela 12, observamos que na Praia de Imbé existe uma melhor diferenciação dos subambientes praias através do tamanho médio de grão. O tamanho médio de grão mostra que o estirâncio é mais grosso que os demais subambientes. As menores variações de tamanho médio de grão ao longo da praia são observadas no pós-praia. Na proximidade do molhe a diferenciação entre os subambientes não é muito clara. Até o km 3 as amostras não apresentam uma boa diferenciação transversal pois estão na área influenciada pela remobilização antrópica de areia na Praia de Imbé, onde a areia que se acumula junto ao muro de contenção é redistribuída para o estirâncio e pós-praia (fig. 23- pg. 55).

Os valores médios do grau de seleção são bastante semelhantes entre os subambientes, entretanto, o estirâncio e a berma apresentam-se menos selecionados que os demais. A duna apresenta o melhor grau de seleção, concordando com a descrição de Mason & Folk (1958), onde mostram que as areias de praias são menos selecionadas que aquelas encontradas nas dunas e com a descrição de Shideler (1973).

**Tabela 12-** Tamanho de grão (Mz) e grau de seleção ( $\sigma \phi$ ) em cada subambiente com respectivos desvios padrão, Praia de Imbé.

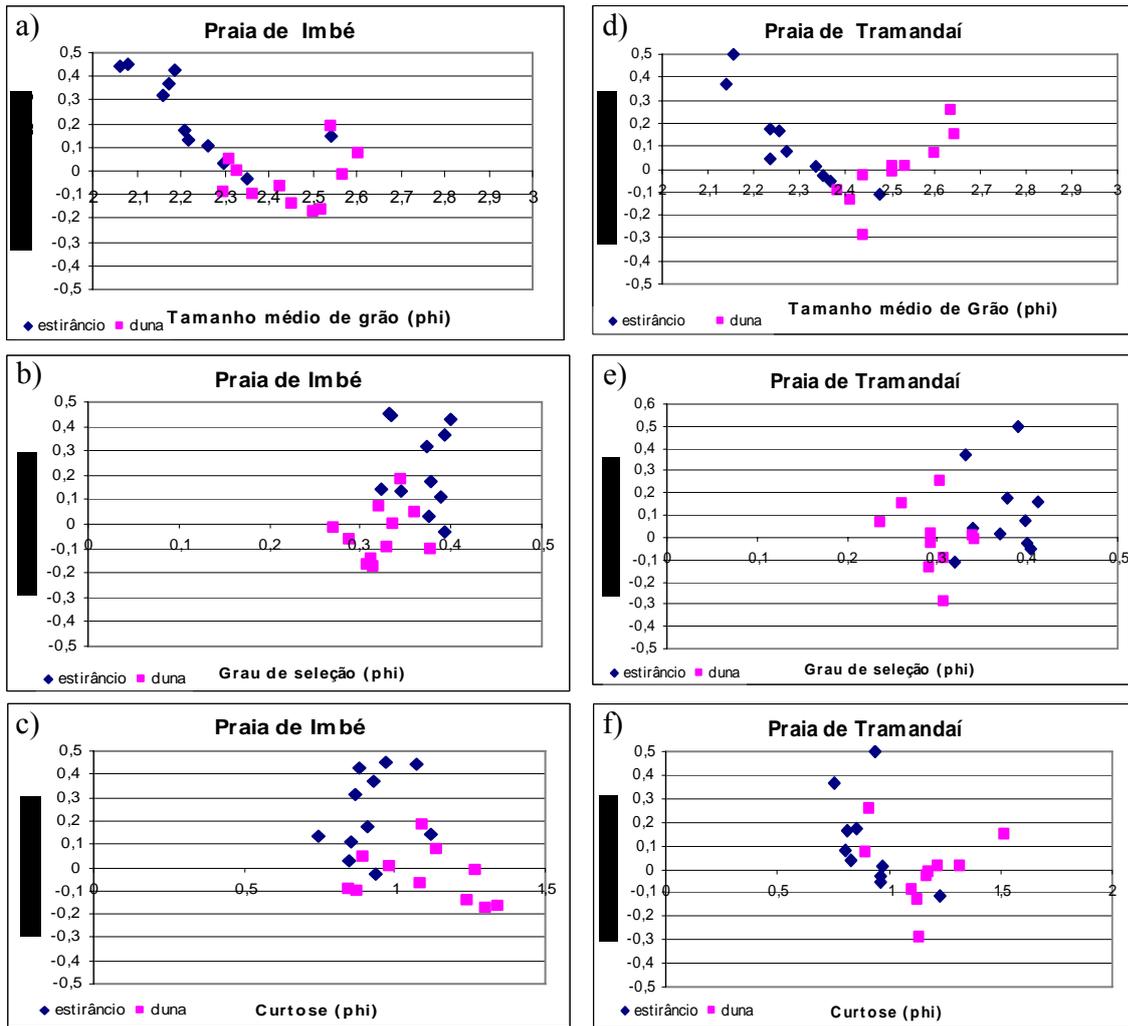
Subambientes	Mz $\phi$		$\sigma \phi$	
	Média	Desvio padrão	Média	Desvio padrão
Estirâncio	2.23	0.13	0.36	0.02
Berma	2.44	0.10	0.36	0.02
Pós-praia	2.42	0.08	0.34	0.02
Duna	2.45	0.15	0.32	0.03

Observando a tabela 13 de forma similar ao que ocorre na Praia de Imbé, a Praia de Tramandaí também apresenta uma clara diferenciação dos subambiente em termos de tamanho médio de grão. As amostras de melhor seleção foram encontradas na duna sendo também pouco variáveis ao longo da costa (valores de baixos de desvio padrão). As amostras menos selecionadas foram verificadas no estirâncio. As amostras destas praias seguem os padrões descritos por Shideler (1973).

**Tabela 13-** Tamanho de grão ( $Mz$ ) e grau de seleção ( $\sigma \phi$ ) em cada subambiente com respectivos desvios padrão, Praia de Tramandaí.

Subambiente	$Mz \phi$		$\sigma \phi$	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Estirâncio	2.28	0.10	0.37	0.03
Berma	2.55	0.07	0.33	0.02
Pós-praia	2.48	0.08	0.31	0.02
Duna	2.51	0.09	0.29	0.03

A distinção entre duna e estirâncio nas praias adjacentes a Laguna de Tramandaí foi bem sucedida quando foram confrontados os parâmetros: assimetria e tamanho médio de grão (fig. 53 a e d). Os demais subambiente apresentaram características muito similares quanto aos parâmetros texturais. Amostras pertencentes à duna apresentam menor tamanho médio de grão e assimetria com tendência mais negativa, apesar de valores simétricos e positivos também terem sido verificados. Sedimentos do estirâncio apresentam de maneira geral maiores diâmetros e assimetria positiva ou simétrica, com raros valores de assimetria negativa. A diferenciação também foi muito boa quando confrontamos a assimetria versus a curtose, e assimetria versus o grau de seleção (fig. 53b, c, e, e f).



**Figura 53**– Diagramas dispersos confrontando parâmetros texturais das amostras do estirâncio e duna nas praias de Imbé e Tramandaí: a) assimetria versus tamanho médio de grão, b) assimetria versus grau de seleção, c) assimetria versus curtose, na Praia de Imbé, d) assimetria versus tamanho médio de grão, e) assimetria versus grau de seleção, f) assimetria versus curtose, na praia de Tramandaí.

### 5.4.3 Praias adjacentes à Laguna dos Patos

De acordo com os valores médios do tamanho médio de grão ( $Mz \phi$ ) para a praia do Cassino, apresentados na tabela 14, existe pouca diferenciação entre os ambientes. Entretanto, o desvio padrão (D.P.) do tamanho médio de grão apresenta-se mais elevado para o estirâncio, indicando que as amostras deste subambiente apresentam maiores variações ao longo do trecho estudado.

O grau de seleção ( $\sigma \phi$ ) decresce do pós-praia em direção ao estirâncio e os valores de desvio padrão (D.P.) de cada subambiente são bastante similares demonstrando que as amostras não apresentam diferenças significativas em termos de seleção ao longo deste trecho de praia.

**Tabela 14-** Tamanho de grão e grau de seleção em cada subambiente com respectivos desvios padrão, Praia do Cassino.

Subambiente	$Mz \phi$		$\sigma \phi$	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Estirâncio	2.64	0.25	0.34	0.05
Berma	2.67	0.16	0.30	0.04
Pós-praia	2.68	0.13	0.29	0.02

Os valores médios de tamanho médio de grão ( $Mz \phi$ ) na praia do Mar Grosso são menores no estirâncio do que nos demais subambiente, não concordando com o que foi descrito por Shideler (1973). O tamanho médio se mantém bastante constante ao longo deste trecho conforme demonstrado pelos valores de desvio padrão (D.P.) na tabela 15. Os demais subambiente têm maior tamanho médio de grão e estes apresentam as maiores variações de tamanho de grão ao longo do trecho. A seleção ( $\sigma \phi$ ) é bastante similar entre os ambientes, além de apresentar pouca variação ao longo do trecho estudado da praia do Mar Grosso.

**Tabela 15-** Tamanho de grão e grau de seleção em cada subambiente com respectivos desvios padrão, Praia do Mar grosso.

Subambiente	Mz $\phi$		$\sigma \phi$	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Estirâncio	2.78	0.10	0.31	0.04
Berma	2.58	0.28	0.32	0.04
Pós-praia	2.59	0.25	0.33	0.04
Duna	2.58	0.22	0.32	0.03

As amostras do estirâncio da Praia do Cassino apresentam maior tamanho médio de grão e maiores variações ao longo do trecho são verificadas, comparativamente com as amostras da Praia do Mar Grosso. Os demais subambiente são mais finos e mais homogêneos ao longo do trecho estudado que na Praia do Mar Grosso. A seleção média entre as amostras de ambas as praias se mostrou bastante similar.

Na área de influência do corpo lagunar na Praia do Cassino, setor adjacente ao molhe a diferenciação entre os subambiente é bastante dificultada, devido a grande similaridade entre os mesmos (fig.26). A diferenciação dos subambiente conforme a descrição de Mason e Folk (1958) e Shideler (1973) parece não ser eficaz. A influência de sedimentos mais finos nas adjacências da laguna mascara a diferenciação. Em algumas amostras o tamanho médio mais fino foi observado no estirâncio contrariando o padrão sedimentológico geralmente observado. No setor central algumas diferenças entre os subambiente podem ser verificadas, com estirâncio de granulometria mais grossa que os demais subambiente (fig. 29- b). Diferenças significativas começam a ser observadas a partir do km 16, setor navio, onde o estirâncio é bem mais grosso (fig.29- c).

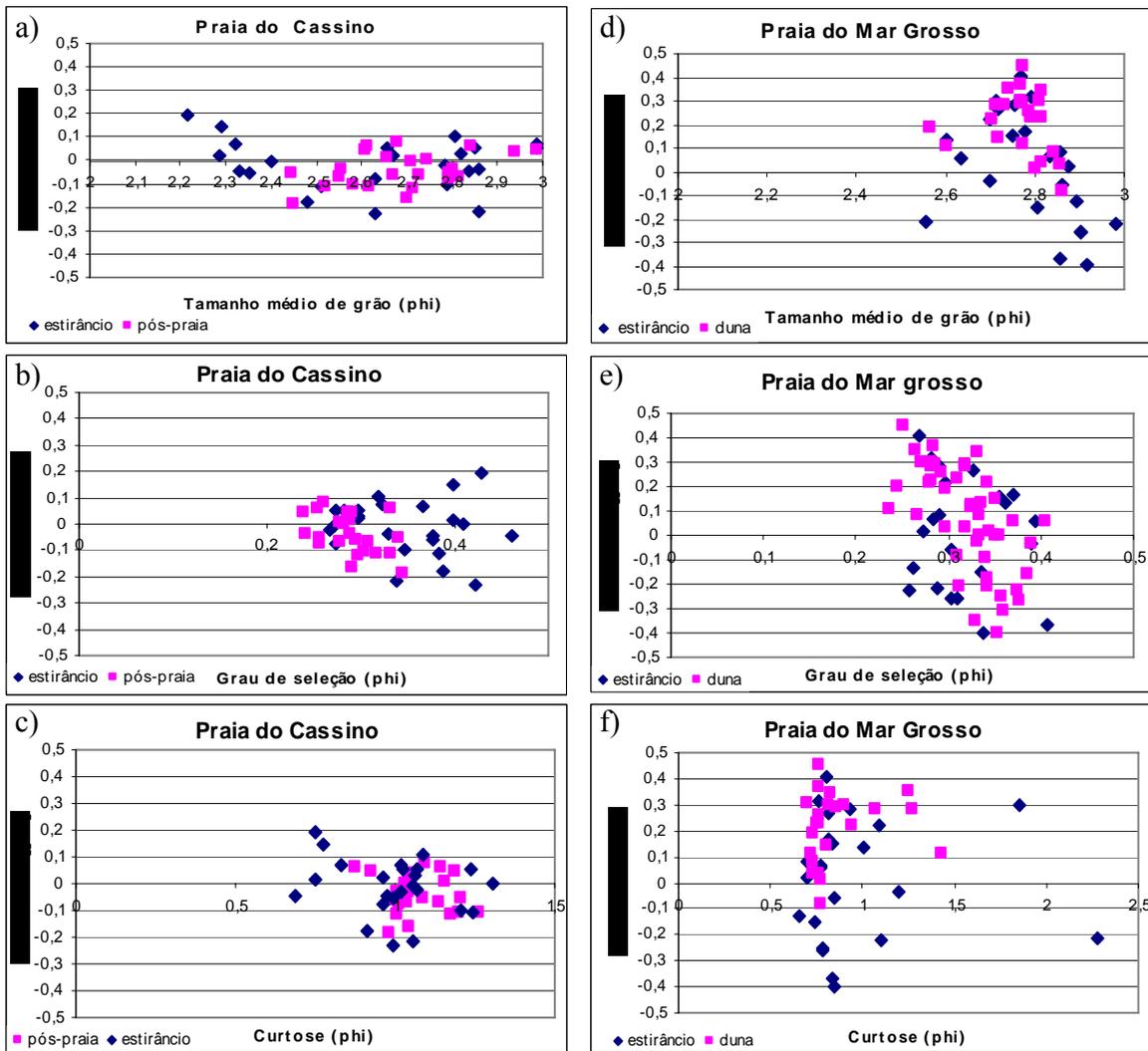
Na praia do Cassino a orientação da linha de costa representa um fator determinante influenciando na diferenciação dos subambiente praias. No trecho adjacente ao molhe a diferenciação entre subambiente se torna bastante difícil, pois neste trecho a atuação do vento predominante de direção NE, transporta areia do campo de dunas em direção ao estirâncio mascarando o padrão de diferenciação neste local, contrariando os padrões descritos por Bascom (1951); Fox *et al* (1966) e Self (1977). No setor Navio Altair uma melhor caracterização ocorre em consequência de uma menor influência do material mais fino proveniente da Laguna e à mudança de orientação da linha de praia em relação à direção predominante do transporte eólico, transportando areia em direção as dunas. Neste local as amostras mais grossas podem ser verificadas no estirâncio, enquanto que nos demais ambientes sedimentos de menor granulometria aparecem.

Na Praia do Mar Grosso não se observa uma clara diferenciação entre os ambientes na maior parte da área amostrada, somente a 20 km da desembocadura o estirâncio apresenta seu tamanho médio de grão levemente mais grosso que os demais ambientes (fig. 26). A berma não é bem definida devido às características dissipativas. Além disso, a ação de ventos com componentes paralelas e oblíquas a linha de praia proporcionam o desenvolvimento de consideráveis dunas embrionárias, que chegam a ocupar todo o pós-praia, mascarando o padrão de diferenciação. Somado a este fator estão as marés meteorológicas, associadas à passagem de frentes frias, tendem a homogeneizar ainda mais os subambiente, dispersando o material para o restante da praia.

As inversões no regime eólico (NE-SW e SW-NE) ocorridas na costa do RS também devem ser consideradas quando se levanta as alterações sofridas pelo padrão de diferenciação transversal

verificadas na praia do Cassino e Mar Grosso, já que nestas praias a disponibilidade de material mais fino é abundante. Provavelmente um padrão mais bem definido em termos de subambiente ocorreria se o regime eólico fosse mais estável.

Observando as diferenças nos percentuais de areia muito fina e média entre os subambiente praias para ambas as praias, verifica-se que as maiores porcentagens de areia média estão localizadas no estirâncio. Na tentativa de diferenciar subambiente a utilização de diagramas dispersos confrontando alguns parâmetros texturais conforme sugerido por Friedman (1961), não demonstrou eficiência para diferenciar as areias do pós-praia e estirâncio na praia do Cassino e duna e estirâncio no Mar Grosso, concordando com a descrição de Shepard e Young (1961) que descreve os parâmetros texturais como não sendo ambientalmente sensíveis que permitam tal diferenciação (fig. 54). Apesar de terem sido utilizadas na praia do Cassino amostras do pós-praia e não da duna, por não estarem disponíveis, na diferenciação entre subambiente, ficou claro que nesta praia as características texturais entre os mesmos são muito similares comparativamente as demais praias estudadas. Na praia do Cassino a melhor diferenciação foi obtida através da plotagem da assimetria versus o grau de seleção, apesar de ainda não ser satisfatória para separação de populações distintas. Porém, devemos ressaltar que os gráficos das figuras 26, 27, e 28, onde é colocada a distribuição dos parâmetros texturais ao longo da praia observa-se, uma melhor diferenciação dos subambiente praias no trecho final da área estudada na praia do Cassino, no trecho Navio Altair (fig.29- c). Por isso, se confrontarmos os parâmetros texturais acima utilizados somente neste trecho, provavelmente os resultados serão mais satisfatórios.



**Figura 54**– Diagramas dispersos confrontando parâmetros texturais das amostras do estirâncio e pós-praia nas praias do Cassino e Mar Grosso: a) assimetria versus tamanho médio de grão, b) assimetria versus grau de seleção, c) assimetria versus curtose, na Praia do Cassino; d) assimetria versus tamanho médio de grão, e) assimetria versus grau de seleção, f) assimetria versus curtose, na praia do Mar Grosso.

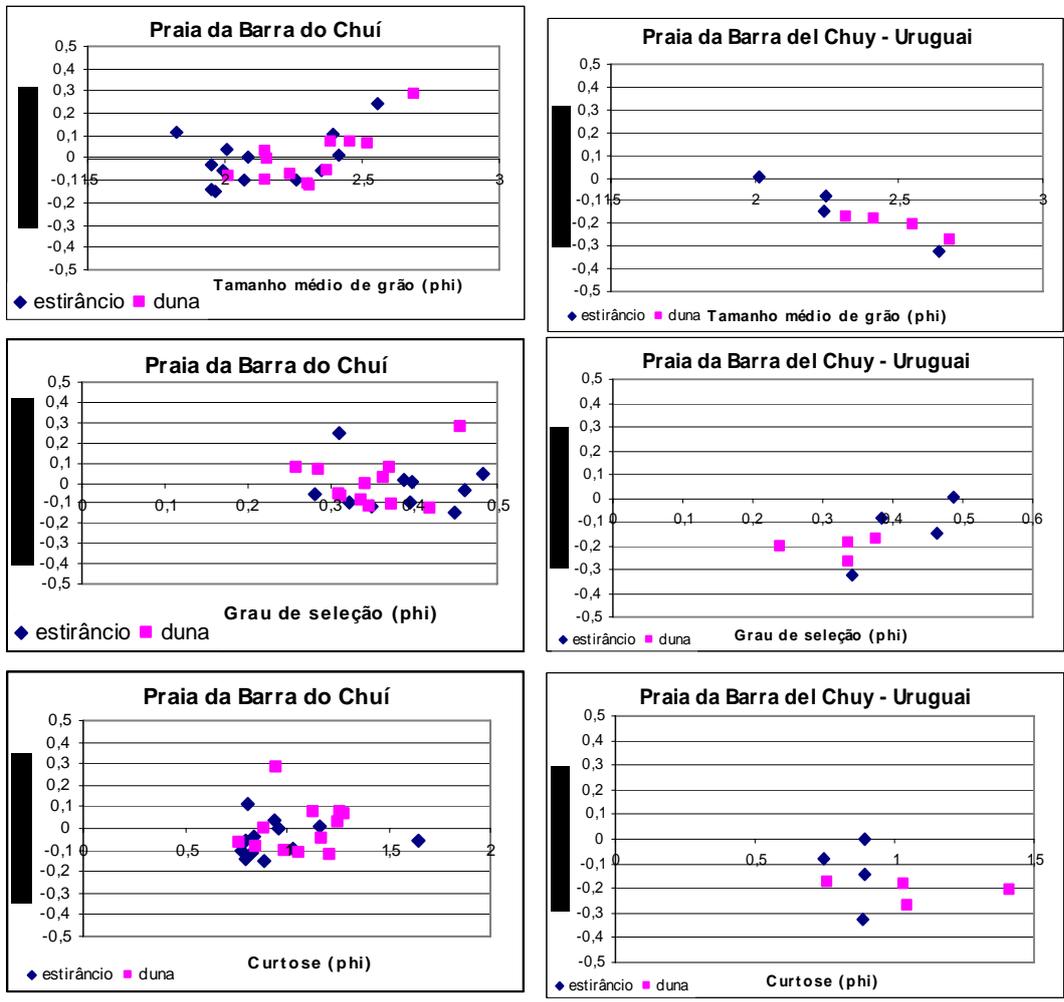
#### 5.4.4 Praias adjacentes ao Arroio Chuí

As maiores variações de tamanho médio ao longo da praia foram verificadas no estirâncio, berma e duna, conforme a tabela 16. Amostras do estirâncio apresentam menor grau de seleção e os maiores tamanhos médios de grão, sendo também mais variáveis ao longo da praia, apresentando-se de forma similar ao padrão descrito por Shideler (op cit), Bascom (op cit), Fox *et al* (op cit) e Self (op cit).

**Tabela 16-**Tamanho de grão e grau de seleção em cada subambiente com respectivos desvios padrão, Praia da Barra do Chuí.

Subambiente	Mz $\phi$		$\sigma \phi$	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Estirâncio	2.31	0.22	0.41	0.08
Berma	2.45	0.18	0.33	0.05
Pós-praia	2.32	0.08	0.32	0.03
Duna	2.52	0.17	0.34	0.05

A diferenciação dos subambiente, estirâncio e duna, através do confronto dos parâmetros texturais nestas praias não foi muito aparente (fig 55). Entretanto, apesar de não ter ocorrido à clara separação de duas populações distintas conforme esperado, podemos verificar que as amostras do estirâncio e pós praia são mais grossas e as do estirâncio têm menor com menor grau de seleção, porém em termos de assimetria existe grande semelhança entre as amostras. Na praia da Barra Del Chuy a diferenciação foi mais clara, mas o número amostral não é muito representativo e por isso não pode ser considerado como o padrão de comportamento das amostras desta praia.



**Figura 55**– Diagramas dispersos confrontando parâmetros texturais das amostras do estirâncio e duna nas praias da Barra do Chuí e Barra Del Chuy: a) assimetria versus tamanho médio de grão, b) assimetria versus grau de seleção, c) assimetria versus curtose, na praia da Barra do Chuí; d) assimetria versus tamanho médio de grão, e) assimetria versus grau de seleção, f) assimetria versus curtose, na praia da Barra Del Chuy.

### **5.5 Amostras junto à desembocadura da Laguna dos Patos**

A fim de comprovar a origem do material sedimentar correspondente à textura areia muito fina para as praias adjacentes a Laguna dos Patos, procedeu-se à análise da distribuição textural da região de influência da descarga lagunar na plataforma interna. A partir das amostragens destes locais considerou-se que a melhor solução matemática representativa dos dados é a composta de três fatores, os quais explicaram 92,48% da variância total, apresentando escores positivos e comunalidades altas para cada amostra, além de fornecerem uma boa reprodução dos dados representando diferentes padrões texturais (Tabela A, anexo 2). A composição dos fatores (amostras padrões) encontra-se listados na Tabela 17. Nas figuras 56, 57 e 58 juntamente com os mapas de contorno dos escores fatoriais, plotou-se a distribuição de frequência das amostras padrões.

**Tabela 17-** Escores fatoriais (“FACTOR SCORE”) representando a composição das amostras padrões (END MEMBER). Matriz inicial 40 X 12.

PHI	FATOR I	FATOR II	FATOR III
-2,0 a 0,5	0,0794	- 0,0113	0,0154
0,0	0,0110	- 0,0004	0,0098
0,5	0,0025	0,0003	0,0045
1,0	0,0030	0,0021	0,0079
1,5	0,0098	0,0250	0,0153
2,0	- 0,0382	0,3532	0,0259
2,5	0,0393	0,8894	0,0397
3,0	0,2251	0,2690	0,0124
3,5	0,9380	- 0,0972	0,1544
4,0	0,1566	0,0171	0,1966
5,0 a 8,0	- 0,1054	- 0,0213	0,6283
8,0 a 12,0	- 0,1556	- 0,0313	0,7347

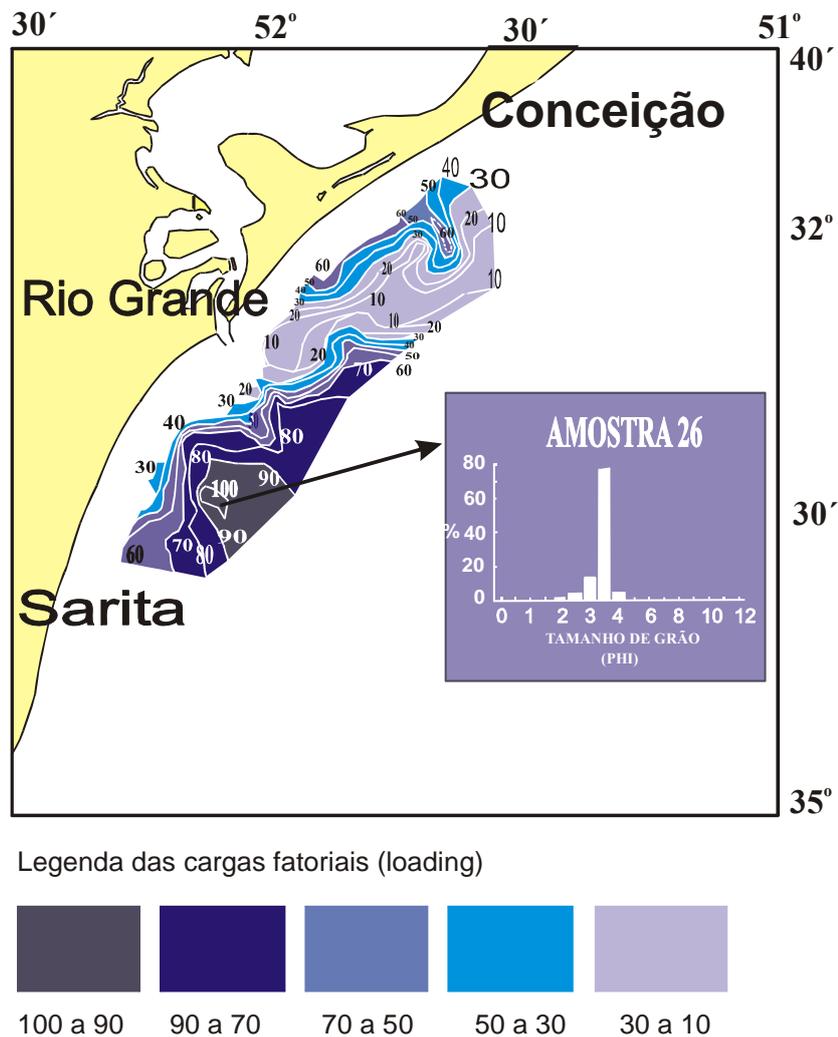
### Fator I

O fator I, que explica 63,43% da variância total é composto de areia muito fina, bem selecionada e assimetria negativa (Tabela 18). Este é amplamente distribuído na área, sendo mais significativo na porção sul (fig.56).

**Tabela 18-** Grau de Seleção (GS), assimetria (A) e porcentagem de cascalho (%C), areia (%A), silte (%S) e argila (%Ar) para amostras padrões.

Amostra	Fator	G.S.	A.	% C	% A	% S	% Ar
26	I	muito selecionada	muito negativa	0,47	99,5	0,00	0,00
46	II	bem selecionada	simétrica	0,00	100,0	0,00	0,00
79	III	muito pobremente selecionada	positiva	0,32	35,3	25,5	38,7

As amostras correspondentes ao fator I são oriundas da erosão de depósitos eólicos associados à margem lagunar e do próprio fundo estuarino. Estes sedimentos encontram-se em constante trânsito nas adjacências da desembocadura por ação das ondas e correntes de enchente, que durante as marés meteorológicas forçam o transporte do material para dentro da Laguna; e durante períodos de pluviosidade mais intensa as correntes de vazante levam este material para fora. Desta forma, a dominância do fator I nas amostras é o resultado da área fonte e do retrabalhamento ocorrido durante o Holoceno, e que ainda persiste atualmente.

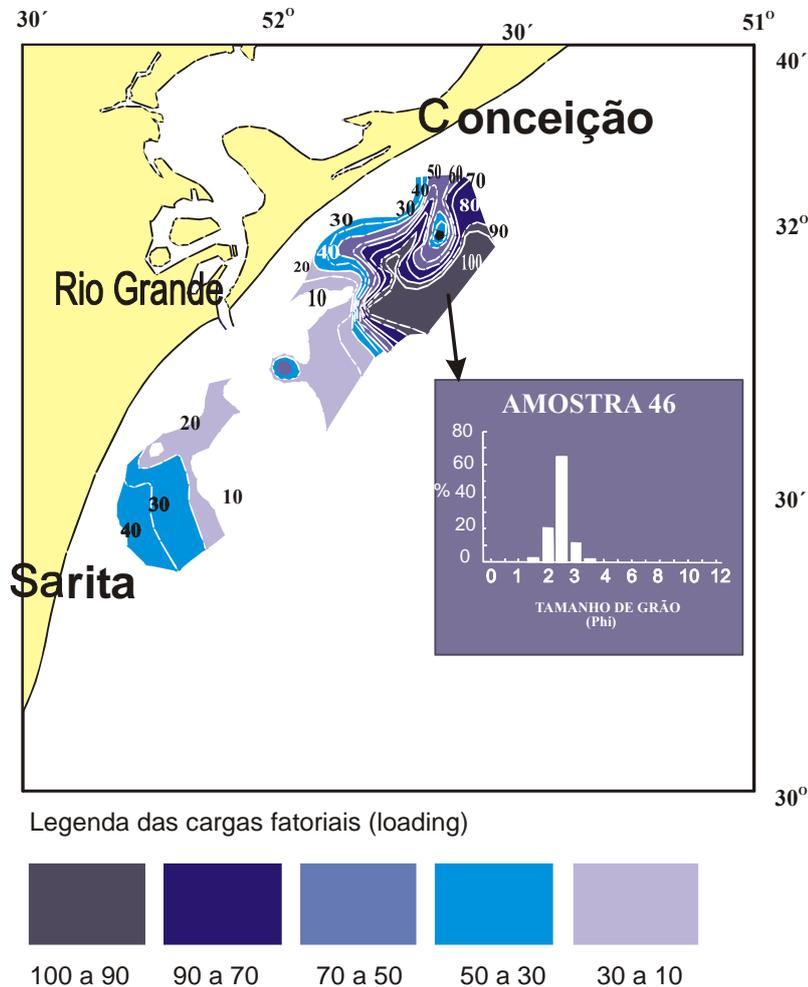


**Figura 56-** Distribuição das cargas fatoriais do fator I e histograma da amostra padrão.

### Fator II

O fator II, que explica 17,98% da variância total, compreende areia fina bem selecionada e simétrica (Tabela 18). Distribui-se na porção norte, onde a principal característica é a existência de bancos arenosos lineares (fig.57). Os bancos arenosos mais evidentes na área são o banco Capela e o banco Minuano. O primeiro encontra-se próximo à linha de praia devendo, provavelmente, conectar-se a mesma. Já o banco Minuano encontra-se desmembrado da linha de

praia. As altas composições dos escores do fator II estão distribuídas exatamente nas proximidades do banco Minuano.

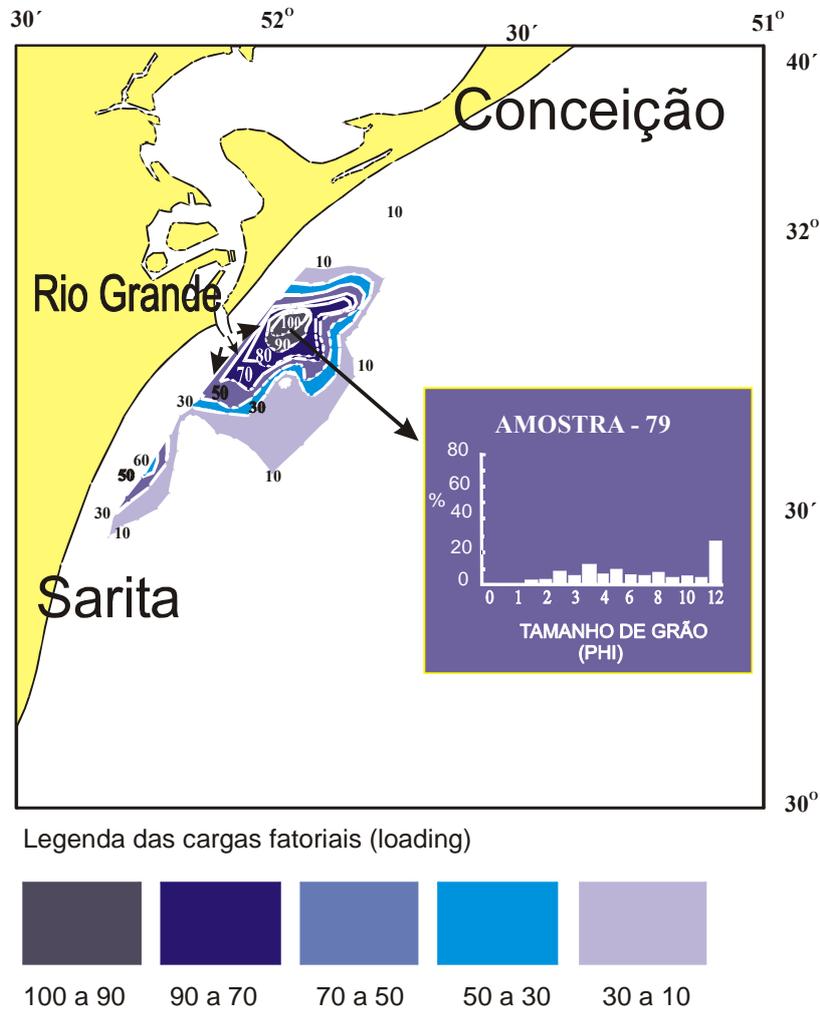


**Figura 57-** Distribuição das cargas fatoriais do Fator II e histograma da amostra padrão.

### Fator III

O fator III (explica 11,01% da variância total) é composto de areia-silte-argila, representando sedimentos muito pobremente selecionados (Tabela 18). Ou seja, existe uma deposição de sedimentos finos sob sedimentos arenosos reliquias e posterior retrabalhamento como descrito por Calliari & Fachin (1993). O fator III encontra-se distribuído em profundidades menores que 20 metros na porção sul e até 22 metros na porção norte, representando as fácies

areno-siltica (amostras 80, 110 e 45), areno-argilosa (amostras 30, 84 e 96) e mista (amostras 43, 11 e 79), de acordo com estudos efetuados por Calliari & Fachin (1993) (Fig.58).



**Figura 58-** Distribuição das cargas fatoriais do Fator III e histograma da amostra padrão.

O principal aporte de sedimentos atuais à plataforma interna adjacente à embocadura da Laguna dos Patos provém do sistema lagunar Patos-Mirim, que apresenta uma única ligação com o oceano no extremo sul, através do canal do Rio Grande. Na área adjacente a desembocadura da Laguna dos Patos ocorre a presença da Fácies Patos que é constituída por sedimentos areno-silticos e areno-argilosos, provenientes da drenagem atual que desemboca na Laguna dos Patos misturadas com as areias da plataforma interna. Essa fácies é mais abrangente na foz da

desembocadura lagunar e pode abranger até a isóbata de 22m com extensões de até 16 milhas (Martins,1967; Villwock & Martins, 1972; Calliari & Abreu, 1984; Borzone & Griep, 1991).

Toldo Jr & Dillenburg (2000) descrevem a migração de uma barra de “swash” na desembocadura da laguna dos Patos antes da construção dos molhes, onde colocam que os sedimentos arenosos do lobo terminal são transportados em direção à costa pelas correntes de enchente e ondas; e segundo os autores, o padrão de migração e soldagem na costa da barra de “swash” concorda com os padrões descritos por Smith & Fitzgerald (1994) *apud* Toldo Jr & Dillenburg (op cit) onde relatam que o processo leva de 5 a 7 anos para a completa migração e soldagem na costa. Estes sedimentos são constituídos principalmente pela fração areia fina e muito fina, conforme discutido acima, e compreendem o fator I e II.

Calliari & Fachin (1993) demonstram que a presença de camadas gradacionais (intercalações de lama, areia e cascalho nos testemunhos), bem como nítidos contatos bruscos entre lama e areia, a alternância das mesmas demonstra que a dinâmica da plataforma interna adjacente a embocadura da Laguna dos Patos é totalmente condicionada pelos parâmetros meteorológicos os quais podem mudar rapidamente. Os testemunhos indicam que sedimentos lamosos (fator III) vêm se depositando sobre sedimentos arenosos com elevados percentuais de areia muito fina (fator I) dominantes na plataforma interna.

## **5.6 Morfodinâmica Praial**

### **Introdução**

No presente capítulo serão relacionados os parâmetros morfométricos das praias com as características dos sedimentos, enfocando principalmente os percentuais das classes granulométricas areia muito fina e média. Segundo Short & Hesp (1982) e Wright & Short

(1984) os parâmetros morfométricos, bem com o envelope dos perfis podem ser usados como indicativos na diferenciação de estágios praias.

De acordo com Short & Hesp (op.cit.) e Short (1980) índices muito expressivos para caracterizar a mobilidade de uma praia, deslocamentos perpendiculares a linha de praia, são fornecidos pelo desvio padrão (índice de mobilidade da linha de praia -  $\sigma Y_b$ ) e pelo coeficiente de variação da posição média desta linha (índice de mobilidade do pós-praia - CV). Valores elevados indicam uma praia móvel suscetível a episódios de erosão e acreção, enquanto que baixos valores indicam mobilidade reduzida. Praias de maior mobilidade terão uma variação maior na sua morfologia. Da mesma forma as zonas de estoque de sedimentos irão refletir a mobilidade da praia e a sua morfologia já que a troca de sedimentos entre a zona de surfe e a praia determina a morfologia e a mobilidade da praia.

### **5.6.1 Praias adjacentes ao Rio Mampituba**

#### **Praia Grande, Cal, Prainha, Guarita Leste e Guarita Oeste**

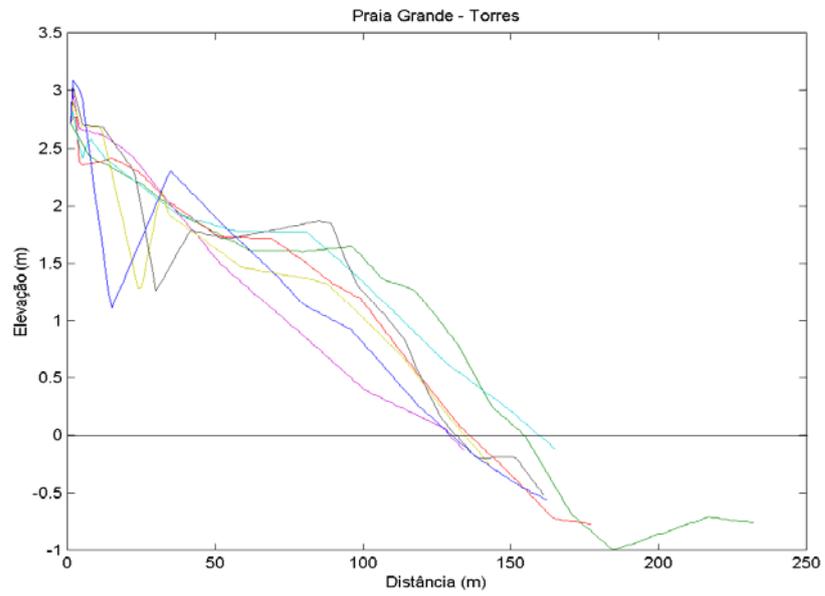
O tamanho médio de grão nestas praias é bastante similar ficando em torno de 2,2 phi e a variação lateral nas praias é mínima. A praia da Cal apresentou menor tamanho médio de grão sendo este de 2,9 phi. Os maiores índices de mobilidade das praias de Torres foram verificados na Prainha, praia Grande, Guarita Oeste e Cal, respectivamente, coincidindo com as maiores porcentagens de areia média nas amostras do estirâncio. Valores bem inferiores foram verificados na Guarita Leste mostrando um comportamento mais estável. Pivel (1997) menciona que esta praia não apresentou um comportamento sazonal típico.

As maiores larguras de praia foram observadas na praia Grande e segundo Lélis (2003) esta praia teve um período de acreção para linha de dunas de 1974- 1989, sendo de 71,67m a 495 m da base do

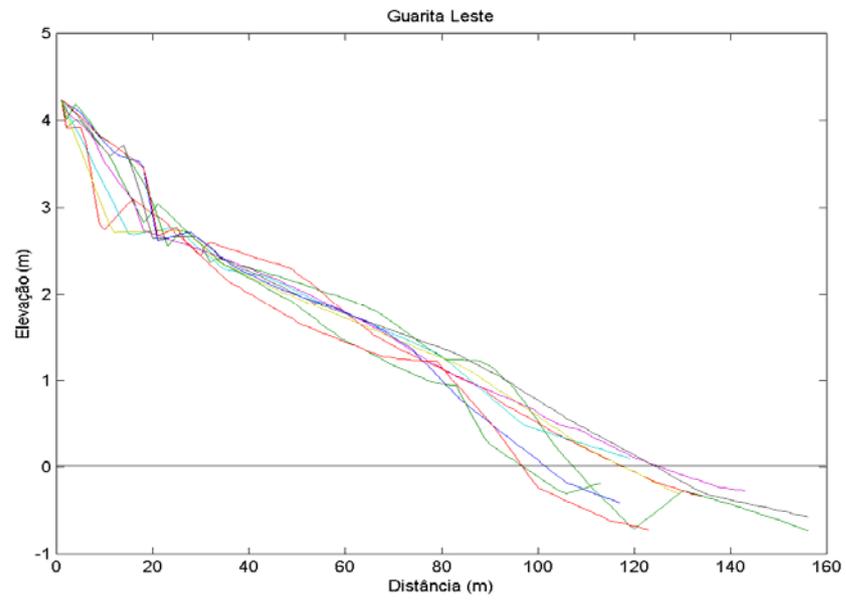
molhe. A partir de 1989 as alterações foram mínimas. As demais praias apresentaram-se bem mais estreitas. O CV (%) foi bastante elevado na Guarita Oeste e Prainha, valores intermediários na praia da Cal e menores na praia Grande e Guarita Leste (tabela 19). O conjunto de perfis de cada praia, pode ser visualizado na fig.59, onde uma morfologia convexa pode ser observada.

**Tabela 19-** Parâmetros das praias adjacentes ao rio Mampituba.

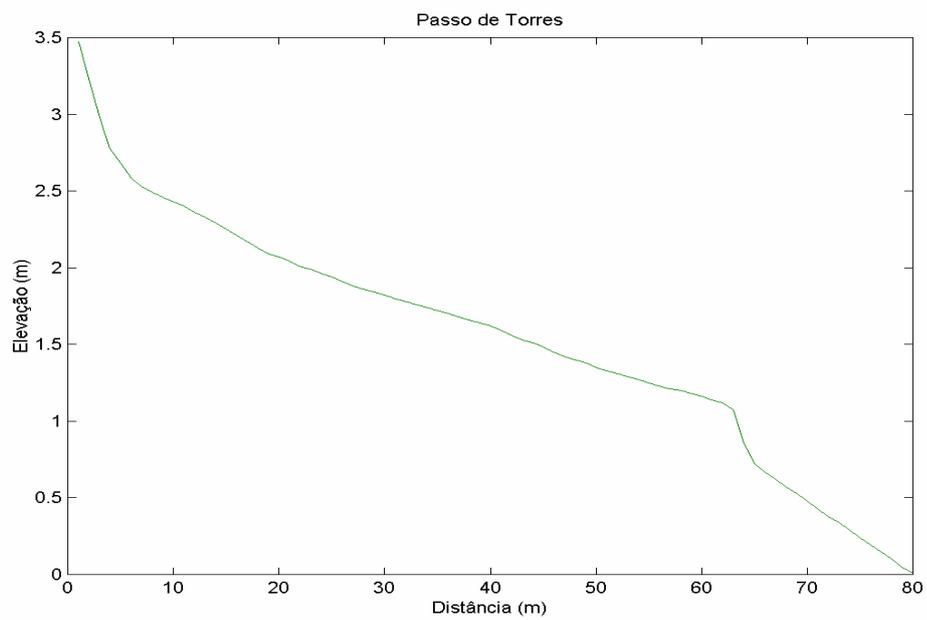
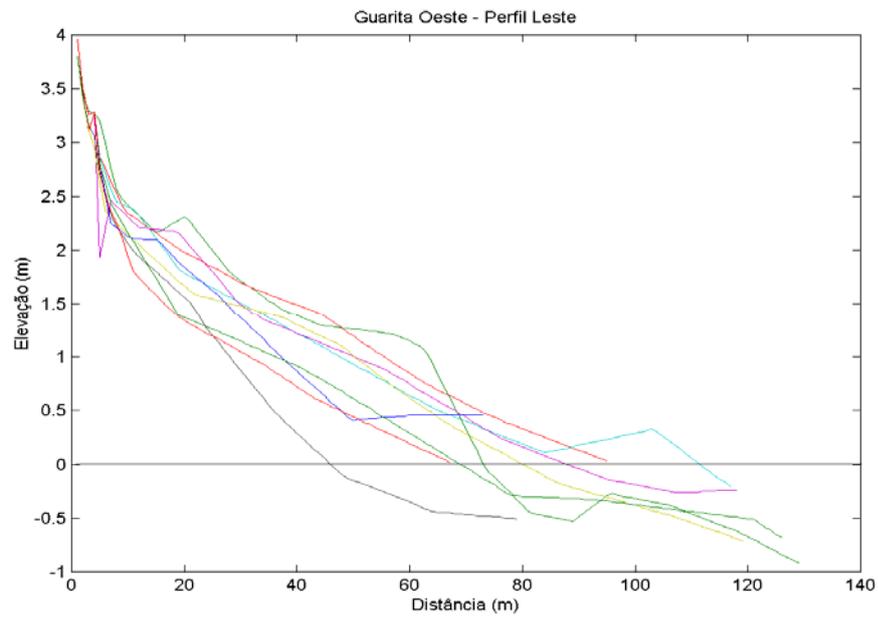
<b>Parâmetros</b> Pivel (1997)	<b>P.Grande</b>	<b>Prainha</b>	<b>P.Cal</b>	<b>G.Leste</b>	<b>G.Oeste 4km ao sul</b>
<b>N</b>	8	9	8	10	9
<b>Mz (phi)</b>	2,3	2,2	2,9	2,2	2,3
<b>Declividade</b>	1,56	2,13	2,3	2,35	2,04
<b>Yb (m)</b>	133,7	78,4	90,7	90,8	68,9
<b><math>\sigma Yb</math> (m)</b>	19,2	20,3	18,5	10,2	18,6
<b>CV (%)</b>	15	26	20	11	27
<b>Vv (m/m<sup>3</sup>)</b>	34	28,3	30,3	10,1	11,5
<b><math>\sigma Vv</math> (m/m<sup>3</sup>)</b>	24,4	28	28,6	10,5	21
<b>areia média (%)</b>	24,3	34,7	14,7	8,7	13,9
<b>areia muito fina (%)</b>	3,2	4,8	6,33	6,0	5,3



**Figura 59**– Perfis topográficos das praias adjacentes ao rio Mampituba.

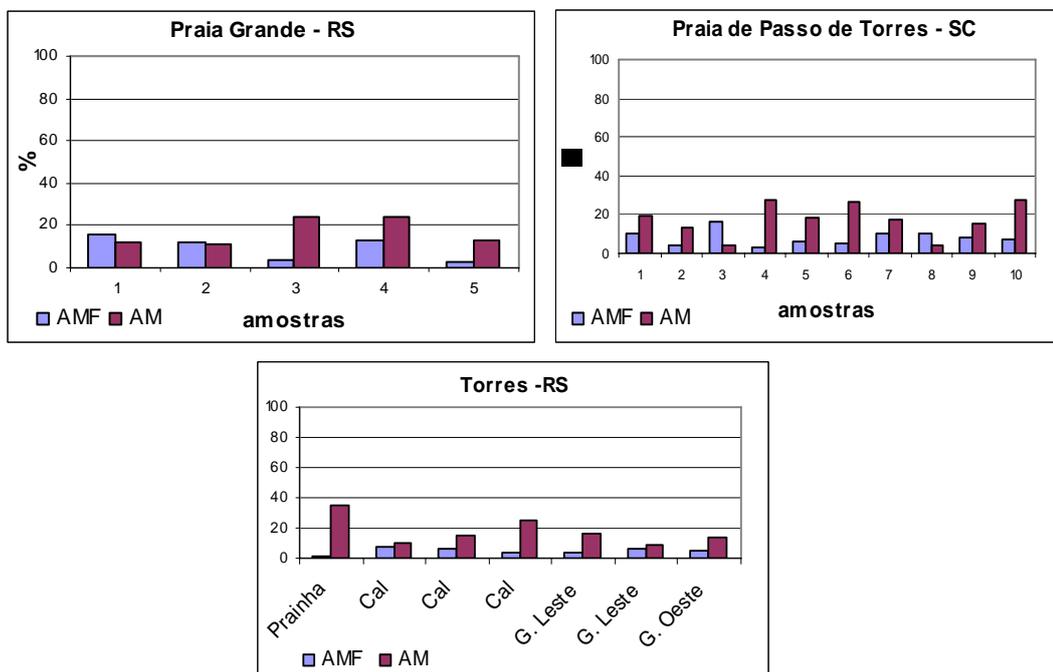


**Continuação Figura 59**– Perfis topográficos das praias adjacentes ao rio Mampituba.



Continuação Figura 59– Perfis topográficos das praias adjacentes ao rio Mampituba.

Pivel (op.cit.) relacionou a baixa mobilidade da Guarita Leste à proteção contra ataque direto das ondas oferecida pela Torre do Meio. Esta praia foi classificada de acordo com Hegge *et al* (1996), numa classificação para praias protegidas, sendo colocada dentro do grupo das praias planas (*flat beaches*). Segundo os autores, estas são compostas de areia fina bem selecionadas coincidindo com os resultados da análise granulométrica da praia no presente estudo. A granulometria da Guarita Leste e Guarita Oeste não foi considerada como sendo responsável pelas diferenças de mobilidade, pois ambas apresentaram a classe modal semelhante. Entretanto, além dos aspectos levantados pela autora, também devem ser considerados os percentuais das classes que compõe o sedimento observamos que na praia da Guarita Leste, mais estável, os percentuais de areia média são menores do que os apresentados na praia da Guarita Oeste (fig.60).



**Figura 60-** Percentuais de areia muito fina e média nas praias adjacentes ao rio Mampituba. AMF= areia muito fina; AM= areia média.

## 5.6.2 Praias adjacentes à Laguna de Tramandaí

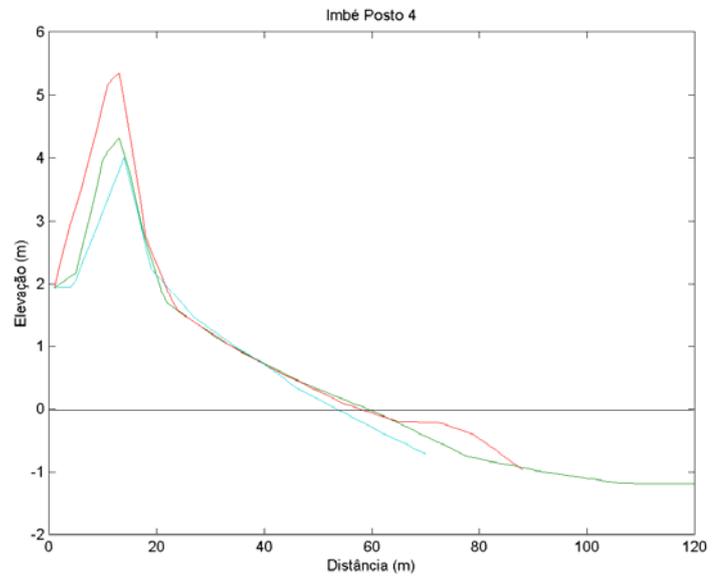
### Praia de Tramandaí e Imbé

Na praia de Tramandaí foram analisados dois pontos, um distando a 1 km do molhe denominado Tramandaí D e outro a 2 km denominado Tramandaí C. Os perfis apresentaram grande similaridade em termos dos parâmetros morfométricos (tabela 20).

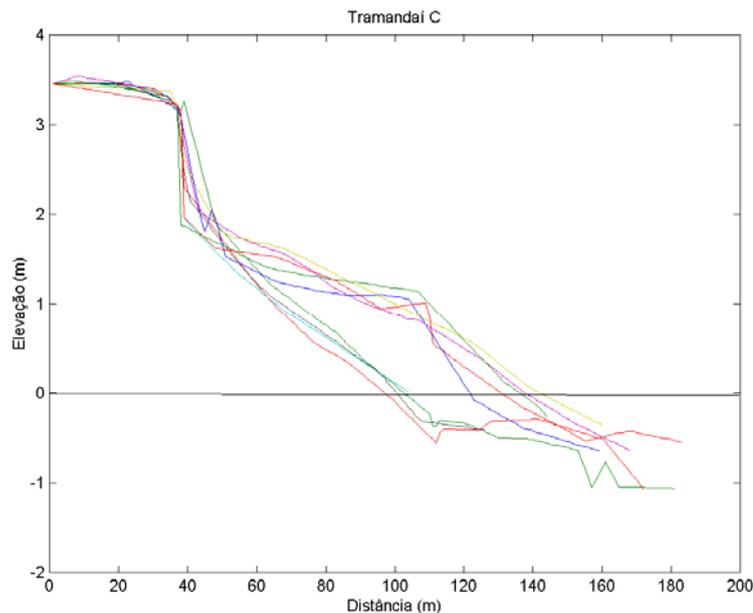
Tabela 20- Parâmetros das praias adjacentes à Laguna de Tramandaí.

Parâmetros	Tramandaí C(2 km) <i>Pereira et al (2003)</i>	Tramandaí D(1km) <i>Pereira et al (2003)</i>
N	9	9
Mz (phi)	2,2	2,3
Declividade	2,4	2,08
Yb (m)	117,428	95,60714
$\sigma Yb$ (m)	17,24892	17,28398
CV (%)	14,68893	18,07813
Vv (m/m <sup>3</sup> )	-8,474	-1,708
$\sigma Vv$ (m/m <sup>3</sup> )	41,5975	48,25542
areia média (%)	30,8	19,8
areia muito fina (%)	2,86	4,83

O envelope de perfis pode ser visualizado na fig. 61, onde que os perfis da praia de Tramandaí apresentam grande mobilidade e maior convexidade.



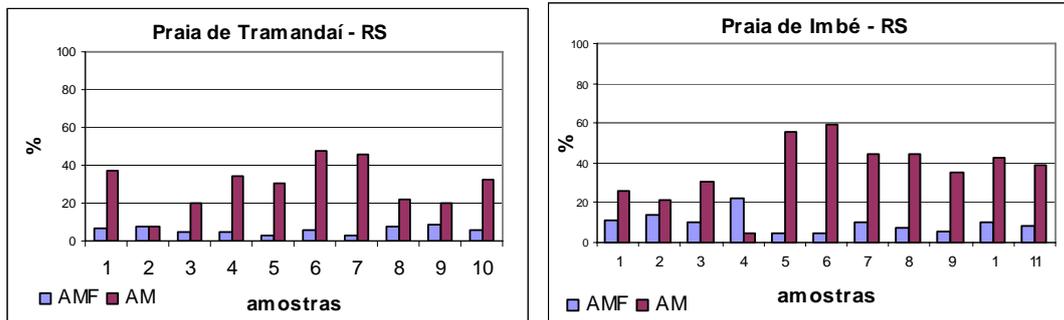
**Figura 61-** Perfis topográficos das praias adjacentes à Laguna de Tramandaí.



**Continuação Figura 61-** Perfis topográficos das praias adjacentes à Laguna de Tramandaí.

Perfis de ambas as praias apresentaram alta mobilidade com valores de  $(\sigma Y_b)$  elevados indicando características intermediárias já descritas por Toldo Jr. *et al* (1993). Os maiores índices de mobilidade foram verificados nas praias de Torres. Valores de CV(%) apresentaram-se elevados indicando uma praia móvel. Valores intermediários de declividade são observados na praia de Tramandaí, sendo semelhantes aos encontrados na praia do Navio Altair, e Hermenegildo.

Os percentuais de areia média e muito fina nas amostras variaram bastante entre os perfis (tabela 20), entretanto não foram observadas gradações laterais no tamanho de grão ao longo da praia, e na maior parte das amostras a classe areia média se sobrepôs a areia muito fina (fig. 62). Desta maneira as características móveis desta praia podem ser relacionadas aos elevados percentuais de areia média verificados na face da praia.



**Figura 62**-Percentuais de areia muito fina e areia média nas amostras das praias adjacentes à Laguna de Tramandaí. AM= areia média; AMF= areia muito fina.

### 5.6.3 Praias adjacentes à Laguna dos Patos

#### Mar Grosso, Cassino: Terminal, Rua Bahia, Querência, Navio Altair

Analisando os parâmetros morfométricos calculados pelos autores devidamente referenciados na tabela 21, para cada praia nas adjacências da Laguna dos Patos, observamos que as praias de uma forma geral apresentam características bastante similares. Entretanto, analisando mais detalhadamente, algumas diferenças podem ser notadas. Numa pequena extensão, cerca de 23 km, variações significativas no tamanho médio de grão foram verificadas ao sul da desembocadura da Laguna dos Patos tendo efeitos na morfodinâmica das praias desta região. Comparando os parâmetros morfométricos dos perfis do Terminal (km 3 a partir da base do molhe), Rua Bahia (km 6), Querência (km 9) e Navio Altair (km 18) verificamos que os três primeiros são bastante similares e apresentam menor mobilidade, enquanto que o Navio Altair diferenciou-se dos demais apresentando características de uma praia mais móvel (Tabela 21).

**Tabela 21**– Parâmetros das praias adjacentes à Laguna dos Patos.

<b>Parâmetros</b>	<b>Mar Grosso</b> Silva & Calliari(2001)	<b>Terminal</b> Pereira (2003)	<b>Rua Bahia</b> Tozzi (1995)	<b>Querência</b> Calliari & Klein (1993)	<b>Navio Altair</b> Tozzi (1999)
<b>N</b>	21,0	52,0	-	15,0	8,0
<b>Mz (phi)</b>	2,8	2,9	2,9	2,5	2,3
<b>Declividade</b>	2,0	2,0	1,5	1,9	2,6
<b>Yb (m)</b>	92	77,0	126,0	134,0	131,3
<b><math>\sigma Yb</math> (m)</b>	12,7	6,2	6,0	7,0	10,3
<b>CV (%)</b>	6,64	8,1	4,0	5,0	7,9
<b>Vv (m<sup>3</sup>/m)</b>	-0,3	8,36	3,0	4,0	1,2
<b><math>\sigma Vv</math> (m<sup>3</sup>/m)</b>	13,1	2,6	2,0	3,0	19,6
<b>areia média(%)</b>	1,73	0,08	1,77	1,30	36,16
<b>areia muito fina(%)</b>	53,22	23,2	37,11	30,16	3,95

Baixos índices de mobilidade da linha de praia ( $\sigma Yb$ ) foram verificados no Terminal, Rua Bahia e Querência, acompanhados de amplas larguras de praia e baixas declividades. No Terminal a praia apresentou-se um pouco mais estreita e com maior declividade. Pereira (2003) observou estágios intermediários na porção central do balneário, classificado como banco e cava longitudinal. Os baixos valores de largura de praia podem estar relacionados ao maior *set up* por ondas neste local. Valores mais elevados de CV(%) refletem as maiores trocas de sedimento entre os bancos e a porção subaérea da praia e também maiores variações de volume Vv (m<sup>3</sup>/m). No Navio Altair são verificados maiores índices de mobilidade da linha de praia ( $\sigma Yb$ ), declive mais acentuado, apesar da largura de praia ser elevada. Os menores valores de CV(%) foram verificados na Rua Bahia e Querência, seguidos pelo Navio Altair e Terminal. O Vv (m<sup>3</sup>/m) apresentou maiores valores no Terminal e menores no Navio Altair. Valores intermediários foram observados na Rua Bahia e Querência, os quais devem estar relacionados as menores trocas de sedimentos devido a menor hidrodinâmica, conseqüência de depósitos de lama existentes nestes locais. Oliveira & Calliari (1999) estudaram a influência da presença de lama sobre a

morfodinâmica da praia do Cassino (fig. 63). A mudança sedimentar implicou numa maior mobilidade ao Terminal, se comparado à Rua Bahia, que ficou protegido do ataque das ondas, em função da atenuação da energia pelo estoque lamoso na zona de arrebentação.



**Figura 63-** Praia do Cassino, observar a largura de praia e ausência de feições tridimensionais.

Os baixos valores de CV(%) encontrados no Navio Altair podem ser atribuídos ao número reduzido de perfis, pois valores bastante elevados de  $\sigma V_v$  ( $m/m^3$ ) foram observados para este local.

Através de observações visuais destas praias pode-se verificar a presença de feições características de praias intermediárias na face da praia do Navio Altair (fig. 64), como cúspides praias e bermas mais desenvolvidas durante períodos de acreção. Neste local também foi observada uma maior dificuldade de tráfego de veículos devido a menor compactação do sedimento que apresenta elevados percentuais de areia média.



**Figura 64-** Navio Altair observe a escarpa na berma.

A praia do Mar Grosso (fig.65) situada ao norte do canal, também foi comparada com as demais praias ao sul da mesma e algumas diferenças foram observadas. A largura da praia do Mar Grosso foi superior a do Terminal, porém inferior as demais. Índices de mobilidade da linha de praia ( $\sigma Y_b$ ) elevado, superior aos índices das praias ao sul da embocadura e (CV %) com valores intermediários. As variações de volume ( $V_v \text{ m}^3$ ) apresentaram balanço negativo, com  $\sigma V_v \text{ (m}^3\text{)}$  elevado. Segundo Lélis (2003) no local do perfil na praia do Mar Grosso, a 3 km da base do molhe, a linha de praia sofreu retrogradação localizada no período de 1974 a 2000. Silva & Calliari (2001) verificaram um balanço sedimentar de  $- 18,55 \text{ m}^3/\text{m}$ . Eventos de tempestade acarretaram na retração do cordão de dunas frontais de 6,7 m, condição que perdura até hoje.



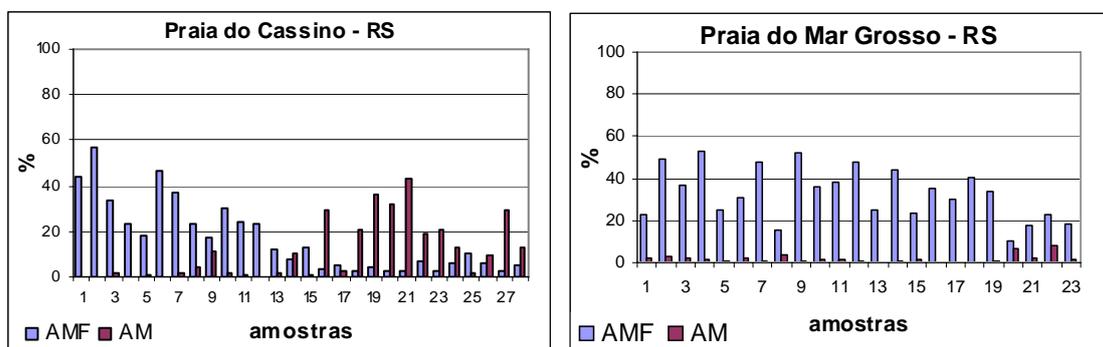
**Figura 65**-Praia do Mar Grosso observe ritmicidade das feições tridimensionais.

No Mar grosso a alta mobilidade da linha de praia pode estar relacionada à erosão localizada, sendo que o balanço de sedimentos é negativo, mas também refletem as características menos dissipativas deste local.

O tamanho de grão é peça chave no comportamento morfodinâmico das praias. Segundo Wright & Short (op.cit.) praias com características dissipativas tendem apresentar menores tamanhos de grão, enquanto que em praias intermediárias e refletivas, sedimentos de granulometria média a grossa são verificados. Nas praias acima mencionadas tal fato pode ser comprovado, pois a menor granulometria é encontrada no Terminal, Rua Bahia, Querência e Mar Grosso, enquanto sedimentos de maior granulometria são verificados no Navio Altair. Porém uma relação mais significativa foi verificada entre as quantidades de areia muito fina e areia média nas amostras e o comportamento morfodinâmico de uma praia.

Os baixos índices de mobilidade verificados, principalmente, na Querência e Rua Bahia indicando características de praias dissipativas, coincidem com percentuais de areia muito fina

bastante elevados. O mesmo parâmetro, percentuais de areia muito fina foi utilizado por Pino & Jaramillo (1992) nas praias Chilenas, onde após uma Análise de Componentes Principais estas foram separadas em dois grupos: um com as refletivas; e outro com as dissipativas e intermediárias. No entanto, para a separação das praias com características dissipativas, intermediária e com características mistas, foram utilizados os percentuais de areia muito fina e a orientação da linha de costa. Foi verificado pelos autores, que os maiores percentuais de areia muito fina correspondiam as praias dissipativas. Percentuais acima de 10% foram considerados altos neste estudo. As praias de Ronca, Barra Lingue e Los Molinos, correspondem aos locais com os maiores percentuais de sedimentos muito finos (11,8%) foram separadas das demais. Nos perfis da rua Bahia, Querência e Terminal os percentuais de areia muito fina estão acima de 20% (fig.66).

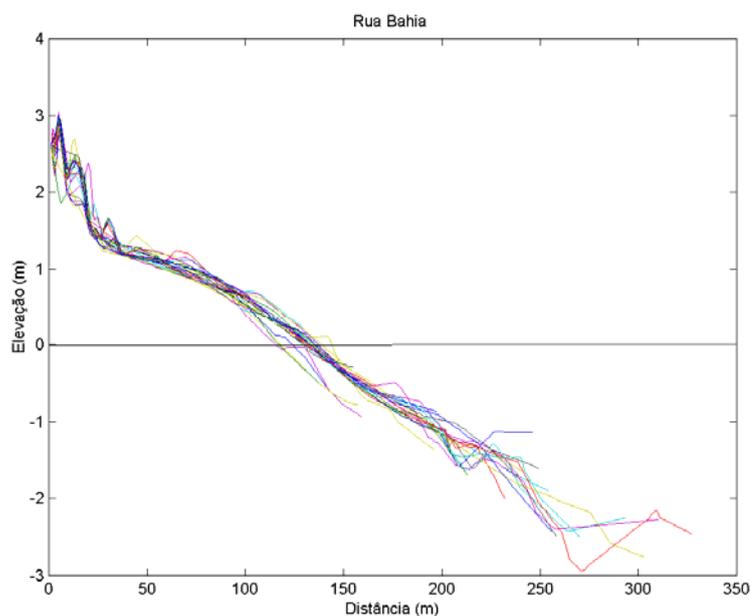


**Figura 66**-Percentuais de areia muito fina e média nas praias adjacentes à Laguna dos Patos. AMF= areia muito fina; AM= areia média.

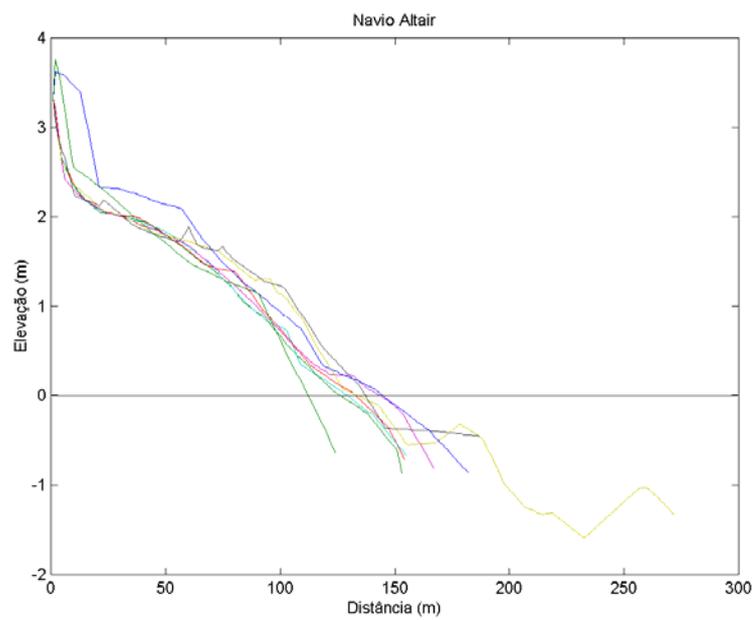
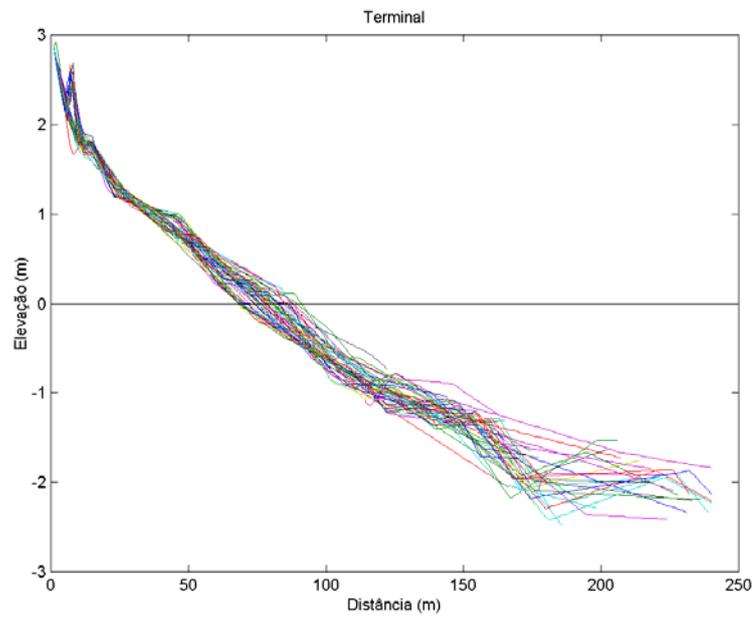
Os maiores índices de mobilidade de praia e presença de feições morfológicas secundárias (cúspides praias e escarpas na face da praia), indicando maior tridimensionalidade, coincidiram com maiores percentuais de areia média e menores de areia muito fina, sendo verificadas no perfil do Navio Altair. Os demais locais apresentaram elevadas quantidades de areia muito fina e perfis de menor mobilidade. Na praia do Mar Grosso, feições morfológicas secundárias (cúspides

praias) foram observadas na face da praia deste local, apesar de percentuais baixos de areia média e elevados de areia muito fina.

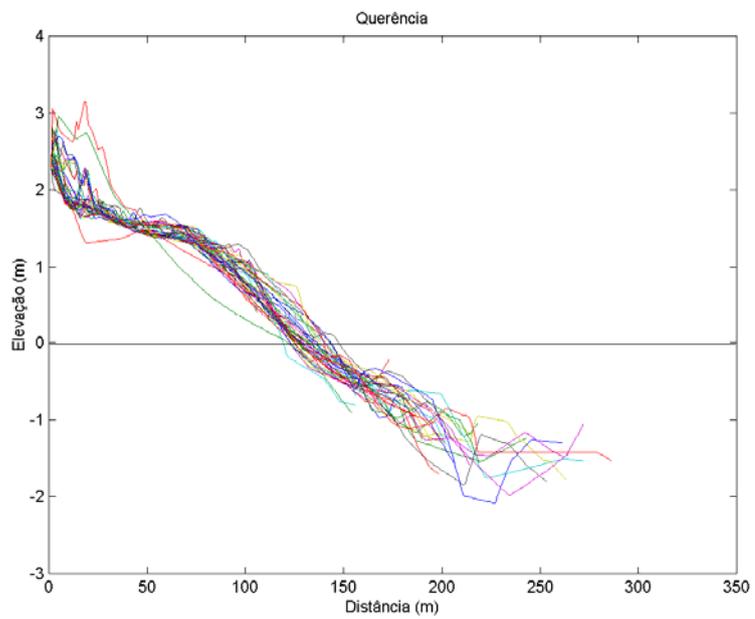
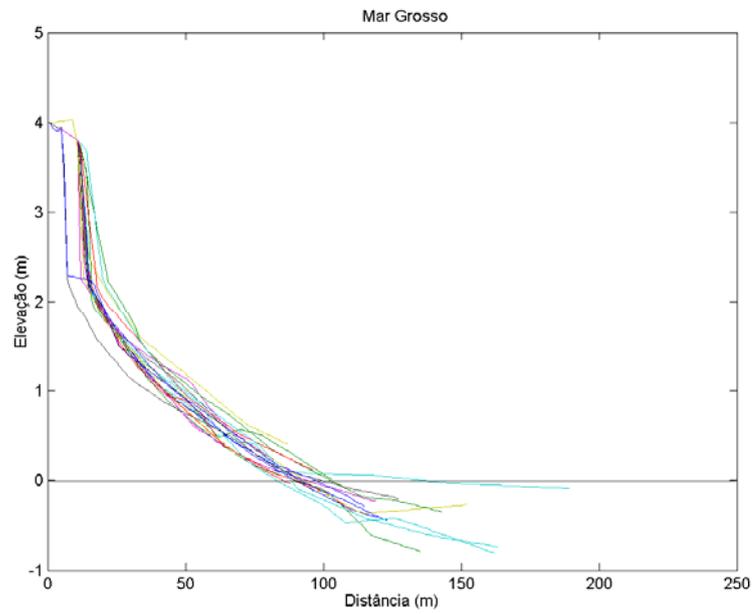
Através do envelope de perfis (fig.67) observamos que perfis mais côncavos são verificados no Terminal, Querência e rua Bahia; enquanto que perfis de morfologia mais convexa são verificados no Navio Altair.



**Figura 67-** Perfis topográficos das praias adjacentes à Laguna dos Patos.



**Continuação figura 67-** Perfis topográficos das praias adjacentes à Laguna dos Patos.



Continuação figura 67- Perfis topográficos das praias adjacentes à Laguna dos Patos.

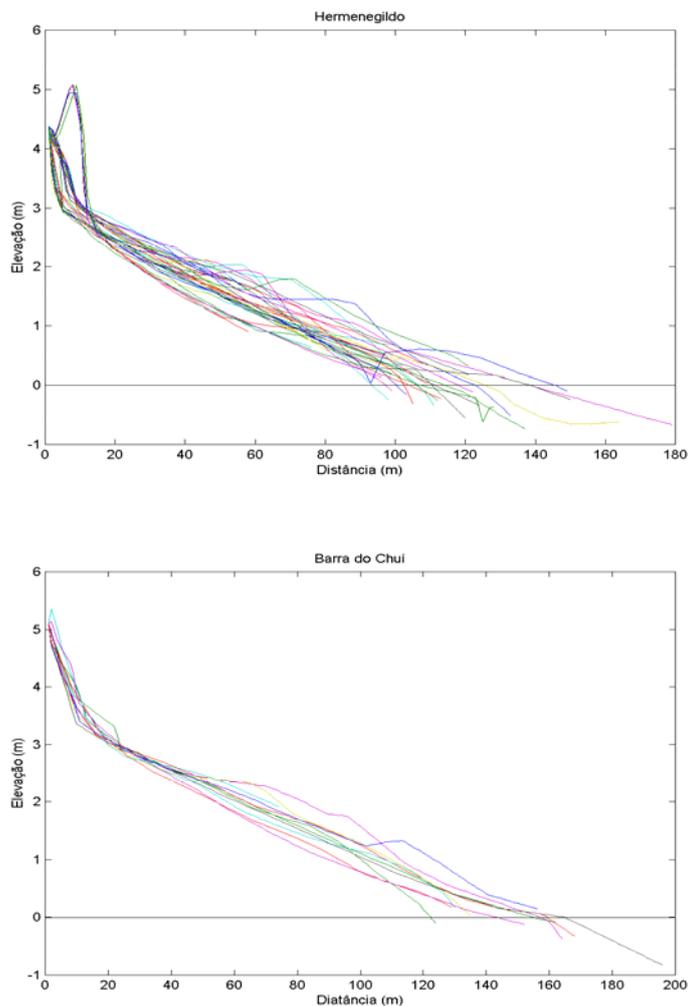
#### 5.5.4 Praias adjacentes ao Arroio Chuí

##### Praia da Barra do Chuí e Hermenegildo

Na praia do Hermenegildo índices maiores de mobilidade (tabela 22) são apresentados, comparativamente com o perfil localizado mais próximo do molhe da Barra do Chuí. Uma praia de maior declive e um pouco mais estreita é característica do Hermenegildo. Valores de  $V_v$  ( $m^3/m$ ) e  $\sigma V_v$  ( $m^3/m$ ) são bastante similares entre as duas praias (tabela 22). O pacote de perfis efetuados pode ser visto na fig. 68.

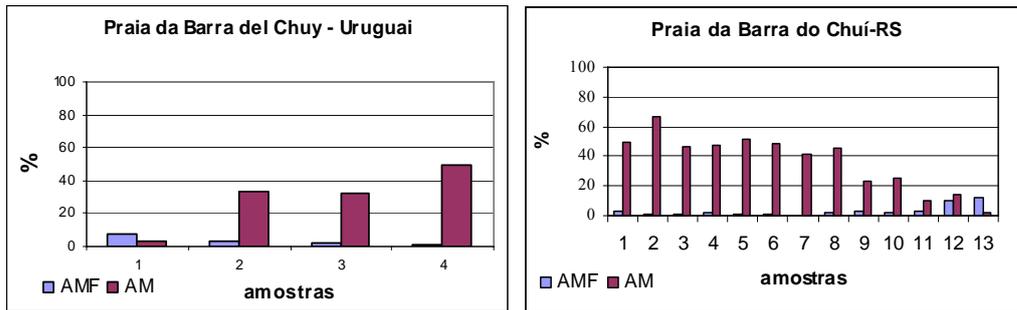
**Tabela 22-** Parâmetros das praias adjacentes ao Arroio Chuí.

<b>Parâmetros</b>	<b>Hermenegildo</b> Calliari & Klein (1993)	<b>Barra do Chuí</b> Calliari & Klein (1993)
<b>N</b>	7	5
<b>Mz (phi)</b>	2,5	2,5
<b>Declividade</b>	2,6	2,2
<b>Yb (m)</b>	118	147
<b><math>\sigma Y_b</math> (m)</b>	15	12
<b>CV (%)</b>	12	8
<b><math>V_v</math> (<math>m^3/m</math>)</b>	19	20
<b><math>\sigma V_v</math> (<math>m^3/m</math>)</b>	11	12
<b>areia média (%)</b>	13,9	66,4
<b>areia muito fina (%)</b>	9,84	1,09



**Figura 68-** Perfis topográficos das praias adjacentes ao Arroio Chuí.

Os índices de mobilidade destas praias são semelhantes aos encontrados na praia do Estreito. A maior mobilidade da praia Hermenegildo, apesar de menores percentuais de areia média do que na praia do Chuí (fig.69), estão provavelmente relacionados à alta suscetibilidade erosiva verificada nesta praia que pode ser atribuída aos depósitos holocênicos de lama observados na face da praia e no pós-praia, e ao seu alto grau de exposição às tempestades de SE, sendo caracterizada por Tozzi *et al* (1999) como intermediária.



**Figura 69**-Percentuais de areia muito fina e média nas praias adjacentes ao Arroio Chuí. AM= areia média; AMF= areia muito fina.

## **5.6 Considerações sobre Estruturas de Fixação de desembocaduras na Costa do RS e Gerenciamento Costeiro nas Adjacências**

Ambientes costeiros são dinâmicos, compreendendo fluxos contínuos de massa, energia e informação. O manejo costeiro deve estar preparado para aceitar este dinamismo e acomodá-lo com as estruturas de manejo. A primeira regra do manejo costeiro deve ser sempre “trabalhar com, e não contra, o sistema natural” (Carter, 1988). No entanto, problemas relacionados ao acúmulo de areia junto às estruturas de fixação de desembocaduras na zona costeira do Rio Grande do Sul, talvez não venham sendo solucionados da forma mais adequada.

Na praia do Cassino, devido a extensão dos molhe num trecho sobre a praia, existe o acúmulo de areia junto a estrutura, sendo esta posteriormente redistribuída pelos ventos. Neste trecho, grandes larguras de praia são observadas proporcionando ao vento do quadrante NE uma ampla pista de atuação, onde grandes quantidades de areia são transportadas em direção ao pós-praia e estirâncio. Em decorrência deste processo, são gerados transtornos ao tráfego na praia, hábito característico do local, trazendo a necessidade da contínua utilização de máquinas para redistribuição de areia, com o objetivo de manter trafegabilidade na praia. Sendo este um tipo de manejo muito dispendioso e que oferece pouca durabilidade. Além disso, a utilização de máquinas e o próprio tráfego pesado de veículos afetam a compactação do solo, causando instabilidades adicionais na zona costeira, tornando os sedimentos mais suscetíveis ao transporte eólico e a erosão, acarretando o aumento das taxas de progradação das dunas em direção ao continente, as quais avançam sobre os cordões litorâneos e suas cavas, onde banhados com importante função ecológica estão presentes. Viera *et al* (2004) estudou as evidências físicas do impacto e descreve que na praia do Cassino a faixa compactada pode chegar a 18 m.

Segundo Carter (op cit) em qualquer obra realizada na costa devemos levar em consideração a durabilidade e a eficácia desta. A fim de minimizar os problemas nas áreas mais próximas da estrutura, algumas medidas como o desenvolvimento de vias alternativas de acesso a esta, pode ser uma boa alternativa, no sentido de reduzir o trânsito de veículos na praia. Além disso, a utilização de técnicas de fixação através do uso de vegetação nativa, cercas de contenção, como já é aplicado na área central do balneário, evitando assim a utilização de maquinaria pesada, reduzindo os constantes gastos para autarquia do balneário. Conforme a descrição feita por Sarilho (2003) iniciou-se em 1995 o “Projeto de recuperação e fixação das dunas da praia do Cassino”, que consiste na disposição de galhos, de forma ordenada paralelamente a linha de costa, possibilitando a recuperação da vegetação nativa e a formação de um novo cordão de dunas. Também foram colocadas cercas de contenção a fim de evitar a invasão de grandes quantidades de areia nas principais vias de acesso aos pedestres e carros na praia do Cassino. Este tipo de manejo, segundo a autora parece não interferir no intercâmbio de sedimentos que as dunas realizam com o sistema praias. Entretanto, estudos mais detalhados que considerem a direção, frequência dos ventos e a orientação deste trecho de costa, podem conduzir a melhor forma de gerenciar através de mecanismos efetivos na fixação de areia, à medida que as cercas fixam uma abertura que naturalmente seria temporária (quando na ausência de sangradouros permanentes).

Na praia do Mar Grosso problemas relacionados ao acúmulo de areia também ocorrem. O alongamento de estrutura (fig. 70- c) em função da erosão, favoreceu o acúmulo de sedimentos neste local. A areia acumulada está na forma de lençóis de deflação ou dunas não vegetadas provocando o soterramento de várias residências e até de uma escola pelo crescimento das dunas devido a ação dos ventos de nordeste soprando por longos períodos, contribuindo também para o assoreamento do canal da barra, contribuição esta nunca estimada. Neste caso a má ocupação da

zona costeira deve ser ressaltada, já que a escola foi construída muito próxima do campo de dunas, sem nenhum estudo prévio das taxas de migração das mesmas. Por outro lado, uma forma de minimizar o problema seria a redistribuição da areia para locais onde existe erosão. Na praia do Mar Grosso conforme relatado por Silva & Calliari (2001) a uma distância de 3 km do molhe houve recuo na linha de praia sem recuperação e por Lélis (2003), classificando o trecho como setor 2, com 5,6km de extensão, descreve que no período de 1974/2000 este apresentou erosão de até -118m, à 3,3km do molhe, e média de -73,7m.

a)



b)



**Figura 70-** a) e b) Fotografias da escola que foi soterrada devido ao ativo transporte eólico próximo do molhe. c) Seta indica detalhe da estrutura que se prolonga até o pós-praia.

c)



**Continuação figura 70-** a) e b) Fotografias da escola que foi soterrada devido ao ativo transporte eólico próximo do molhe.c) Seta indica detalhe da estrutura que se prolonga até o pós-praia.

De maneira similar, na praia da Barra del Chuy após a construção da estrutura ocorreu o acúmulo de areia junto a esta. Uma forma de reduzir os problemas gerados em função deste acúmulo seria através da redistribuição da areia na praia do Hermenegildo, a qual apresenta sérios problemas relacionados à perda de propriedade devido a erosão.

Na praia Grande – Torres, o aumento considerável no campo de dunas após a instalação da estrutura, levou os moradores da Av. Beira Mar a fazerem reclamações devido à perda da vista para o mar, além de aumentar a dificuldade no acesso à praia. Enquanto isso, sinais de erosão são verificados na praia de Passo de Torres, estes confirmados pelo trabalho de Lélis (2003) onde relata que o mesmo trecho de 1380m até 1700m da base do molhe, é considerada uma área erosiva, com taxas máximas de -77m e média de -48,8m. Em vista disto, a areia da praia Grande poderia ser utilizada para solucionar problemas de áreas deficientes em sedimentos, como na praia de Passo de Torres, ou na Prainha que apresenta uma laje rochosa aflorando desde o estirâncio até o pós-praia a qual poderia ser coberta com os sedimentos retirados da praia Grande melhorando as condições de banho do local.

No litoral norte do RS, as áreas junto às plataformas de pesca também apresentam problemas relacionados à deposição de areia dificultando o tráfego de veículos na praia. A distância no pós-praia entre a estrutura e as dunas, se torna pequena, devido ao acúmulo de areia na proximidade.

A influência das estruturas de fixação e da sedimentologia na morfodinâmica deve ser considerada quando se trata dos aspectos relacionados a segurança de banho de mar nestes locais. A praia do Cassino, com sua grande largura de praia, elevados percentuais de areia muito fina nos sedimentos, características predominantemente dissipativas, baixo declive, ausência de correntes de retorno, energia de ondas reduzida em alguns locais, proporciona condições mais seguras para o banho.

As praias de Tramandaí, Imbé, praia Grande, Passo de Torres, onde as estruturas de fixação são menores, a granulometria é mais grossa, correntes de retorno estão presentes e condições menos seguras para banho são verificadas. Além disso, nestas praias devido a maior mobilidade, mudanças na morfologia subaquosa são frequentes aumentando o perigo. Segundo Pereira (2003), os perfis intermediários são os mais perigosos pela presença de uma cava profunda e a variabilidade lateral na morfologia.

As estruturas de fixação não têm somente implicações morfo-estruturais nestas áreas, influenciando também os padrões sedimentológicos locais. A diferenciação entre os subambiente está relacionada, primeiramente, à fonte de sedimentos. As melhores diferenciações ocorrem justamente onde não há contribuição de outra fonte sedimentar, além da plataforma interna, como é o caso das praias de Torres e Tramandaí. Entretanto, de forma secundária a magnitude das estruturas de fixação das desembocaduras também influenciam os padrões de distribuição dos sedimentos. Dois grupos são identificados: um de maior magnitude, que interfere na deriva litorânea de sedimentos, sendo este representado pelos molhes da Barra do Rio Grande e outro de

menor magnitude, onde existe troca entre os lados da desembocadura, os molhes do Rio Mampituba, da Laguna de Tramandaí e da Barra do Chuí. Observou-se que nas praias onde as estruturas eram menores e permitiam a passagem de sedimentos à diferenciação transversal era mais clara e a variação longitudinal menor. Além disso, junto à base da estrutura, ocorrem alterações nos padrões devido ao acúmulo de areia muito fina por ação eólica.

O desenvolvimento e aplicação de técnicas de manejo adequadas para as áreas adjacentes aos molhes estão intimamente ligadas ao detalhamento das características sedimentológicas e morfodinâmicas destes locais, de forma que estas podem fornecer a base para o conhecimento da dinâmica dos fluxos de sedimento.

## 6. CONCLUSÕES

✓ As praias adjacentes ao Rio Mampituba e à Laguna de Tramandaí apresentam uma distribuição de tamanho de grão bastante homogênea ao longo da costa, não sendo observadas tendências expressivas nos padrões dos parâmetros sedimentológicos, e com boa diferenciação entre os subambiente praias. A homogeneidade do padrão de distribuição de tamanho de grão indica que não há contribuição significativa de sedimentos através das respectivas desembocaduras adjacentes, bem como a homogeneidade do padrão hidráulico ao longo das praias, pois as estruturas de fixação permitem as trocas de sedimentos entre os lados da desembocadura. Desta forma, somente as amostras da base do molhe apresentaram alguma alteração nos parâmetros sedimentológicos devido à barreira, representada pelo molhe, à ação eólica.

✓ O padrão heterogêneo de distribuição dos sedimentos ao longo das praias adjacentes à Laguna dos Patos fornece fortes indicações de que o material representado pela classe textural areia muito fina, abundante nesta área é proveniente da laguna. Este padrão representa uma evidência sedimentológica da predominância do transporte litorâneo de SW-NE, juntamente a outras evidências geomorfológicas, pois este material alcança maiores distâncias para o norte, (23 Km), do que para o sul (16 Km). As características da bacia de drenagem e a alta vazão da Laguna proporcionam condições para que estes sedimentos cheguem até a praia. Este aporte exerce influência significativa sobre os padrões dos parâmetros sedimentológicos, tanto longitudinalmente, quanto entre os subambiente praias. Alterações no regime hidráulico local, devido a magnitude dos molhes, também influenciam de forma significativa os padrões sedimentológicos apresentados.

✓ As amostras da plataforma interna na região de influência da desembocadura indicam diferentes padrões texturais, bem como a proveniência e a dispersão dos sedimentos da plataforma interna adjacente à desembocadura da Laguna dos Patos. O fator I representa os sedimentos provindos da descarga lagunar atual, correspondente à classe areia muito fina, dominante na área e que foram verificados nas praias próximas da Laguna dos Patos. Na porção norte da área ocorre uma diferenciação dos sedimentos, representados pelo fator II, associados aos bancos arenosos lineares, demonstrando uma maior hidrodinâmica nesta área. O fator III, que representa o padrão de dispersão dos sedimentos em suspensão provindos do sistema lagunar Patos-Mirim é resultado das variações sazonais da pluma e da conseqüente deposição de lama que ocorrem na plataforma interna adjacente à embocadura da Laguna dos Patos.

✓ Nas praias adjacentes ao Arroio Chuí a distribuição dos sedimentos ao longo da praia e seus parâmetros granulométricos não é influenciada pelo aporte de sedimentos através desta desembocadura, já que esta é inexpressiva. A diferenciação entre os subambiente através dos parâmetros utilizados não foi clara.

✓ As maiores variações de volume, mobilidades de praia, a presença de feições morfológicas secundárias, associados aos comportamentos morfodinâmicos intermediários de uma praia, estão intimamente relacionados aos maiores percentuais de areia média e a menores percentuais de areia muito fina nas amostras. Este padrão foi verificado nas praias adjacentes ao rio Mampituba, à Laguna de Tramandaí, ao Arroio Chuí; e nas adjacências da Laguna dos Patos somente no perfil do Navio Altair, onde não foi observada a influência de sedimentos provenientes dos corpos d'água adjacentes.

✓ Os perfis adjacentes à Laguna dos Patos, na área de influência de sedimentos da classe areia muito fina, apresentaram características mais bidimensionais, onde há ausência de cúspides

praias e bermas desenvolvidas, baixa declividade no estirâncio, fornecendo a estas praias características dissipativas, sendo estas caracterizadas por menores variações de volume e menores mobilidades de praia.

✓ A sedimentologia, morfodinâmica e a magnitude das estruturas de fixação têm implicações diretas na segurança dos banhistas, de forma que locais mais seguros para o banho são verificados na praia do Cassino, devido a granulometria fina, com elevados percentuais de areia muito fina, menores mobilidades de praia, ausência de correntes de retorno e a formação de uma zona de sombra devido à magnitude da estrutura. Nas demais praias sedimentos mais grossos, com elevados percentuais de areia média, proporcionam condições para a formação de correntes de retorno, maiores mobilidades praias, oferecendo maior perigo para os banhistas.

✓ Modificações na morfologia das dunas, inversão nos padrões sedimentológicos entre os subambiente praias e problemas relacionadas à migração das mesmas foram verificados nos locais próximo das estruturas antrópicas de fixação das desembocaduras nos quatro locais estudados, sendo mais significativos na presença de estruturas maiores.

✓ O tráfego de veículos e as alterações no fluxo natural dos sedimentos costeiros têm implicações diretas na manutenção da estabilidade e preservação costeira, principalmente, em áreas mais instáveis como as áreas adjacentes às desembocaduras e áreas urbanizadas.

✓ O desenvolvimento de técnicas adequadas de manejo nas áreas adjacentes as desembocaduras, depende do conhecimento das características sedimentológicas e morfodinâmicas de cada área para que haja uma melhor compreensão da dinâmica destas áreas devido a sua grande dinâmica .

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, G. P., Castaing, P. & Klingebiel, A. (1971). Distinction of elementary sand populations in the Gironde Estuary (France) by R-mode factor analysis of grain-size data. *Sedimentology*, **19**: 21-35.

Alvarez, J.A., Grê, J. & Toldo Jr., E. (1981). Estudos da praia a nordeste do molhe de Rio Grande, Rio Grande do Sul. *Pesquisas* **14**: 131-147.

Alvarez, J.A., Grê, J. & Toldo Jr., E. (1983). Estudos oceanográficos e sedimentológicos preliminares da praia de Tramandaí, RS. *Pesquisas* **15**: 66-85.

Andrews, P.B. & Van der Lingen, G.J. (1969). Environmentally significant sedimentologic characteristics of beach sands." *N.Z. Journal of Geology and Geophysics*, **12**(1): 119 -137.

Antiqueira, J.A.F. (2003). Evolução geomorfologia de um pontal arenoso na extremidade sul da Laguna dos Patos / RS. Rio Grande, FURG, *Dissertação de mestrado*, 150p.

Azambuja, P. (1978). História das terras e mares do Chuí. Universidade de Caxias do Sul. Escola superior de teologia São Lourenço de Brindes. Caxias do Sul.

Barletta, R. C. (1997). Aspectos morfodinâmicos das praias situadas ao norte da desembocadura da Laguna dos Patos - Farol da Conceição e praias adjacentes, RS. Departamento de Geociências. Rio Grande, FURG, *Monografia de Graduação*, 66 p.

Bascom, W. N. (1951). The relationship between sand-size and beach face slope. *Transactions American Geophysics Union*, **32**: 866-874.

Bicalho, H. (1983). Relatório da Comissão de Melhoramento da Barra do Rio Grande. Obras do Porto e da Barra do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Oficinas Gráficas da Federação. 3.

Birkemeier, W. A. (1981). Fast accurate two person beach surveys. Coastal Engineering Technical Aid 81-11. Coastal Engineering Research Center, Vicksburg: 1-22.

Borzzone, C.A. & Griep, G.H. (1991). Características do Sedimento Superficial Infralitoral da Região Costeira Adjacente a Desembocadura da Laguna dos Patos, RS, Brasil. *Pesquisas*, **18**(1): 71-78.

Calliari L.J., Speranski, N. (2002). In: MARTINS, L. R. S. ; TOLDO JR., E. E.; DILLENBURG, S. R. 2002 Padrões de refração para a costa do RS e erosão costeira.(Editores). Erosão Costeira: Causas, Análise de Risco e sua relação com a Gênese de Depósitos Minerais. Artigos em CD. OEA/UFRGS/FURG. Porto Alegre, RS.

Calliari, L.J. & Abreu, J.G., 1984. Litologia da plataforma continental interna adjacente à cidade de Rio Grande, RS, através da interpretação de sonar de varredura lateral e amostragem superficial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33º *Anais...* Rio de Janeiro: SBG, vol. 2: 1553-1564.

Calliari, L.J. (1980). Aspectos sedimentológicos e ambientais na região estuarial da Lagoa dos Patos. Porto Alegre, UFRGS, *Dissertação de mestrado*, 190p.

Calliari, L.J. & Klein, A.H.F. (1992). Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. 37º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, São Paulo.

Calliari, L.J., & Klein, A.H.F. (1993). Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. *Pesquisas*, **20**(2-1): 48-56.

Calliari, L.J. & Fachin, S. (1993). Laguna dos Patos: influência nos depósitos lamíticos costeiros. *Pesquisas*, **20**(1): 57-69.

Calliari, L.J. (1994). Cross-shore and longshore sediment size distribution on southern curituck spit, North Carolina: implications for beach differentiation. *Journal of Coastal Research*, 10(2): 360-373.

Calliari, L. J., Taglianni, C.R. (1997). Geologia - Geomorfologia. Em: Tagliani, P.R.A., Asmus, M.L. (coord.). Estudo de impacto ambiental do Porto de Rio Grande (EIA). Rio Grande: 412-425 p.

Calliari, L.J., Tozzi, H.A.M., & Klein, A.H.F. (1998). Beach morphology and coast line erosion associated with storm surges in Southern Brazil - Rio Grande to Chuí. *Academia Brasileira de Ciências*: 231-247.

Calliari, L.J., Toldo Jr., E.E., & Nicolodi, J.L. (2000). Classificação Geomorfológica da Linha de Costa do Rio Grande do Sul, Atlas eletrônico.

- Carter, R. W. G. (1988). *Coastal Environments* London: Academic Press, 617p.
- Castaing, P. (1973). Remarques sur l'Utilisation de l'Analyse Factorielle en Sedimentologie. *Bull. Inst. Geol. Bassin Aquitaine*, **43**: 53-85.
- Chomenko, L. (1981). Influência da salinidade na distribuição de moluscos do gen. Littoridina na área correspondente ao Litoral Norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Curso de pós-graduação em Ecologia. Porto Alegre, UFRGS, *Dissertação de mestrado*, 250p.
- Coli, A.B. (1994). Análise das alturas de onda ao largo do Rio Grande do Sul: dados históricos e altimétricos. Rio Grande, FURG, *Monografia de graduação*, 58 p.
- D' Aquino, C.A. (2004). Calibração e aplicação do modelo numérico genesis nas praias de Tramandaí e Imbé - RS. Instituto de Geociências. Porto Alegre, UFRGS. *Dissertação de mestrado*, 101 p.
- Dal Cin, R. (1976). The use of factor analysis in determining beach erosion and accretion from grain-size data. *Marine Geology*, **20**: 95-116.
- Davies, J.C. (1970). Information contained in sediment-size analysis. *Mathematical Geology*, **2**(2): 105-112.
- Delaney, P.J.V. (1965). Fisiografia e Geologia de Superfície da Planície costeira do Rio Grande do Sul. Escola de Geologia da UFRGS. Publicação Especial nº6.
- Dillenburg, S.R. (1994). A Laguna de tramandaí: evolução geológica e aplicação do método geocronológico de termoluminescência na datação de depósitos sedimentares Lagunares. Instituto de Geociências. Porto Alegre, UFRGS: *Tese de doutorado*, 142p.
- Esteves, L.S. & Finkl, C.W. (1998). The problem of critically eroded areas (CEA): An evaluation of Florida beaches. *Journal of Coastal Research*, SI **26**: 11-18.
- Esteves, L.S. (2004). Variabilidade espaço-temporal dos deslocamentos da linha de costa no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS. *Tese de Doutorado*, 150 p.
- Evans (1939). Sorting and transportation of material in the swash and backwash. *Journal of sedimentary petrology* **9**(1): 28-31.

Fachin, S. (1998). Perfil de equilíbrio na Antepraia do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado. CECO/UFRGS, Porto Alegre, RS.

Figueiredo Jr., A.G. (1975). Geologia dos Depósitos Calcáreos Biodetríticos da Plataforma Continental do Rio Grande do sul. Instituto de Geociências. Porto Alegre. UFRGS, *Dissertação de mestrado*, 72p.

Figueiredo, S.A. (2002). Distribuição espaço-temporal dos sangradouros da costa gaúcha no trecho São José do Norte- Farol de Mostardas. Rio grande, FURG: *Monografia de graduação*, 43p.

Figueiredo, S.A., Calliari, L.J. & Speranski, N. (2003). Sedimentologia e Morfodinâmica das Praias Oceânicas Adjacentes às Embocaduras Lagunares do RS. IX Congresso da ABEQUA, II Congresso do Quaternário de Países de Línguas Ibéricas, II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa, Recife, PE - Brasil.

FitzGerald, D.M.; Kraus, N.C.; Hands, E.B. (2000). Natural Mechanisms of Sediment Bypassing at Tidal Inlets. US Army Corps of Engineers. ERDC/CHL CHETN-IV-30.

Fontoura, J.A.S. (2004). Hidrodinâmica costeira e quantificação do transporte longitudinal de sedimentos não coesivos na zona de surfê das praias adjacentes aos molhes da barra do Rio Grande, RS, Brasil. (Aplicação as praias do Cassino, Mar Grosso e adjacências dos molhes Leste e Oeste da desembocadura do estuário da lagoa dos Patos). IPH/ UFRGS, *Tese de doutorado*, 232p.

Folk, R.L. & Ward, W. C. (1957). Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, **27**(1): 3-26.

Fox, W.T., Ladd, J.W. & Martin, M. K. (1966). A profile of the four moment measures perpendicular to a shore line, South Haven, Michigan. *Journal of Sedimentary Petrology*, **36**(4): 1126-1130.

Friedman, G. M. (1961). Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics. *Journal of Sedimentary Petrology*, **31**(4): 514-529.

Friedman, G. M. (1967). Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *Journal of Sedimentary Petrology*, **37**(2): 327-354.

Gomes, L., Tricart, J. & Trautmann, J. (1987). *Estudo ecodinâmico da Estação Ecológica do Taim e seus arredores*. Porto Alegre. Editora da univ. UFRGS, 84 p.

Griggs, G.B. & Gilchrist, J.A. (1977). *The earth and land use planning*. Massachusetts, Duxbury Press.

Guillén, J. & Jiménez, J.A. (1995). Processes behind the longshore variation of the sediment grain size in the Ebro delta Coast. *Journal of Coastal Research*, **11**(1): 205-218.

Hails, J.H. (1967). Significance of statistical parameters for distinguishing sedimentary environments in New South Wales, Australia. *Journal of Sedimentary Petrology*, **37**(4): 1059-1069.

Hartmann, C. & Schettini, C.A.F. (1991). Aspectos hidrológicos na desembocadura da Laguna dos Patos, RS. *Revista Brasileira de Geociências*, **21**: 371-377.

Hartmann, C. & Calliari, L.J. (1995). Composição e qualidade do material em suspensão durante a alta turbidez na extremidade sul da Laguna dos Patos, RS. *Pesquisas*, **22**(1-2): 74-83.

Hartmann, C. (1996). Dinâmica, distribuição e composição do material em suspensão na região sul da Laguna dos Patos, RS. Instituto de Geociências. Porto Alegre, UFRGS, *Tese de doutorado*, 363 p.

Hayes, M.O. (1979). *Barrier Island Morphology as a function of tidal and Wave regime*. Barrier Islands. S. P. Leatherman, Academic Press: 1-325.

Hegge, B., Eliot, I. & Hsu, J. (1996). Sheltered Sandy Beaches of Southwestern Australia. *Journal of Coastal Research*, **12**(3): 748-760.

Howard, A.D. & Remson, I. (1978). *Geology in environmental planning*, McGraw-Hill, Inc.

Klovan, J.E. (1996). The use of factor analysis in determining depositional environments from grain-size distributions. *Journal of Sedimentary Petrology*, **43**: 200-204.

Komar, P.D. (1998). *Beach processes and sedimentation*. New Jersey, Prentice-Hall, Inc.

Lélis, R.F. (2003). Variabilidade da linha de costa oceânica adjacente às principais desembocaduras do Rio Grande do Sul. Departamento de Geociências. Rio Grande, Universidade Federal do Rio Grande: *Monografia de graduação*, 81 p.

Leveson, D. (1980). *Geology and the urban environment*. New York, Oxford University Press.

Lindholm, R.C. (1987). *A practical approach to sedimentology*. Allen & Unwin, Inc.

Lima, S.F.; Almeida, L.E.S.B.; Toldo Jr., E.E. (2001). Estimativa da capacidade do transporte longitudinal de sedimentos a partir de dados de ondas para a costa do Rio Grande do Sul. *Pesquisas em Geociências*, 28(2):99-107.

Martins da Silva, M.A. (1976). Mineralogia das areias de praia entre Rio Grande e Chuí, Rio Grande do Sul. Curso de pós-graduação em Geociências. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul: *Dissertação de mestrado*, 92 p.

Martins, I.R. (1971). Sedimentologia do Canal do Rio Grande. Curso de pós-graduação em Geociências. Instituto de Geociências. Porto Alegre, UFRGS. *Dissertação de Mestrado*: 38 p.

Martins, L.R. (1964). Significance of Skewness and kurtosis in environmental interpretation. *Journal of Sedimentary Petrology*, 35(3): 768-770.

Martins, L.R. (1967). Aspectos texturais e deposicionais os sedimentos praias e eólicos da planície costeira do Rio grande do sul. *Publicação Especial Escola de Geologia*, UFRGS, Porto Alegre: 102p.

Martins, L.R., Martins, I.R., Villwock, J.A., & Calliari, L.J. (1978). Ocorrência de lama na praia do Cassino, (RS). *Anais Hidrográficos*, 35: 159-170.

Mason, C.C. & Folk, R.L. (1958). Differentiation of beach, dune, and aeolian flat environments by size analysis, Mustang Island, Texas. *Journal of Sedimentary Petrology*, 28(2): 211-226.

McLaren, P. & Bowles, D. (1985). The effects of sediment transport in grain-size distributions. *Journal of Sedimentary Petrology*, 55(4): 457-470.

Mihály, P. (1997). Dinâmica sedimentar do litoral norte paranaense e extremo sul paulista. Depto. de Geologia. Curitiba, Universidade Federal do Paraná: *Dissertação de mestrado*, 109 p.

Miola, R.J. & Weiser, D. (1968). Textural Parameters: an evaluation. *Journal of Sedimentary Petrology*, **38**(1): 45-53.

Motta, V.F. (1969). Relatório-diagnóstico sobre a melhoria e o aprofundamento do acesso pela Barra do Rio Grande. *Instituto de Pesquisas Hidráulicas*, UFRGS, Inédito.

Nimer, E. (1989). Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE.

Oliveira, M.B. & Calliari, L. J. (1999). Estudo comparativo da morfodinâmica de praias arenosas sob a influência de deposição de lama na antepraia. VII Congresso da ABEQUA, Porto Seguro.

Pereira da silva, R. (1998). Ocorrência, distribuição e comportamento morfodinâmico dos sangradouros na zona costeira do Rio grande do Sul: trecho Rio Grande - Chuí, RS. Porto Alegre, UFRGS, *Dissertação de mestrado*, 146p.

Pereira, P.S.; Arejano, T.B; Caron, F.; Calliari,L.J. (2003). A morfodinâmica praial como ferramenta para segurança dos banhistas da praia do Cassino: estudo de caso temporada 2002. II Congresso sobre Planejamento e Gestão ambiental das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. IX Congresso da ABEQUA. II Congresso do Quaternário dos países de língua ibéricas. Recife, PE.

Pereira, P.S.; Calliari, L.J.; Lélis, R.F.; Figueiredo, S.A. (2003). Riscos associados ao banho de mar e a sua relação com a heterogeneidade das praias do Rio Grande do Sul. II Congresso sobre Planejamento e Gestão ambiental das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. IX Congresso da ABEQUA. II Congresso do Quaternário dos países de língua ibéricas. Recife, PE.

Pettijohn, F.J., & Ridge, J.D. (1932). A textural variation series of beach sands from Cedar Point, Ohio. *Journal of Sedimentary Petrology*, **2**(2): 76-88.

Pino, M. & Jaramillo, E. (1992). Morphology, Texture and Mineralogical Composition of Sandy Beaches in the South of Chile. *Journal of Coastal Research*, **8**(3): 593-602.

Pitombeira, E.S. (1975) Estimativa do volume anual de transporte litorâneo na costa do rio grande do sul. Porto Alegre,UFRGS / IPH / Centro de Hidrologia Aplicada. *Dissertação de mestrado*, 98 p.

Pivel, M.A.G. (1997). Caracterização morfodinâmica e sedimentológica das praias de Torres (RS). Departamento de Geociências. Rio Grande, FURG, *Monografia de graduação*. 72p.

Pivel, M.A.G., & Calliari, L.J. (1998). Caracterização preliminar das praias de Torres (RS) sob um enfoque morfodinâmico. XI Semana Nacional de Oceanografia. Oceanografia e suas Interfaces, Rio Grande, FURG.

Rambo, B. (1956). A fisiografia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Selbach. 456 p.

Saraiva, L.S. (1990). Imbé - Histórico turístico. Ed. Com e representações Ltda. Porto Alegre.

Sarilho, K.A. (2003). Diagnóstico sócio-ambiental do Balneário Cassino e áreas adjacentes – Rio Grande –RS. Subsídio ao gerenciamento costeiro integrado local. UFRGS/ CECO, *Dissertação de mestrado*, 364p.

Schwarzbold, A. & Schäfer, A. (1984). Gênese das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul- Brasil. *Amazoniana*, **9**: 87-104.

Self, R.P. (1977). Longshore variation in beach sands Nautla area, Veracruz, Mexico. *Journal of Sedimentary Petrology*, **47**(4): 1437-1443.

Shepard, F.P & Young, R. (1961). Distinguishing between beach and dune sands. *Journal of Sedimentary Petrology*, **31**(2): 196-214.

Shideler, G.L. (1973). Textural trend analysis of coastal barrier sediments along the middle Atlantic Bight, North Carolina. *Sedimentary Geology*, **9**: 195-220.

Short, A.D. (1980). Beach Response to variations in Breaker Height. Proceedings of the 17th International Coastal engineering Conference ASCE, Sydney, Australia.

Short, A.D. & Hesp, P.A. (1982). "Wave, beach and dune interactions in the southeastern Australia. *Marine Geology*, **48**: 259-284.

Siegle, E. (1996). Distribuição dos sedimentos litorâneos entre o Farol da Conceição e Farol do Chuí, RS, e fatores condicionantes. Departamento de Geociências. Rio Grande, FURG: 88 p.

Silva, A.R.P. & Calliari, L.J. (2001). Erosão versus progradação da linha de costa de praias expostas e contíguas a grandes estruturas. VIII CONGRESSO DA ABEQUA Resumos... Mariluz, Imbé, RS - Brasil.

Silveira, J.D. (1964). Morfologia do litoral. Brasil: a Terra e o Homem. A. Azevedo. São Paulo, Cia. Ed. Nacional: 253-305.

Smith, J.B. & Fitzgerald, D.M. (1994). Sediment transport patterns at the Essex River Inlet ebb-tidal delta, Massachusetts, U.S.A. *Journal of Coastal Research*, **10**(3): 752-774.

Soares, C.F. (1995). Caracterização e diagnóstico ambientais do município de Torres, litoral norte do Rio Grande do Sul. Rio Grande, FURG: 150 p.

Stapor, F.W. & Tanner, W.F. (1975). Hydrodynamic implications of beach, beach ridge and dune grain size studies. *Journal of Sedimentary Petrology*, **45**(4): 926-931.

Strauch, J.C. (2001). Caracterização do estado de mar em Rio Grande (RS), Brasil. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Aracaju - SE. Anais em CDROM.

Strohschoen Jr., O. (1985). Material em suspensão nas Lagoas de Tramandaí e Armazém. CONGRESSO SUL BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Florianópolis - SC.

Tabajara, L.L. (1994). Aspectos hidrodinâmicos e sedimentologia do Sistema Lagunar-estuarino de Tramandaí- RS. Curso de pós-graduação em Geociências. Porto Alegre, URGRS: 197 p.

Tabajara, L.L. & Dillenburg, S.R. (1997). Batimetria e sedimentos de fundo da Laguna de Tramandaí - RS. *Notas Técnicas*, **10**: 21-33.

Toldo Jr., E.E., Dillenburg, S.R. (2000). Swash Bar Migration at the Inlet of Lagoa dos Patos Lagoon, Brazil. *Journal of Coastal Research*, **34**(SI): 489-462.

Toldo Jr., E.E.; Dillenburg, S.R.; Almeida, L.E.S.B.; Tabajara, L.L.; Martins, R.R. & Cunha, L.O.B.P. (1993). Parâmetros morfodinâmicos da praia de Imbé, RS. *Pesquisas*, **20**(1): 18-26.

Toldo Jr., E.E. (1989). Os efeitos do transporte sedimentar na distribuição dos tamanhos de grão e morfologia da Lagoa dos Patos. Instituto de Geociências. Porto Alegre, UFRGS, *Dissertação de Mestrado*, 147 p.

Toldo Jr., E.E. (1991). Morfodinâmica da Laguna dos Patos, Rio Grande do Sul. *Pesquisas*, **18**(1): 58-63.

Toldo Jr., E.E. (1994). Sedimentação, predição do padrão de ondas e dinâmica sedimentar da antepraia e zona de surfe do sistema lagunar, da Lagoa dos Patos, RS. Instituto de Geociências. Porto Alegre, UFRGS, *Tese de Doutorado*, 189 p.

Tomazelli, L.J. (1990). Contribuição ao estudo de sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da província costeira do Rio Grande do Sul- com ênfase no sistema eólico. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências. Porto Alegre, UFRGS: 270p.

Tomazelli, L.J. & Villwock, L.A. (1992). Considerações sobre o ambiente praiial e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, **19**(1): 3-16.

Tomazelli, L.J. (1993). O regime dos ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas*, **20**(1): 18-26.

Tozzi, H.A.M.; Pereira da Silva, R.; Calliari, L.J. & Barletta, R.C. (1999). Variações de Curto e longo período na morfologia das praias entre Cassino e Hermenegildo, Rio Grande do Sul. VII Congresso da ABEQUA, Porto Seguro - BA. 03-09 de outubro de 1999.

Tozzi, H.A.M. & Calliari, L.J. (2000). Morfodinâmica da praia do Cassino. *Pesquisas em Geociências*, **27**: 29-42 p.

Vanz, A. (1996). Minerais pesados como traçadores naturais na dispersão de sedimentos da província Patos, desembocadura da Lagoa dos Patos. Rio Grande, FURG, monografia de Graduação: 65 p.

Vassão, C.M. (1951). Estudos sobre a salinidade e temperatura das águas no Porto de Rio Grande. Relatório interno do ministério da viação e obras públicas – 18º distrito (inédito).

Vaz, A.C. (2003). Efeito da descarga de água doce nos processos ocorrentes no estuário da Lagoa dos Patos. Rio Grande, FURG, Monografia de graduação: 68 p.

Vieira, H.; Calliari, L.J.; Oliveira, G.P. (2004). O estudo do impacto da circulação de veículos em praias arenosas através de parâmetros físicos: um estudo de caso. *Revista de Engenharia da Universidade Federal Fluminense*. 54-63 p.

Villwock, J.A. & Martins, L.R. (1972). Depósitos lamíticos de pós-praia, Cassino (RS). *Pesquisas*, **1**(1): 69-75.

Villwock, J.A. (1972). Contribuição à geologia do Holoceno da província costeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, UFRGS, *Dissertação de mestrado*, 113p.

Villwock, J.A. (1978). Aspectos da sedimentação na região nordeste da Lagoa dos Patos: Lagoa do casamento e saco do cocuruto, RS. *Pesquisas*, **11**: 193-233.

Villwock, J.A. (1984). Geology of the coastal province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. *Pesquisas*, **16**: 5-49.

Visher, G.S. (1969). Grain size distributions and depositional processes. *Journal of Sedimentary Petrology*, **39**(3): 1074-1106.

Wentworth, C.K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, **30**: 377-392.

Weschenfelder, J.; Ayup-Zouain, R.N., Zomer, S.L.C. & Souto, R.P. (1997). Caracterização morfológica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS. *Notas Técnicas*, **10**: 35-48.

Wright, L.D. & Short, A.D. (1984). Morphodynamics variability of surf zones and beaches. *Marine Geology*, **56**: 93-118.

## ANEXOS

### Anexo 1

Amostras da praia do Cassino.

Amostras	Média	Seleção	Assimetria	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
1A	2,985	0,3231	0,07154	0	100	0	0
1B	2,885	0,2766	0,06316	0	99,9	0,0986	0
1C	2,94	0,2385	0,04129	0	100	0	0
2A	3,045	0,2713	-0,00664	0	99,99	0,0066	0
2B	2,981	0,242	0,07496	0	100	0	0
2C	2,985	0,2876	0,04425	0	99,84	0,1555	0
3A	2,838	0,3766	-0,04251	0	100	0	0
3B	2,854	0,2843	0,02519	0	100	0	0
3C	2,708	0,2831	-0,00086	0	100	0,0033	0
4A	2,849	0,283	0,0548	0	100	0	0
4B	2,839	0,2522	-0,08028	0	99,98	0,0227	0
4C	2,792	0,256	-0,05378	0	100	0	0
5ª	2,784	0,2677	-0,0219	0	100	0	0
5B	2,79	0,2764	-0,05006	0	99,97	0,0264	0
5C	2,802	0,2417	-0,03452	0	99,97	0,0331	0
6ª	2,985	0,2738	0,05047	0	100	0	0
6B	2,84	0,3239	0,05401	0	99,88	0,1197	0
6C	2,817	0,2786	-0,06987	0	99,95	0,0462	0
7ª	2,861	0,3383	-0,217	0	100	0	0
7B	2,515	0,2653	-0,07726	0	99,95	0,0501	0
7C	2,746	0,2789	0,008238	0	99,97	0,0324	0
8ª	2,789	0,3463	-0,1	0	100	0	0
8B	2,712	0,3644	-0,2286	0	99,94	0,0588	0
8C	2,655	0,2885	0,01512	0	100	0,0033	0
9ª	2,631	0,4219	-0,2298	0	100	0	0
9B	2,634	0,3386	-0,1035	0	100	0,0033	0
9C	2,793	0,2571	-0,07813	0	100	0	0
10ª	2,859	0,3308	-0,03459	0	100	0	0
10B	2,774	0,2843	-0,09732	0	100	0	0
10C	2,841	0,3317	0,06259	0	100	0	0

11 <sup>a</sup>	2,808	0,3182	0,1065	0	100	0	0
11B	2,795	0,2694	-0,07159	0	100	0	0
11C	2,669	0,2957	-0,0599	0	100	0	0
12 <sup>a</sup>	2,818	0,2968	0,0315	0	100	0	0
12B	2,663	0,3101	-0,05769	0	100	0	0
12C	2,725	0,2945	-0,062	0	99,98	0,0231	0
13 <sup>a</sup>	2,656	0,2975	0,05374	0	99,99	0,0066	0
13B	2,774	0,2557	-0,07396	0	100	0	0
13C	2,713	0,2967	-0,1187	0	100	0	0
14 <sup>a</sup>	2,513	0,3841	-0,1108	0	100	0	0
14B	2,445	0,3869	-0,1912	0	100	0	0
14C	2,701	0,2905	-0,1611	0	99,95	0,0501	0
15 <sup>a</sup>	2,668	0,2973	0,02446	0	100	0	0
15B	2,643	0,2681	0,08405	0	100	0	0
15C	2,608	0,291	0,04659	0	100	0	0
16 <sup>a</sup>	2,292	0,3989	0,1479	0	100	0	0
16B	2,456	0,3319	-0,2543	0	100	0	0
16C	2,521	0,3328	-0,1101	0	100	0	0
17 <sup>a</sup>	2,628	0,2727	-0,07795	0	100	0	0
17B	2,401	0,4065	-0,1343	0	100	0	0
17C	2,552	0,3088	-0,06629	0	100	0	0
18 <sup>a</sup>	2,354	0,3763	-0,05665	0	100	0	0
18B	2,57	0,3026	-0,1928	0	100	0	0
18C	2,613	0,2535	0,06287	0	100	0	0
19 <sup>a</sup>	2,33	0,462	-0,04468	0	100	0	0
19B	2,603	0,3036	-0,0345	0	100	0	0
19C	2,615	0,3174	-0,1154	0	99,99	0,0099	0
20 <sup>a</sup>	2,286	0,3982	0,01799	0	100	0	0
20B	2,521	0,3292	-0,0917	0	100	0	0
20C	2,451	0,3444	-0,1874	0	100	0	0
21 <sup>a</sup>	2,217	0,4281	0,195	0	100	0	0
21B	2,44	0,339	-0,07232	0	100	0	0
21C	2,444	0,3412	-0,05338	0	99,71	0,2864	0
22 <sup>a</sup>	2,401	0,4087	-0,00303	0	100	0	0
22B	2,805	0,3045	-0,1241	0	100	0	0

22C	2,68	0,2615	0,07837	0	100	0	0
23 <sup>a</sup>	2,321	0,3665	0,06916	0	100	0	0
23B	2,502	0,3447	-0,1279	0	100	0	0
23C	2,556	0,2886	-0,0337	0	100	0	0
24 <sup>a</sup>	2,48	0,3889	-0,1773	0	100	0	0
24B	2,647	0,25	0,07583	0	100	0	0
24C	2,58	0,3036	-0,1071	0	100	0	0
25 <sup>a</sup>	2,646	0,309	-0,04051	0	100	0	0

Classificação segundo Folk e Ward (1957).

Amostras da praia do Mar Grosso.

Amostras	Média	Seleção	Assimetria	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
1A	2,635	0,3938	0,05744	0	99,98	0,0246	0
1B	2,808	0,3624	0,2164	0	99,98	0,0244	0
1C	2,774	0,3838	0,02993	0	99,93	0,0749	0
1D	2,769	0,3188	0,2911	0	99,93	0,0734	0
2A	2,856	0,4059	-0,3683	0	100	0	0
2B	2,835	0,3458	0,1615	0	99,98	0,0247	0
2C	2,821	0,3167	0,3075	0	99,95	0,0492	0
2D	2,813	0,3308	0,3458	0	99,95	0,0497	0
3A	2,777	0,3706	0,1682	0	99,98	0,0247	0
3B	2,734	0,3305	0,2177	0	99,98	0,0246	0
3C	2,775	0,3416	0,2618	0	99,95	0,0501	0
3D	2,812	0,27	0,3027	0	99,98	0,0247	0
4A	2,917	0,3376	-0,3968	0	99,95	0,0496	0
4B	2,917	0,3115	-0,219	0	99,98	0,0245	0
4C	2,868	0,3108	-0,02168	0	99,95	0,0495	0
4D	2,862	0,3097	-0,08176	0	100	0	0
5A	2,718	0,3265	0,2671	0	99,98	0,0246	0
5B	2,886	0,3317	-0,2513	0	99,98	0,0246	0
5C	2,694	0,3444	0,1777	0	100	0	0
5D	2,802	0,3443	0,01507	0	99,92	0,07515	0
6A	2,751	0,3542	0,155	0	99,95	0,0492	0
6B	2,89	0,292	-0,05988	0	99,98	0,0245	0
6C	2,84	0,3278	0,02636	0	99,95	0,0493	0
6D	2,704	0,3423	0,22	0	99,78	0,2233	0
7A	2,901	0,3095	-0,2549	0	100	0	0
7B	2,552	0,2935	0,2661	0	100	0	0
7C	2,712	0,319	0,2837	0	99,85	0,1488	0
7D	2,718	0,3513	0,1467	0	99,95	0,0492	0
8A	2,601	0,3606	0,134	0	100	0	0
8B	2,927	0,2697	-0,1681	0	99,98	0,0246	0
8C	2,89	0,3269	-0,26	0	99,95	0,0492	0

8D	2,711	0,3176	0,285	0	99,95	0,0491	0
9A	2,982	0,2566	-0,2244	0	99,98	0,0246	0
9B	2,905	0,2814	-0,1235	0	100	0	0
9C	2,765	0,3236	0,1907	0	99,93	0,0742	0
9D	2,792	0,3085	0,2306	0	99,95	0,05	0
10A	2,804	0,3347	-0,1492	0	100	0	0
10B	2,856	0,2946	-0,08666	0	99,97	0,025	0
10C	2,851	0,3374	0,009386	0	99,73	0,2697	0
10D	2,771	0,3251	0,1145	0	99,95	0,0492	0
11A	2,863	0,3028	-0,05658	0	99,98	0,0244	0
11B	2,908	0,3161	-0,2867	0	99,98	0,0245	0
11C	2,878	0,2892	-0,1646	0	99,98	0,0246	0
11D	2,815	0,3192	0,03664	0	99,93	0,0745	0
12A	2,905	0,3034	-0,2577	0	99,98	0,0247	0
12B	2,78	0,2937	0,3358	0	99,95	0,049	0
12C	2,728	0,3312	0,1795	0	99,93	0,074	0
12D	2,858	0,2975	0,03149	0	99,93	0,0737	0
13A	2,768	0,2684	0,4085	0	99,98	0,0244	0
13B	2,802	0,2698	0,1729	0	100	0	0
13C	2,764	0,3105	0,1116	0	99,95	0,0495	0
13D	2,769	0,2841	0,3699	0	99,98	0,0246	0
14A	2,895	0,2609	-0,1294	0	99,95	0,0492	0
14B	2,89	0,2894	-0,1435	0	99,98	0,0248	0
14C	3,039	0,3222	0,09325	0	99,88	0,1238	0
14D	2,813	0,282	0,2281	0	99,95	0,0496	0
15A	2,756	0,2902	0,2867	0	99,98	0,0249	0
15B	2,775	0,2896	0,1322	0	100	0	0
15C	2,875	0,2855	-0,142	0	99,93	0,0738	0
15D	2,563	0,2961	0,1911	0	100	0	0
16A	2,858	0,289	0,0792	0	99,94	0,06044	0
16B	2,793	0,2897	0,2767	0	99,98	0,0249	0
16C	2,704	0,3105	0,1216	0	100	0	0
16D	2,768	0,2816	0,3013	0	99,93	0,0738	0
17A	2,792	0,2806	0,3156	0	99,95	0,0489	0
17B	2,832	0,2637	0,2536	0	99,95	0,0502	0

17C	2,825	0,2926	0,02162	0	99,93	0,0732	0
17D	2,787	0,2931	0,2561	0	99,95	0,049	0
18A	2,874	0,2721	0,01876	0	99,98	0,0246	0
18B	2,856	0,2737	0,04045	0	99,98	0,0249	0
18C	2,92	0,2619	-0,2388	0	99,95	0,0495	0
18D	2,774	0,2521	0,4499	0	99,98	0,0245	0
19A	2,833	0,284	0,06397	0	99,98	0,0246	0
19B	2,837	0,287	0,004543	0	99,98	0,0247	0
19C	2,735	0,2766	0,2382	0	100	0	0
19D	2,843	0,2672	0,08409	0	99,98	0,0246	0
20A	2,556	0,2883	-0,2128	0	99,98	0,0244	0
20B	2,772	0,2757	0,267	0	99,95	0,0491	0
20C	2,744	0,2758	0,2944	0	100	0	0
20D	2,771	0,2851	0,2953	0	99,98	0,0247	0
21A	2,714	0,2815	0,3015	0	100	0	0
21B	2,733	0,2919	0,1667	0	99,98	0,0248	0
21C	2,749	0,2686	0,2043	0	99,98	0,0247	0
21D	2,74	0,2637	0,3524	0	99,98	0,0246	0
22A	2,697	0,3893	-0,03504	0	99,98	0,0247	0
22B	2,789	0,2801	0,2515	0	99,98	0,0246	0
22C	2,762	0,2827	0,3116	0	99,95	0,0494	0
22D	2,73	0,2805	0,285	0	99,97	0,025	0
23A	2,698	0,2957	0,2184	0	99,95	0,0492	0
23B	2,717	0,2812	0,2659	0	99,98	0,0249	0
23C	2,686	0,2732	0,2453	0	99,95	0,0495	0
23D	2,6	0,236	0,1125	0	100	0	0

Classificação segundo Folk e Ward (1957).

Amostras da praia de Tramandaí.

Amostras	Média	Seleção	Assimetria	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
1A	2,258	0,4112	0,1634	0	100	0	0
1B	2,66	0,3264	0,0994	0	100	0	0
1C	2,507	0,3142	-0,0989	0	100	0	0
1D	2,386	0,3075	-0,08987	0	100	0	0
2A	2,479	0,3189	-0,1098	0	100	0	0
2B	2,609	0,3197	0,03931	0	100	0	0
2C	2,329	0,318	0,03627	0	100	0	0
2D	2,415	0,2918	-0,1333	0	100	0	0
3A	2,337	0,3704	0,01233	0	100	0	0
3B	2,601	0,3418	0,07488	0	100	0	0
3C	2,507	0,3398	-0,00442	0	100	0	0
3D	2,506	0,3415	-0,00872	0	100	0	0
4A	2,238	0,3778	0,1728	0	100	0	0
4B	2,565	0,3541	-0,04447	0	100	0	0
4C	2,553	0,3056	-0,06116	0	100	0	0
4D	2,505	0,294	0,0155	0	100	0	0
5A	2,237	0,3403	0,04127	0	100	0	0
5B	2,567	0,3125	0,09283	0	100	0	0
5C	2,548	0,2731	-0,0546	0	100	0	0
5D	2,634	0,3033	0,2532	0	100	0	0
6A	2,155	0,3905	0,5011	0	100	0	0
6B	2,406	0,3366	-0,1258	0	100	0	0
6C	2,381	0,2912	0,08721	0	100	0	0
6D	2,442	0,2934	-0,02831	0	100	0	0
7A	2,139	0,3305	0,369	0	100	0	0
7B	2,517	0,3717	0,04413	0	100	0	0
7C	2,396	0,3763	-0,03929	0	100	0	0
7D	2,443	0,3081	-0,2859	0	100	0	0
8A	2,352	0,3997	-0,02819	0	100	0	0
8B	2,462	0,2973	-0,1195	0	100	0	0

8C	2,547	0,3254	0,06104	0	100	0	0
8D	2,644	0,2618	0,149	0	100	0	0
9A	2,369	0,4039	-0,0533	0	100	0	0
9B	2,597	0,3695	0,009583	0	100	0	0
9C	2,536	0,3286	0,06468	0	100	0	0
9D	2,535	0,3392	0,008718	0	100	0	0
10A	2,273	0,3975	0,07569	0	100	0	0
10B	2,577	0,3645	0,01678	0	100	0	0
10C	2,594	0,3034	0,02489	0	100	0	0
10D	2,6	0,2373	0,07076	0	100	0	0

Classificação segundo Folk e Ward (1957).

Amostras da praia de Imbé.

Amostras	Média	Seleção	Assimetria	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
1A	2,298	0,3746	0,03252	0	100	0	0
1B	2,251	0,3486	0,01914	0	100	0	0
1C	2,311	0,3787	-0,02169	0	100	0	0
1D	2,364	0,377	-0,1015	0	100	0	0
2A	2,352	0,3922	-0,03093	0	100	0	0
2B	2,454	0,3913	0,05955	0	100	0	0
2C	2,353	0,3658	-0,03054	0	100	0	0
2D	2,501	0,3137	-0,173	0	100	0	0
3A	2,262	0,3892	0,1075	0	100	0	0
3B	2,334	0,3889	-0,03609	0	100	0	0
3C	2,53	0,3081	-0,0585	0	100	0	0
3D	2,569	0,2715	-0,01327	0	100	0	0
4A	2,54	0,3238	0,1458	0	100	0	0
4B	2,444	0,3239	-0,195	0	100	0	0
4C	2,422	0,3634	-0,1048	0	100	0	0
4D	2,297	0,3305	-0,09391	0	100	0	0
5A	2,079	0,331	0,451	0	100	0	0
5B	2,458	0,3594	0,1729	0	100	0	0
5C	2,391	0,3782	-0,05451	0	100	0	0
5D	2,311	0,3592	0,04841	0	100	0	0
6A	2,06	0,3334	0,4452	0	100	0	0
6B	2,483	0,4078	-0,09891	0	100	0	0
6C	2,309	0,3622	-0,00306	0	100	0	0
6D	2,331	0,3368	0,002934	0	100	0	0
7A	2,185	0,4004	0,4281	0	100	0	0
7B	2,86	0,3852	0,08041	0	100	0	0
7C	2,416	0,3626	-0,1276	0	100	0	0
7D	2,605	0,3211	0,07426	0	100	0	0
8A	2,162	0,3741	0,3162	0	100	0	0
8B	2,518	0,3751	0,0248	0	100	0	0

8C	2,517	0,3128	0,1097	0	100	0	0
8D	2,425	0,2872	-0,06576	0	100	0	0
9A	2,217	0,344	0,1315	0	100	0	0
9B	2,346	0,3525	-0,09972	0	100	0	0
9C	2,423	0,3397	-0,1642	0	100	0	0
9D	2,452	0,3133	-0,1409	0	100	0	0
10A	2,175	0,3923	0,3678	0	100	0	0
10B	2,397	0,3859	-0,04137	0	100	0	0
10C	2,44	0,3448	-0,1218	0	100	0	0
10D	2,518	0,3081	-0,166	0	100	0	0
11A	2,211	0,3779	0,1718	0	100	0	0
11B	2,426	0,3442	-0,1554	0	100	0	0
11C	2,569	0,3209	-0,00792	0	100	0	0
11D	2,542	0,3444	0,1864	0	100	0	0

Classificação segundo Folk e Ward (1957).

Amostras da praia Grande.

Amostras	Média	Seleção	Assimetria	% Casalho	% Areia	% Silte	% Argila
1A	2,547	0,4298	0,01312	0	100	0	0
1B	2,465	0,3671	-0,01697	0	100	0	0
1C	2,228	0,3058	-0,1552	0	100	0	0
1D	2,505	0,2923	0,06922	0	100	0	0
2A	2,457	0,4016	0,0973	0	100	0	0
2B	2,681	0,3441	0,0995	0	100	0	0
2C	2,74	0,2936	-0,01207	0	100	0	0
2D	2,506	0,294	0,1248	0	100	0	0
3A	2,297	0,368	0,06752	0	100	0	0
3B	2,485	0,353	-0,04122	0	100	0	0
3C	2,418	0,3302	-0,09129	0	100	0	0
3D	2,468	0,2865	-0,00277	0	100	0	0
4A	2,396	0,4624	0,1586	0	100	0	0
4B	2,584	0,3338	0,08252	0	100	0	0
4C	2,487	0,2593	0,01226	0	100	0	0
4D	2,438	0,2978	0,06336	0	100	0	0
5A	2,385	0,3168	-0,135	0	100	0	0
5B	2,365	0,3386	-0,06469	0	100	0	0
5C	2,557	0,311	-0,06586	0	100	0	0
5D	2,559	0,2992	0,06125	0	100	0	0

Classificação segundo Folk e Ward (1957).

Amostras da praia de Passo de Torres.

Amostras	Média	Seleção	Assimetria	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
1A	2,402	0,4224	0,02716	0	100	0	0
1B	2,191	0,3136	0,1894	0	100	0	0
1C	2,373	0,3531	0,008881	0	100	0	0
1D	2,366	0,3421	-0,09743	0	100	0	0
2A	2,34	0,3319	0,0951	0	100	0	0
2B	2,486	0,3117	0,03238	0	100	0	0
2C	2,527	0,3015	0,1377	0	100	0	0
2D	2,518	0,2785	-0,03348	0	100	0	0
3A	2,629	0,356	0,09638	0	100	0	0
3B	2,499	0,3807	0,1513	0	100	0	0
3C	2,632	0,3254	0,06954	0	100	0	0
3D	2,561	0,3452	0,0784	0	100	0	0
4A	2,284	0,3744	0,06368	0	100	0	0
4B	2,457	0,3779	0,08681	0	100	0	0
4C	2,476	0,3699	-0,06388	0	100	0	0
4D	2,656	0,31	0,0834	0	100	0	0
5A	2,397	0,4017	0,001808	0	100	0	0
5B	2,422	0,3268	-0,09444	0	100	0	0
5C	2,438	0,3125	-0,08131	0	100	0	0
5D	2,435	0,3452	-0,07277	0	100	0	0
6A	2,291	0,3819	0,1022	0	100	0	0
6B	2,551	0,3189	0,02366	0	100	0	0
6C	2,557	0,2872	-0,06284	0	100	0	0
6D	2,651	0,2643	0,07726	0	100	0	0
7A	2,405	0,401	-0,07895	0	100	0	0
7B	2,56	0,3283	0,05914	0	100	0	0
7C	2,597	0,2885	0,05825	0	100	0	0
7D	2,589	0,3147	0,01564	0	100	0	0
8A	2,583	0,323	0,01021	0	100	0	0
8B	2,591	0,3189	0,1905	0	100	0	0

8C	2,627	0,2803	0,09763	0	100	0	0
8D	2,614	0,2666	0,09077	0	100	0	0
9A	2,383	0,3807	0,03293	0	100	0	0
9B	2,49	0,3201	0,08168	0	100	0	0
9C	2,546	0,308	0,1212	0	100	0	0
9D	2,622	0,2231	0,08204	0	100	0	0
10A	2,317	0,4076	0,05121	0	100	0	0
10B	2,478	0,3469	0,102	0	100	0	0
10C	2,552	0,2771	0,2549	0	100	0	0
10D	2,619	0,2633	0,1413	0	100	0	0

Classificação segundo Folk e Ward (1957).

Amostras da praia da Barra do Chuí.

Amostras	Média	Seleção	Assimetria	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
1A	2,01	0,4833	0,0413	0	100	0	0
1B	2,326	0,3013	-0,1667	0	100	0	0
1C	2,507	0,2717	0,1663	0	100	0	0
1D	2,011	0,3372	-0,08272	0	100	0	0
2A	1,826	0,512	0,1155	0	100	0	0
2B	2,287	0,317	-0,17	0	100	0	0
2C	2,24	0,3761	-0,1214	0	100	0	0
2D	2,3	0,3459	-0,1117	0	100	0	0
3A	2,082	0,3965	0,002007	0	100	0	0
3B	2,2	0,3296	-0,03782	0	100	0	0
3C	2,214	0,2978	-0,1848	0	100	0	0
3D	2,523	0,2851	0,06163	0	100	0	0
4A	1,996	0,5054	-0,05576	0	100	0	0
4B	2,283	0,3797	-0,1076	0	100	0	0
4C	2,235	0,3495	-0,133	0	100	0	0
4D	2,154	0,342	-0,00265	0	100	0	0
5A	1,954	0,4617	-0,03328	0	100	0	0
5B	1,964	0,4508	0,00995	0	100	0	0
5C	2,262	0,3677	-0,08325	0	100	0	0
5D	2,689	0,4559	0,2828	0	100	0	0
6A	1,968	0,4488	-0,1502	0	100	0	0
6B	1,914	0,4026	-0,1015	0	100	0	0
6C	2,269	0,339	-0,1791	0	100	0	0
6D	2,461	0,2576	0,07411	0	100	0	0
7A	2,069	0,3943	-0,09417	0	100	0	0
7B	2,335	0,3141	-0,09101	0	100	0	0
7C	2,307	0,2875	-0,08044	0	100	0	0
7D	2,147	0,373	-0,1024	0	100	0	0
8A	1,951	0,5333	-0,1385	0,2257	99,77	0	0
8B	2,335	0,41	-0,01966	0	100	0	0

8C	2,431	0,3601	0,1056	0	100	0	0
8D	2,313	0,4193	-0,1258	0	100	0	0
9A	2,305	0,3491	-0,1128	0	100	0	0
9B	2,338	0,3107	-0,1233	0	100	0	0
9C	2,395	0,2807	-0,03372	0	100	0	0
9D	2,386	0,3698	0,07236	0	100	0	0
10A	2,264	0,3223	-0,09987	0	100	0	0
10B	2,318	0,2677	-0,1522	0	100	0	0
10C	2,436	0,3327	0,08902	0	100	0	0
10D	2,374	0,3088	-0,05138	0	100	0	0
11A	2,351	0,28	-0,05901	0	100	0	0
11B	2,191	0,2791	-0,1677	0	100	0	0
11C	2,335	0,3514	0,01734	0	100	0	0
11D	2,236	0,3133	-0,06916	0	100	0	0
12A	2,412	0,3883	0,01077	0	100	0	0
12B	2,405	0,2869	-0,09144	0	100	0	0
12C	2,361	0,3061	0,15	0	100	0	0
12D	2,149	0,3623	0,02719	0	100	0	0
13A	2,556	0,3099	0,2466	0	100	0	0
13B	2,586	0,3	0,142	0	100	0	0
13C	2,436	0,2988	0,03654	0	100	0	0

Classificação segundo Folk e Ward (1957).

Amostras da praia da Barra del Chuy.

Amostras	Média	Seleção	Assimetria	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
1A	2,642	0,3415	-0,3239	0	100	0	0
1B	2,214	0,3718	0,01089	0	100	0	0
1C	2,392	0,338	-0,2563	0	100	0	0
1D	2,55	0,2385	-0,2073	0	100	0	0
2A	2,242	0,4635	-0,1465	0	100	0	0
2B	2,281	0,3336	-0,05227	0	100	0	0
2C	2,339	0,3363	-0,1683	0	100	0	0
2D	2,413	0,3358	-0,184	0	100	0	0
3A	2,248	0,3844	-0,08249	0	100	0	0
3B	2,288	0,3405	-0,09768	0	100	0	0
3C	2,334	0,3278	-0,2386	0	100	0	0
3D	2,678	0,3372	-0,2706	0	100	0	0
4A	2,012	0,4863	0,003241	0	100	0	0
4B	2,143	0,4139	0,09495	0	100	0	0
4C	2,621	0,3191	-0,2164	0	100	0	0
4D	2,316	0,375	-0,1759	0	100	0	0

Classificação segundo Folk e Ward (1957).

Amostras da praia de Passo de Torres.

Amostras	Média	Seleção	Assimetria	% Cascalho	% Areia	% Silte	% Argila
1A	2,402	0,4224	0,02716	0	100	0	0
1B	2,191	0,3136	0,1894	0	100	0	0
1C	2,373	0,3531	0,008881	0	100	0	0
1D	2,366	0,3421	-0,09743	0	100	0	0
2A	2,34	0,3319	0,0951	0	100	0	0
2B	2,486	0,3117	0,03238	0	100	0	0
2C	2,527	0,3015	0,1377	0	100	0	0
2D	2,518	0,2785	-0,03348	0	100	0	0
3A	2,629	0,356	0,09638	0	100	0	0
3B	2,499	0,3807	0,1513	0	100	0	0
3C	2,632	0,3254	0,06954	0	100	0	0
3D	2,561	0,3452	0,0784	0	100	0	0
4A	2,284	0,3744	0,06368	0	100	0	0
4B	2,457	0,3779	0,08681	0	100	0	0
4C	2,476	0,3699	-0,06388	0	100	0	0
4D	2,656	0,31	0,0834	0	100	0	0
5A	2,397	0,4017	0,001808	0	100	0	0
5B	2,422	0,3268	-0,09444	0	100	0	0
5C	2,438	0,3125	-0,08131	0	100	0	0
5D	2,435	0,3452	-0,07277	0	100	0	0
6A	2,291	0,3819	0,1022	0	100	0	0
6B	2,551	0,3189	0,02366	0	100	0	0
6C	2,557	0,2872	-0,06284	0	100	0	0
6D	2,651	0,2643	0,07726	0	100	0	0
7A	2,405	0,401	-0,07895	0	100	0	0
7B	2,56	0,3283	0,05914	0	100	0	0
7C	2,597	0,2885	0,05825	0	100	0	0
7D	2,589	0,3147	0,01564	0	100	0	0
8A	2,583	0,323	0,01021	0	100	0	0
8B	2,591	0,3189	0,1905	0	100	0	0

8C	2,627	0,2803	0,09763	0	100	0	0
8D	2,614	0,2666	0,09077	0	100	0	0
9A	2,383	0,3807	0,03293	0	100	0	0
9B	2,49	0,3201	0,08168	0	100	0	0
9C	2,546	0,308	0,1212	0	100	0	0
9D	2,622	0,2231	0,08204	0	100	0	0
10A	2,317	0,4076	0,05121	0	100	0	0
10B	2,478	0,3469	0,102	0	100	0	0
10C	2,552	0,2771	0,2549	0	100	0	0
10D	2,619	0,2633	0,1413	0	100	0	0

Classificação segundo Folk e Ward (1957).

## Anexo 2

Tabela A: Distribuição granulométrica das amostras (frequência simples) utilizadas no estudo. Os intervalos granulométricos estão em Phi.

#	<-0,5	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0 a 8,0	9,0 a 12,0
012	3,6300	1,5200	0,3300	0,4100	1,6100	5,5200	18,7700	24,8300	37,1900	6,1900	0,0000	0,0000
013	2,6300	0,7200	0,1700	0,2500	0,5900	1,8600	19,0900	19,4800	51,1700	4,0300	0,0000	0,0000
024	1,0700	0,4000	0,0800	0,1100	0,3800	0,8900	6,1600	19,3300	69,2200	2,3600	0,0000	0,0000
025	7,0200	0,6700	0,1700	0,2300	0,7300	1,8700	12,5000	17,9900	49,6300	9,1900	0,0000	0,0000
026	0,5800	0,7100	0,0900	0,1400	0,3500	0,7000	3,6300	13,0800	76,2000	4,5100	0,0000	0,0000
027	1,3300	0,4000	0,0900	0,1400	1,1300	2,2900	8,3000	8,7900	72,9300	4,5900	0,0000	0,0000
028	2,8400	0,4500	0,1100	0,1300	0,1100	0,2300	0,8100	1,2900	56,8500	22,8600	6,9300	7,3900
029	4,3400	0,5400	0,1300	0,2900	2,0600	10,4100	30,8600	15,1300	30,0800	6,1600	0,0000	0,0000
030	0,8300	0,3100	0,0500	0,0800	0,0700	0,0700	0,3700	0,8900	36,6800	6,0300	23,5000	31,1000
042	5,3700	0,5700	0,2300	0,5400	3,5100	6,5800	13,2700	12,2100	44,1500	7,3700	5,2100	1,0000
043	0,5200	0,7300	0,2800	0,4700	0,7900	0,8800	2,3400	1,9700	13,6900	15,2000	32,6300	20,5100
044	7,9000	0,9400	0,2700	0,4400	2,0500	5,2000	14,7800	7,3200	36,0800	16,4000	8,2300	0,4100
045	0,3500	0,2900	0,1600	0,5200	1,5400	3,3800	7,7700	6,2800	10,9600	18,7700	25,9000	24,0700
046	0,0100	0,0200	0,0100	0,0300	2,0900	19,9400	64,5500	11,3000	1,4700	0,6000	0,0000	0,0000
054	0,1200	0,1900	0,1400	0,3800	2,3700	36,8900	47,9800	9,6800	2,0100	0,2300	0,0000	0,0000
055	0,6100	0,3300	0,1500	0,2300	0,9700	2,8000	66,1500	25,8300	2,4700	0,4600	0,0000	0,0000
056	0,1200	0,0600	0,0300	0,1600	0,7500	32,3200	58,2900	6,9800	1,1500	0,1500	0,0000	0,0000
063	0,0900	0,1000	0,0300	0,0400	0,3400	6,3000	70,8800	16,5100	5,4100	0,3100	0,0000	0,0000
064	0,0000	0,0400	0,0000	0,0200	0,3600	2,3900	18,9400	11,8000	35,3200	31,1200	0,0000	0,0000
065	0,2400	0,0100	0,0000	0,0100	0,1500	1,7300	13,4100	16,3600	18,0700	41,3200	7,3200	1,3600
066	0,8600	0,2500	0,2600	0,6200	1,8100	2,7600	15,9500	26,5900	34,1000	11,9600	4,2000	0,6300
067	0,0600	0,0600	0,0300	0,0600	0,2400	1,1200	9,8800	37,6300	37,1600	7,4800	5,7700	0,5000
075	0,1500	0,0700	0,0300	0,1400	1,9300	5,7500	33,1600	44,2400	14,1000	0,4300	0,0000	0,0000
076	0,0100	0,0500	0,0200	0,0600	1,7300	35,4400	59,9200	2,4500	0,3100	0,0200	0,0000	0,0000
077	0,1400	0,0500	0,0200	0,0700	1,6600	45,4300	50,0700	2,1700	0,3800	0,0100	0,0000	0,0000
078	0,0300	0,0300	0,0100	0,0600	0,4700	4,6200	32,5800	23,6300	25,9300	12,6400	0,0000	0,0000
079	0,6000	0,9800	0,3400	0,8500	1,6400	2,3200	7,0000	4,7600	11,2500	5,9400	25,5500	38,7700
080	1,9800	0,3700	0,2000	0,1900	0,9200	1,6500	2,6600	13,6200	23,1900	4,6700	28,6900	21,8700
081	7,8800	1,2500	0,3200	0,5500	1,9500	3,6500	9,3400	9,2300	51,1300	8,6300	5,4600	0,6000
082	0,8900	0,2900	0,1700	0,0900	0,3500	1,3800	9,9000	16,4300	53,1700	17,3400	0,0000	0,0000
083	10,2400	1,2800	0,3000	0,3900	1,2600	2,8000	16,0000	15,4100	33,1700	9,6400	7,8900	1,6300
084	1,4900	0,9000	0,2300	0,2400	0,4900	1,1000	8,8800	10,6700	30,3400	5,8900	13,5800	26,1900
085	0,5500	0,6000	0,1800	0,3100	0,5700	1,0700	4,3700	19,7800	65,1600	7,4200	0,0000	0,0000
095	3,1900	0,8600	0,3700	0,4800	0,5800	0,7600	3,8300	2,1800	68,9500	6,9300	8,9700	2,9200
096	5,3800	1,2600	0,4700	0,5600	1,4400	2,1400	9,6400	6,0300	35,2600	4,6000	8,0400	25,1900
097	0,0000	0,0200	0,0300	0,3700	0,3500	0,4300	24,2600	11,0800	61,8000	1,6700	0,0000	0,0000
098	1,3500	0,5000	0,1800	0,3100	1,2700	1,2300	6,4400	7,3300	74,5300	6,8600	0,0000	0,0000
109	10,3400	1,7700	0,4400	0,4900	0,3700	0,3100	0,6900	1,0000	57,3400	18,9700	4,4500	3,8300
110	1,7400	0,3400	0,0900	0,1400	0,1600	0,1600	0,9200	2,1700	33,3400	10,2800	22,5200	28,1300
111	0,8000	0,0500	0,2100	0,2300	0,4900	1,1300	9,4600	4,5500	17,8900	4,3200	29,7600	31,1100
112	20,3800	1,8100	0,3900	0,3500	0,2900	0,1700	0,2900	0,7300	45,4100	21,0600	6,0600	3,0800