



VII SEMINÁRIO E WORKSHOP EM ENGENHARIA OCEÂNICA

Rio Grande, de 23 a 25 de Novembro de 2016

SEDIMENTOLOGIA DO LITORAL NORTE DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Vianna, H.D.¹, Calliari, L.J.²

¹ Universidade Federal do Rio Grande
Pós Graduação em Oceanografia Fís. Qui. e Geológica
Avenida Itália, km 8, CP. 474, Rio Grande, RS, Brasil
e-mail: hvianna@furg.br

² Universidade Federal do Rio Grande
Pós Graduação em Oceanografia Fís. Qui. e Geológica
Avenida Itália, km 8, CP. 474, Rio Grande, RS, Brasil
e-mail: lcalliari@log.furg.br

RESUMO

O litoral norte do Rio Grande do Sul possui balneários oceânicos distribuídos ao longo de 135 quilômetros nos municípios de Palmares do Sul, Balneário Pinhal, Cidreira, Tramandaí, Imbé, Osório, Xangri-lá, Capão da Canoa, Terra de Areia, Arroio do Sal e Torres. O conhecimento da sedimentologia da região entre a face da praia e duna frontal é essencial para a compreensão dos processos costeiros atuantes. Esse trabalho tem por objetivo caracterizar a sedimentologia do litoral norte do Rio Grande do Sul e, para isso, amostras de sedimentos georreferenciadas foram coletadas entre 2015 e 2016 em todos os balneários oceânicos dessa região. Três ambientes foram amostrados: crista da duna frontal, praia subaérea e face da praia. As amostras foram submetidas à análises laboratoriais onde se determinou o tamanho médio do grão e percentuais de areia média, fina e muito fina. As planilhas de laboratório foram transcritas e analisadas com o auxílio do software Gradistat. Ao longo desses balneários foram coletadas 303 amostras. As análises mostraram que é possível diferenciar os três ambientes pelas características sedimentológicas. Os balneários estudados são constituídos por areias finas unimodais e bem classificadas, com tamanho médio de 2,42 ϕ . Os percentuais médios são: 10,24% (areia média) 86,27% (areia fina), 3,35% (areia muito fina). Há um aumento no tamanho médio do grão e percentual de areia média das dunas frontais em direção à face da praia. Os maiores percentuais de areia média e tamanho médio do grão ocorreram na face da praia. As amostras coletadas nas dunas apresentaram maiores quantidades de areias finas e menores tamanhos médio do grão. Uma anomalia foi observada em Terra de Areia, onde o maior percentual de areia média e tamanho médio do grão ocorreu na praia subaérea. Quanto aos percentuais de areia muito fina, há um aumento das dunas frontais para a face da praia no trecho de praia entre Cidreira e Tramandaí, repetindo-se de Capão da Canoa a Terra de Areia. Comportamento inverso foi observado de Osório a Xangri-lá. Entre Arroio do Sal e Torres, o maior percentual de areia muito fina ocorreu na praia subaérea, assim como em Palmares do Sul. Balneário Pinhal tem uma distribuição particular, visto que há menos areia muito fina na praia subaérea. Analisando-se isoladamente as amostras, ocorreram altos percentuais de areia média e baixos de areia fina nas dunas frontais de balneário Pinhal Sede (Balneário Pinhal) e Arroio Teixeira Gleba B (Capão da Canoa). Nos balneários Nordeste (Imbé) e Torres Tur (Torres) esse comportamento foi observado na praia subaérea, já em Frade (Palmares do Sul) na face da praia. A partir das análises concluiu-se que há dois trechos com qualidades sedimentares semelhantes. Tais segmentos são: Palmares do Sul a Imbé e Arroio do Sal a Torres. Os demais municípios possuem atributos sedimentares particulares que os diferenciam.

Palavras chave: granulometria praial, sistema praia duna, variabilidade sedimentológica, Wentworth.

1. NOMENCLATURA

Φ: Escala logarítmica de classificação granulométrica (Wentworth, 1922).

2. INTRODUÇÃO

O litoral norte do Rio Grande do Sul (RS) é constituído pelos municípios de Palmares do Sul, Balneário Pinhal, Cidreira, Tramandaí, Imbé, Osório, Xangri-lá, Capão da Canoa, Terra de Areia, Arroio do Sal e Torres, (Fig.1). Esses municípios possuem diversos balneários oceânicos distribuídos ao longo de, aproximadamente, 135 km de linha de costa retilinizada com orientação sudoeste nordeste. A linha de costa é interrompida por duas desembocaduras, ao sul pelo rio Tramandaí (divisa entre os municípios de Tramandaí e Imbé) e ao norte pelo rio Mampituba (divisa entre os estados do RS e Santa Catarina), ambas fixadas por estruturas oceânicas do tipo molhes.

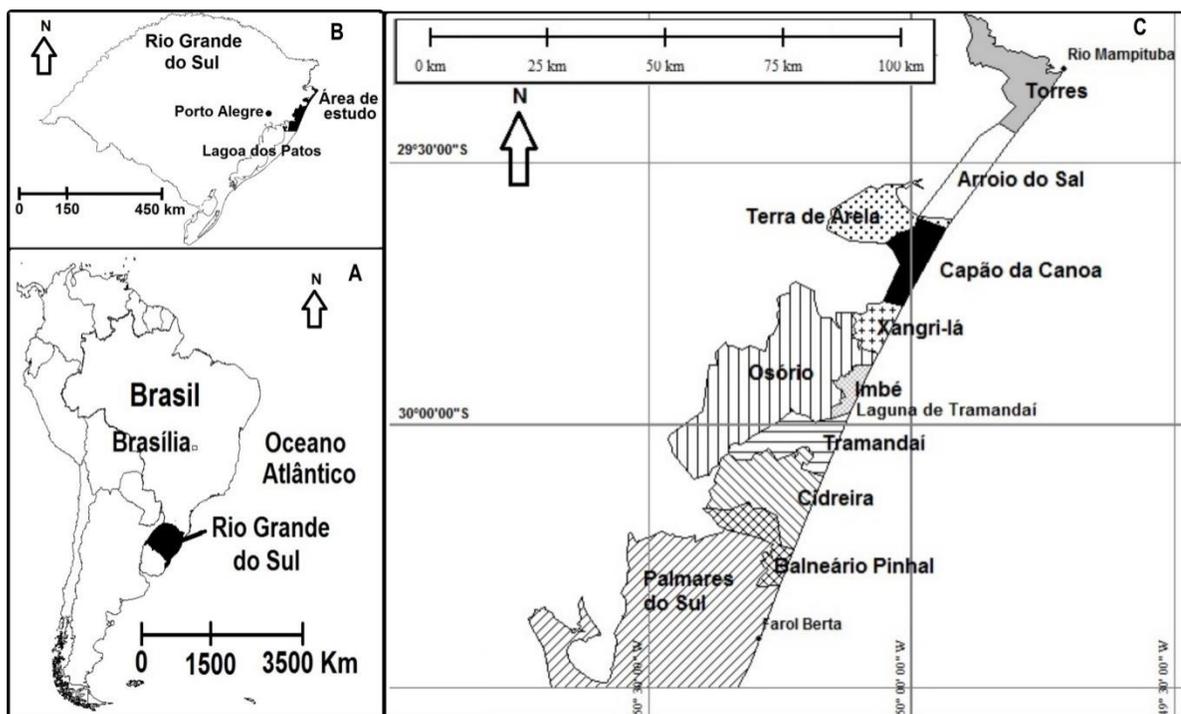


Figura 1. Área de estudo no território brasileiro (A), no estado do Rio Grande do Sul (B), e os municípios constituintes (C).

A região de estudo insere-se no sistema deposicional IV, do tipo laguna barreira, desenvolvida durante o Holoceno, como consequência da última transgressão pós-glacial (Tomazelli e Villwock, 2005). É formada por depósitos sedimentares Quaternários inconsolidados e não recebe contribuição de sedimentos modernos, visto que as areias transportadas pelos rios são retidas pelos amplos sistemas de lagoas costeiras (Tomazelli e Villwock, 1992). Os sedimentos praias são constituídos de sedimentos arenosos unimodais, tamanho fino, com 95 % de composição quartzosa (Martins, 1967). O tamanho médio do grão é de 0,2 mm (Nicolodi et al. 2002).

Os processos sedimentares que ocorrem no sistema praia duna estão relacionados às características granulométricas dos sedimentos (Bittencourt et al., 1987). Praias com características dissipativas são formadas por sedimentos finos, já praias reflectivas constituídas por sedimentos mais grossos (Short e Hesp, 1982). O tamanho dos sistemas dunares também é função da sedimentologia da região, sedimentos finos são facilmente transportados pelos processos eólicos, diferentemente dos mais grossos. Um fator importante que favorece a formação de dunas com grande volume é a alta energia de ondas com período longo, uma vez que promove condições para a transferência de sedimentos da antepraia para a zona de arrebentação e daí para a praia (Short & Hesp, 1982).

O litoral norte do RS é constituído por praias de estágios dissipativos a intermediários, a altura das dunas frontais aumenta gradativamente de norte para sul, sendo as maiores ocorrendo no balneário de Dunas Altas (Palmares do Sul), (Calliari et. al., 2005). Em Dunas Altas ocorrem formações dunares únicas na região, com dunas frontais

contínuas e de grande volume, com alturas superiores a 10 m (Vianna e Calliari, 2015). A diferenciação desse sistema dunar, quando comparado aos demais existentes na região, pode ser atribuída à convergência da deriva litorânea, devido a uma inflexão na linha de costa, que contribui para o maior volume de areia na antepraia, que se constitui em fonte de sedimentos para o desenvolvimento da mesma e do campo de dunas (Toldo et al., 2006).

Estudos detalhados sobre a sedimentologia, em todos os balneários, são fundamentais para a compreensão dos processos costeiros atuantes no litoral norte do RS. Trabalhos anteriores são pontuais e de baixa resolução espacial, impossibilitando a compreensão da diversidade sedimentológica e geomorfológica do sistema praia dunas frontal observada na região.

Esse trabalho tem por objetivo caracterizar a sedimentologia de todos os balneários oceânicos do litoral norte do RS, mais especificamente conhecer os tamanhos médios dos grãos (TMG ϕ), percentuais de areia média (%AM), fina (%AF) e muito fina (%AMF) de três ambientes sedimentares, face da praia, praia subaérea e duna frontal. Também se objetiva conhecer a diversidade sedimentológica da região e diferenciar sedimentologicamente os três ambientes estudados.

3. METODOLOGIA

Coletas de sedimentos superficiais foram realizadas entre janeiro de 2015 a maio de 2016 em todos os balneários oceânicos da região de estudo. Os limites entre municípios e balneários foram extraídos das bases cartográficas oficiais. Três ambientes praias foram amostrados: face da praia, praia subaérea e crista da duna frontal (Fig. 2). Em cada ambiente coletou-se, em sacos plásticos devidamente identificados, volumes de sedimentos maiores que 40 gramas. O ponto de coleta foi demarcado com um GNSS de navegação Garmin Oregon 550.



Figura 2. Processo de coleta de sedimentos em campo, à esquerda coleta sobre a crista da duna frontal, ao centro na praia subaérea e à direita na face da praia.

O material coletado foi transportado ao Laboratório de Oceanografia Geológica da Universidade Federal do Rio Grande (LOG-FURG) para o processamento. Primeiramente o material foi lavado em bacias metálicas para a retirada dos sais marinhos para, posteriormente, ser seco em estufa a temperatura aproximada de 40° pelo período de oito horas. O material seco foi peneirado em um conjunto de peneiras no intervalo de -2 a 4 ϕ com variação de $\frac{1}{4}$ de ϕ (Folk e Ward, 1957), (Fig. 3).



Figura 3. Conjunto de peneiras (A), material retido na peneira 2,5 ϕ (B), removido da peneira (C) e pesado em balança analítica (D).

As planilhas de laboratório foram digitalizadas com o uso de planilha eletrônica, posteriormente foram analisadas no software GRADISTAT (Blott e Pye, 2001). Os parâmetros sedimentológicos determinados foram TMG ϕ , na escala logarítmica de Wentworth (1922), %AM, %AF e %AMF. Médias foram calculadas para cada município a partir das amostras coletadas nos balneários.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na área de estudo foram coletadas 303 amostras, 18 em Palmares do Sul, 18 em Balneário Pinhal, 18 em Cidreira, 39 em Tramandaí, 51 em Imbé, 6 em Osório, 12 em Xangri-lá, 42 em Capão da Canoa, 3 em Terra de Areia, 24 em Arroio do Sal, e 72 em Torres. Os resultados das análises podem ser visualizados na Tab. 1.

Tabela 1. Sedimentologia do litoral norte do RS.

Municípios	Duna Frontal				Praia Subaérea				Face da Praia			
	% AM	% AF	%AMF	TMG ϕ	% AM	% AF	%AMF	TMG ϕ	% AM	% AF	% AMF	TMG ϕ
Palmares do Sul	5,42	91,58	3,00	2,44	6,64	89,74	3,62	2,45	15,77	80,04	3,01	2,34
Balneário Pinhal	11,88	85,39	2,72	2,37	12,96	85,29	1,75	2,35	22,81	74,45	2,70	2,28
Cidreira	4,27	91,96	3,71	2,48	7,30	88,72	3,95	2,47	12,13	83,09	4,14	2,42
Tramandaí	5,57	90,74	3,66	2,46	6,26	89,71	3,93	2,48	8,80	86,63	4,36	2,45
Imbé	7,55	90,24	2,08	2,39	12,06	85,15	2,82	2,37	18,15	80,12	1,73	2,31
Osório	1,67	94,37	3,95	2,51	6,40	90,40	3,19	2,46	18,18	80,57	1,23	2,29
Xangri-lá	5,72	90,90	3,38	2,48	8,59	88,41	2,99	2,42	23,71	74,35	1,13	2,23
Capão da Canoa	8,20	89,03	2,75	2,43	7,94	88,64	3,41	2,45	12,99	82,30	4,70	2,41
Terra de Areia	4,45	92,81	2,71	2,46	12,89	84,01	3,10	2,39	11,76	83,37	4,86	2,44
Arroio do Sal	5,80	90,39	3,80	2,48	4,31	90,27	5,42	2,53	16,73	79,07	4,17	2,37
Torres	7,10	89,93	2,96	2,43	6,64	89,08	4,27	2,48	16,04	80,13	3,78	2,36

Nos balneários da região há uma predominância de areias finas bem classificadas e unimodais nos três ambientes, com tamanho médio de 2,42 ϕ . Os percentuais médios são: 10,24% (%AM), 86,27% (%AF), 3,35% (%AMF). O maior %AF ocorre nas dunas frontais, devido a maior seleção de sedimentos. Sedimentos mais finos são facilmente transportados pelos processos eólicos de saltação, suspensão e arrasto. Os maiores %AM, e menores %AF, ocorrem

na face da praia, visto que ainda não foram selecionados por meios eólicos. Nesse ambiente os sedimentos estão sujeitos aos processos aquosos promovidos pela ação das ondas e deriva litorânea.

Nas dunas frontais, do município de Osório, ocorrem os maiores %AF e menores %AM. O maior %AM, e menor %AF, ocorre na face da praia de Xangri-lá. Na praia subaérea de Arroio do Sal foi encontrado o maior %AMF.

Na região de estudo ocorre uma nítida a diferenciação dos três ambientes amostrados, perceptível na análise isolada do %AM (Fig. 4).

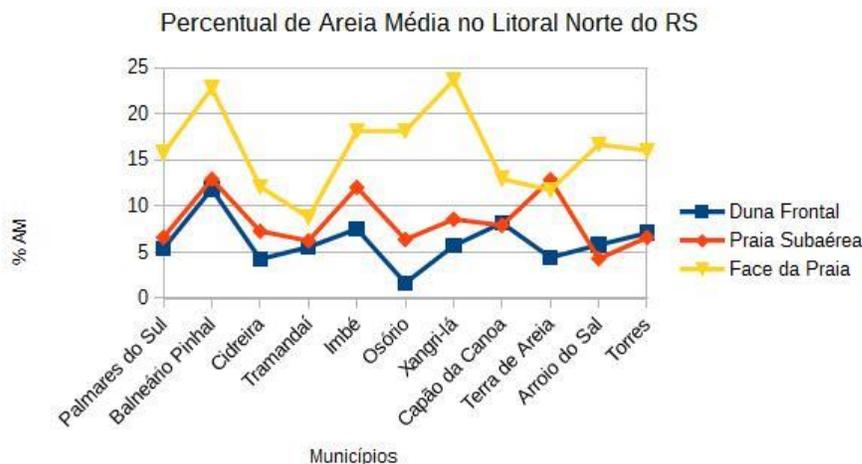


Figura 4. Percentual de areia média nos balneários do litoral norte do RS.

Na Fig 4. é possível visualizar a diferenciação entre os três ambientes estudados, corroborando o apresentado na Tab 1 onde se observa um aumento nos %AM em direção à face da praia. Esse Comportamento não ocorre em Capão da Canoa, Terra de Areia, Arroio do Sal e Torres, visto que o %AM na praia subaérea é maior que na face da praia em Terra de Areia e, nos demais, o %AM das dunas é maior que na praia subaérea. Entre Palmares do Sul e Imbé, a diferença entre %AM entre os três ambientes mantém-se estável. O comportamento gráfico do %AM registrado consiste no aumento a partir de Palmares do Sul a Balneário Pinhal, redução de Cidreira a Tramandaí e aumento em Imbé. Em Osório há uma redução no %AM nas dunas frontais e praia subaérea, porém o %AM da face da praia mantém-se praticamente o mesmo de Imbé. Em Xangri-lá há um aumento brusco nos %AM na face da praia, atingindo o valor mais alto observado na região.

A variação nos %AF são semelhantes aos observados nos %AM e podem ser visualizados na Fig. 5.

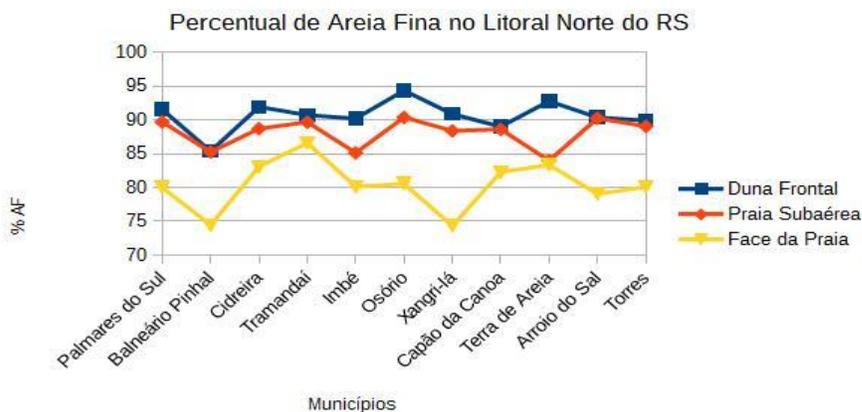


Figura 5. Percentual de areia fina nos balneários do litoral norte do RS.

A separação entre ambientes baseada nos %AM observada na Fig 4. também é visualizada na Fig. 5, há maiores %AF nas dunas frontais e consequente redução à medida que se aproxima da face da praia. A partir de Palmares do Sul há uma redução no %AF em Balneário Pinhal, nesse município os %AF da praia subaérea e crista da duna frontal

são muito próximos. A partir de Balneário Pinhal há aumento nos %AF até Tramandaí onde, novamente, ocorre uma redução até Imbé. Em Osório, o %AF nas dunas frontais é o maior encontrado na região, 90,40%. O %AF da face da praia desse município possui um comportamento análogo ao %AM, mantendo-se o mesmo de Imbé. Na face da praia em Xangri-lá existe o menor %AF encontrado na região. Novamente em Terra de Areia há uma anomalia ocasionada pelo baixo %AF na praia subaérea, que não acompanha a tendência de aumento nos %AF observado a partir de Capão da Canoa.

Os %AMF apresentam comportamentos distintos dos demais (Fig. 6).

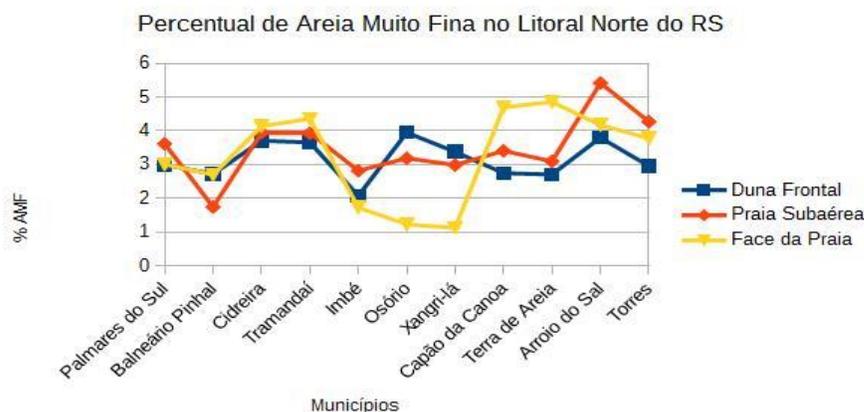


Figura 6. Percentual de areia muito fina nos balneários do litoral norte do RS.

Na Fig 6. percebe-se que não existe o mesmo padrão observado nos outros percentuais, com exceção nos trechos entre Cidreira e Tramandaí e entre Capão da Canoa e Terra de Areia. Nesses segmentos ocorre um aumento no %AMF a partir da duna frontal em direção à face da praia, onde há os maiores percentuais. Em Palmares do Sul e Balneário Pinhal, o %AMF da face da praia é praticamente igual ao das dunas frontais, havendo maior %AMF na praia subaérea de Palmares do Sul e menos nesse ambiente em Balneário Pinhal. Em Imbé ocorre uma inversão na tendência apresentada entre Cidreira e Tramandaí, ocorrendo um aumento nos %AMF a partir da face da praia em direção à duna frontal. Um comportamento particular ocorre entre Arroio do Sal e Torres, visto que o maior %AMF nesses municípios ocorre na praia subaérea. A maior média de %AMF na região foi encontrada nesse ambiente em Arroio do Sal, igual a 5,42 %.

Assim como apresentado nas Fig. 4 e Fig. 5, o gráfico do TMG ϕ (Fig. 7) possibilita, também, a diferenciação dos três ambientes amostrados.

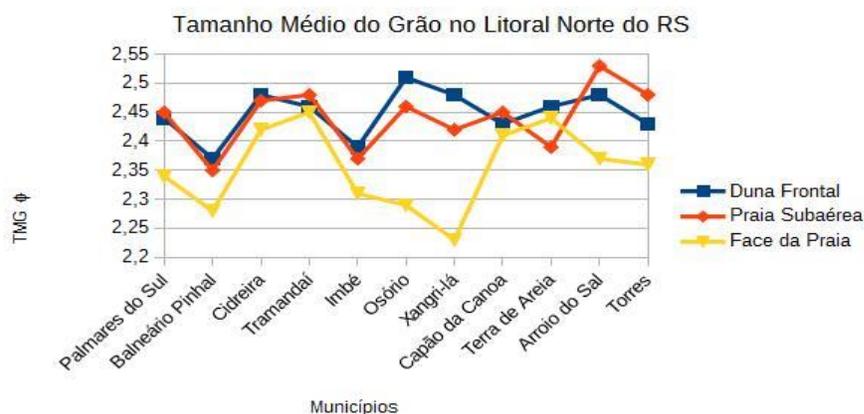


Figura 7. TMG ϕ nos balneários do litoral norte do RS.

O TMG ϕ é maior na face da praia, os sedimentos mais finos ocorrem nas dunas frontais, visto que são facilmente transportados eolicamente. O TMG ϕ segue a tendência do %AM e %AF já descrito na região, de modo que a granulometria dos sedimentos aumenta em direção à face da praia. O TMG ϕ aumenta de Palmares do Sul para

Balneário Pinhal, diminuindo novamente entre Cidreira e Tramandaí, aumentando novamente entre Imbé e Xangri-lá, onde ocorrem os sedimentos mais grossos na face da praia, igual a 2,23 ϕ . Entre Capão da Canoa e Torres há uma inversão no TMG ϕ , os sedimentos das dunas desses municípios são mais grossos quando comparados aos da face da praia. Novamente uma anomalia é observada em Terra de Areia, onde o sedimento mais grosso ocorre na praia subaérea. Os valores TMG ϕ nas dunas frontais e praia subaérea de Palmares do Sul são praticamente iguais, valores muito próximos também ocorrem nas dunas frontais e praia subaérea de Cidreira e nos três ambientes em Tramandaí.

Analisando-se isoladamente as amostras, os %AM encontrados nas dunas frontais apresentam valores próximos à média municipal, porém altos %AM foram observados nas amostras coletadas em balneário Pinhal Sede (Balneário Pinhal), igual a 33,85 %, e Arroio Teixeira Gleba B (Capão da Canoa), igual a 28,60 %. Nesses balneários ocorrem os mais baixos %AF em dunas frontais no litoral norte do RS, 64,20 % em Pinhal Sede e 69,40% em Arroio Teixeira Gleba B. Nos citados balneários, as dunas sofreram grandes intervenções antrópicas, em Balneário Pinhal Sede existem apenas fragmentos de dunas frontais, de modo que os sedimentos analisados podem corresponder a depósitos pretéritos.

Na praia subaérea não há um padrão de aumento ou diminuição nos %AM, porém há uma maior variação nos percentuais quando comparado aos sedimentos dunares. Valores extremos altos foram encontrados no balneário Nordeste (Imbé), igual a 33,22%, e em Torres Tur (Torres), igual a 31,10 %. Evidentemente o mesmo padrão se repete quanto aos extremos de areia fina, com valores baixos iguais a 66,10 % no Nordeste e 66,80 % em Torres Tur. Nesse ambiente também ocorre o maior %AMF amostrado, igual a 9,76 em Estrela do Mar (Torres).

Um alto percentual de areia média ocorre no balneário Frade (Palmares do Sul), igual a 42,25%, assim como um baixo %AF, igual a 55,31 %. Nesse ambiente há uma maior variação entre os percentuais de areia média e fina. Esses valores podem estar relacionados à intrusão de sedimentos continentais transportados até a face da praia através de sangradouros.

5. CONCLUSÕES

No litoral norte do RS há uma predominância de areias finas em todos os ambientes praias. É possível diferenciar os ambientes estudados a partir de análises dos %AM, %AF e TMG ϕ . A partir da análise gráfica, é possível concluir que o trecho entre Palmares do Sul e Imbé possui características sedimentares semelhantes. Osório, Xangri-lá, Capão da Canoa e Terra de Areia tem qualidades sedimentares diferenciadas no litoral norte do RS. As praias subaéreas de Arroio do Sal e Torres possuem características particulares, devido ao maior %AMF e TMG ϕ e menor %AM dentre os três ambientes estudados, ambos municípios podem ser considerados, também, de atributos sedimentares semelhantes. As variações sedimentares observadas nesses trechos podem estar relacionadas ao transporte de sedimentos pela deriva litorânea, às áreas fontes, assim como pela orientação da linha de costa em relação ao vento predominante.

Analisando-se isoladamente as amostras, ocorrem picos nos percentuais em alguns balneários, tais valores podem estar relacionados a processos meteorológicos atuantes nas regiões costeiras, como tempestades responsáveis por ventos extremos e pela elevação no nível do mar.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bittencourt, A.C.S.P., Farias, F.F. and Zanini, A. JR., 1987. "Reflexos das variações morfo-dinâmicas praias nas características texturais dos sedimentos da praia de Armação. Salvador, Bahia". Revista Brasileira de Geociências, Vol 17, pp. 276-282.
- Blott, S.J. and Pye, K., 2001. "GRADISTAT: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments". Earth Surface Processes and Landforms, Vol. 26, No. 1, pp. 1237-1248.
- Calliari, L., Pereira, P.S., de Oliveira, A.O. and Figueiredo, S.A., 2005. "Variabilidade das dunas frontais no litoral norte e médio do Rio Grande do Sul". Gravel, Vol. 3, No. 1, pp. 15-30.
- Folk, R., L. and Ward. W., C., 1957. "Brazos river bar: A study in the significance os grain size parameters". Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 27, No. 1, pp. 3-26.
- Martins, L.R., 1967. "Aspectos deposicionais e texturais dos sedimentos praias e eólicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul". Publicação Especial da Escola de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Vol. 13, pp. 1-102.
- Nicolodi, J.L., Siegle, E., Rechden FO. R. and Corrêa, I.C.S., 2002. "Análise sedimentológica do pós-praia no Rio Grande do Sul". In: Martins, L.R., Toldo Jr., E.E. and Dillenburg, S.R. Erosão Costeira: Causas, análise de risco e sua relação com a gênese de depósitos minerais. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Short, A. D. and Hesp, P., A., 1982. "Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia". Marine Geology, Vol.48, pp. 259-284.

- Toldo, E.E., Almeida, L.E.S.B., Nicolodi, J.L., Absalonsen, L. and Gruber, N.L.S., 2006. “O Controle da Deriva Litorânea no Desenvolvimento do Campo de Dunas e da Antepraia no Litoral Médio do Rio Grande do Sul”. Pesquisas em Geociência, Vol. 33, No.2, pp. 35 – 42
- Tomazelli, L. J. and Villwock, J. A., 1992. “Considerações sobre o ambiente praial e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil”. Pesquisas, Vol. 19, No. 1, pp. 3-12.
- Tomazelli, L., J. and Villwock, J., A., 2005. “Mapeamento geológico da planície costeira: O exemplo da costa do Rio Grande do Sul”. Gravel, Vol. 3, No.1, pp.109-115.
- Vianna, H.D. and Calliari, L.J., 2015 “Variabilidade do sistema praia-dunas frontais para o litoral norte do Rio Grande do Sul (Palmares do Sul a Torres, Brasil) com o auxílio do Light Detection and Ranging – Lidar”. Pesquisa em Geociências, Vol. 42. No. 2, pp. 141-158.
- Wentworth, K., C., 1922. “A scale of grade and class terms for clastic sediments”. The Journal of Geology, Vol. 30. No.5, pp. 377-392.

6. AVISO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis pelo material apresentado neste artigo.