

Geomorfologia e Potencial de Preservação dos Campos de Dunas Transgressivas de Cidreira e Itapeva, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil

LUIZ JOSÉ TOMAZELLI; SÉRGIO REBELLO DILLENBURG;
EDUARDO GUIMARÃES BARBOZA & MARIA LUIZA CORREA DA CAMARA ROSA

Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Bento Gonçalves, 9500, Caixa Postal 15001, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS - Brasil
e-mail: luiz.tomazelli@ufrgs.br

(Recebido em 08/07. Aceito para publicação em 10/08)

Abstract - The association of several favorable factors (high supply of fine sand to the beach, appropriate wind regime, lowland topography) has resulted in the development of a wide transgressive dunefield that stands out as a fundamental element in the coastal landscape of Rio Grande do Sul, southern Brazil. Along the northern littoral of the state, most of this original ecosystem has been destroyed or highly modified in the last decades, mainly due to the intense urbanization that has been settled in the area. However, some remaining segments of the original eolian field can still be found and, due to ecological, cultural and scenic importance its preservation should be a priority. This work identifies the two most significant of these residual eolian fields in the studied area (Cidreira and Itapeva dunefields), discusses their basic characteristics and analyzes the favorable factors for their preservation. In the Cidreira dunefield the main factor for preservation is the occurrence of some corridors that actively feed the dunes with new sand coming from the beach. In the Itapeva dunefield the basic factor is the existence of bimodal winds from nearly opposite directions that creates reversing dunes. To assure the preservation of these important ecosystems for the future generations it is necessary to impede the progress of the urbanization that threatens both dunefields.

Keywords - Transgressive dunefield, coastal dunes, dune preservation

INTRODUÇÃO

Dunas eólicas transgressivas são dunas costeiras não vegetadas que, alimentadas por areias praias, migram para o interior da costa, recobrando ou “transgredindo” terrenos mais antigos (Gardner, 1955; Hesp & Thom, 1990). Também conhecidas na literatura como dunas móveis, livres, ativas ou migratórias, possuem como característica principal a ausência de vegetação, o que permite a migração, promovida, basicamente, através dos processos deposicionais de avalanche, principalmente os fluxos de grãos que ocorrem em sua face de deslizamento (Bagnold, 1941).

O conceito de duna transgressiva não deve ser confundido com o de transgressão da linha de costa, uma vez que os fatores que controlam os processos de formação e migração das dunas são, a princípio, independentes dos que controlam o

deslocamento da linha de costa. O que caracteriza as dunas transgressivas é, principalmente, sua mobilidade no sentido do continente, que independe do sentido de deslocamento lateral da linha de costa.

Campos de dunas transgressivas são importantes feições deposicionais em costas com elevada disponibilidade de areia na praia e regime de ventos dominantes soprando no sentido do continente (Hesp & Thom, 1990). Vários setores da costa brasileira apresentam condições favoráveis ao desenvolvimento de campos de dunas transgressivas (Giannini *et al.*, 2005). Em especial a costa do Rio Grande do Sul apresenta a conjunção de vários fatores que favorecem a formação destes campos eólicos que se destacam como um dos elementos fundamentais de sua paisagem natural: possui topografia de terras baixas (planície costeira), regime de ventos apropriado (em velocidade e direção) e grande estoque de areia quartzosa fina, disponível em praia retilínea

exposta à ação das ondas (Martins, 1967; Tomazelli & Villwock, 1992). Como consequência, a região comporta um dos mais expressivos sistemas eólicos da costa brasileira que, na sua distribuição original, se estendia por praticamente toda a linha de costa (cerca de 630 km), e alcançava, em certos trechos, largura superior a 5 km.

Especificamente no Litoral Norte do Rio Grande do Sul, área do presente estudo (Fig. 1), os registros históricos, representados principalmente por fotografias aéreas antigas, mostram que um campo de dunas transgressivo se estendia, praticamente de forma contínua, ao longo de toda a linha de costa. Por outro lado, fotografias aéreas e imagens de satélites revelam que a maior parte deste campo eólico foi extinto, ou está em processo acelerado de destruição, em grande parte devido ao avanço da urbanização que se instalou nesta região. O processo de urbanização tem sido responsável pela extinção dos campos eólicos de forma direta ou indireta. A extinção direta dá-se de forma imediata, quando as obras urbanas passam a ocupar o mesmo espaço físico antes ocupado pelas dunas. A extinção indireta é um processo mais lento que ocorre pelo cancelamento da fonte de alimentação. A fonte de suprimento de areias para os campos de dunas costeiras reside nas praias adjacentes. Ao se interpor entre a praia e o campo de dunas, casas, ruas, muros e outras construções cancelam a alimentação levando à progressiva extinção do campo eólico (Fig. 2).

O presente estudo pretende mostrar que apesar da tendência de desaparecimento progressivo dos campos de dunas transgressivos do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, existem dois sistemas eólicos mais significativos que ainda podem ser preservados para o futuro, mantendo características muito próximas às do sistema natural original. Estes campos eólicos (campos de dunas de Cidreira e Itapeva) possuem significativa importância ecológica, cultural e paisagística. A preservação destes sistemas ambientais, remanescentes da paisagem original da região, deve ser defendida e incentivada.

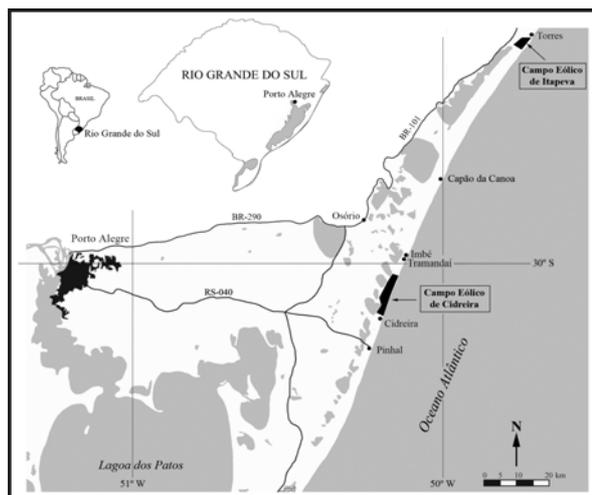


Figura 1 - Mapa de localização das áreas de estudo (campos eólicos de Cidreira e Itapeva) no Litoral Norte do Rio Grande do Sul.

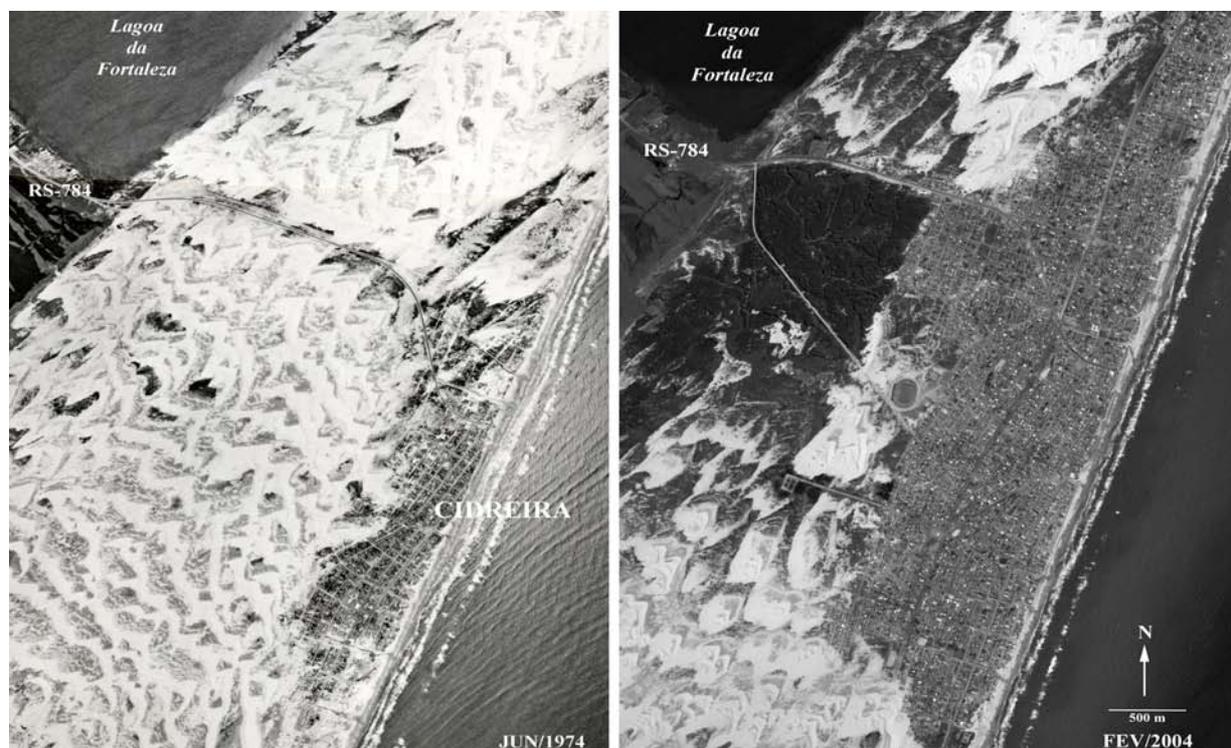


Figura 2 - Fotografias aéreas verticais das cidades de Cidreira e arredores, dos anos de 1974 e 2004. A comparação das duas fotografias evidencia a redução do campo eólico devido ao avanço da urbanização.

FATORES DE CONTROLE REGIONAIS NO DESENVOLVIMENTO DOS CAMPOS DE DUNAS TRANSGRESSIVOS DA COSTA DO RIO GRANDE DO SUL

Topografia de planície costeira

A existência de um terreno de baixo relevo que propicie espaço apropriado para o avanço das dunas transgressivas é um fator básico para o pleno desenvolvimento dos campos eólicos. Em vários outros setores da costa brasileira, a ocorrência, próximo à linha de costa, de barreiras naturais, representadas por escarpas de serras, falésias ou outras feições topográficas, inibe o pleno desenvolvimento de campos de dunas do tipo transgressivos, mesmo que outros fatores ambientais sejam favoráveis.

No caso da costa do Rio Grande do Sul, a evolução geológica da região levou à geração de uma planície costeira bastante larga (em alguns locais, superior a 100 km), topograficamente baixa, apropriada ao processo de transgressão das dunas. Este terreno foi gerado pela justaposição lateral de quatro sistemas do tipo laguna-barreira, desenvolvidos durante o Quaternário (Villwock *et al.*, 1986; Villwock & Tomazelli, 1995; Tomazelli & Villwock, 2000). A mais jovem destas barreiras arenosas formou-se no Holoceno e é marcada, ao longo de praticamente toda sua extensão, pela presença de dunas transgressivas ativas, dentre as quais se incluem as dunas enfocadas neste trabalho (Dillenburg *et al.*, 2000; Hesp *et al.*, 2007).

Disponibilidade de sedimentos arenosos

Campos de dunas expressivos necessitam ser supridos por uma fonte com grande estoque de areia. As dunas da barreira holocênica do Rio Grande do Sul possuem como fonte de suprimento as praias oceânicas adjacentes (Fig. 3). O processo evolutivo da planície costeira, através da formação de sistemas de barreiras arenosas, ajuda a explicar a grande quantidade de sedimentos arenosos disponibilizados ao transporte eólico nas praias da região. Os sedimentos praias, constituídos basicamente por areias quartzosas finas a muito finas (Martins, 1967; Tomazelli & Villwock, 1992), resultam do retrabalhamento das barreiras arenosas mais antigas, ao longo de múltiplos ciclos de sedimentação.

Não há evidências de que as praias da região de estudo estejam, no presente, recebendo areias provenientes diretamente do continente. Os rios mais importantes da região não atingem diretamente a linha de costa. Suas desembocaduras ocorrem em

sistemas lagunares interiores onde os sedimentos arenosos ficam armazenados. Assim, o elevado estoque de areia existente nas praias, e disponibilizado ao transporte eólico, é explicado pelo retrabalhamento das barreiras arenosas mais antigas, sob condições hidrodinâmicas marinhas controladas pela ação das ondas, em regime de micromarés.



Figura 3 - A praia arenosa é a fonte de alimentação das dunas eólicas costeiras. O vento, soprando sobre a superfície da praia, promove o transporte por saltação das areias que se depositam nas dunas adjacentes. (Local da foto: praia de Jardim do Éden, imediatamente ao norte de Cidreira).

O regime de ventos

O regime regional de ventos é um fator de fundamental importância para a formação e desenvolvimento dos campos de dunas do tipo transgressivos. Neste aspecto, dois elementos devem ser destacados: a velocidade e o sentido em que o vento sopra. Para a ocorrência e manutenção do transporte eólico, é necessário que o vento sopra com velocidade superior à velocidade crítica necessária para colocar os grãos de areia em movimento. As areias das praias da área de estudo são colocadas em transporte pelo vento quando este atinge uma velocidade em torno de 4,5 a 5 m/s, valor este observado um metro acima da superfície do terreno (Tomazelli, 1993). O sentido em que o vento sopra controla o rumo de migração das dunas transgressivas. Para que ocorra o avanço das dunas para o interior da costa é necessário que o vento dominante sopra no sentido do continente.

Os principais ventos que afetam a área de estudo resultam de dois sistemas de alta pressão que atuam na região: o Anticiclone do Atlântico Sul - mais ativo durante os meses de verão - e o Anticiclone Migratório Polar - mais influente durante os meses de inverno (Nimer, 1977; Hasenack & Ferraro, 1989). Os ventos provenientes das bordas destes anticiclones apresentam sentidos praticamente opo-

tos: ventos do quadrante NE contra ventos do quadrante SW, respectivamente.

Tomazelli (1993) realizou uma análise do regime de ventos regional com base nos dados coletados em duas estações meteorológicas situadas nas proximidades dos campos de dunas aqui estudados: a estação de Imbé, situada próximo ao campo de dunas de Cidreira, e a estação de Torres, posicionada próximo ao campo de dunas de Itapeva. A série de dados analisada pelo autor cobriu o intervalo de 13 anos (janeiro de 1970 a dezembro de 1982). Foram analisados os dados de velocidade (m/s) e sentido de proveniência dos ventos superficiais, distribuídos em oito setores azimutais.

Os gráficos da figura 4 são rosas-de-vento que representam os dados referentes à frequência total para cada sentido de proveniência. A análise dos gráficos revela que, nas duas estações meteorológicas, o vento mais frequente provém de NE. Embora exista uma boa consistência nos registros das duas estações, observam-se algumas diferenças significativas que podem ser atribuídas principalmente a efeitos topográficos locais. Por exemplo, os ventos de W são raros em Torres (4,3 %) enquanto em Imbé são bem mais comuns (17,3 %). Já os ventos de NW são mais comuns em Torres (5,3 %) do que em Imbé (1,4 %). Estas diferenças refletem a posição das estações com relação ao Planalto da Serra Geral e, conseqüentemente, a influência que sua imponente topografia exerce no padrão de circulação dos ventos.

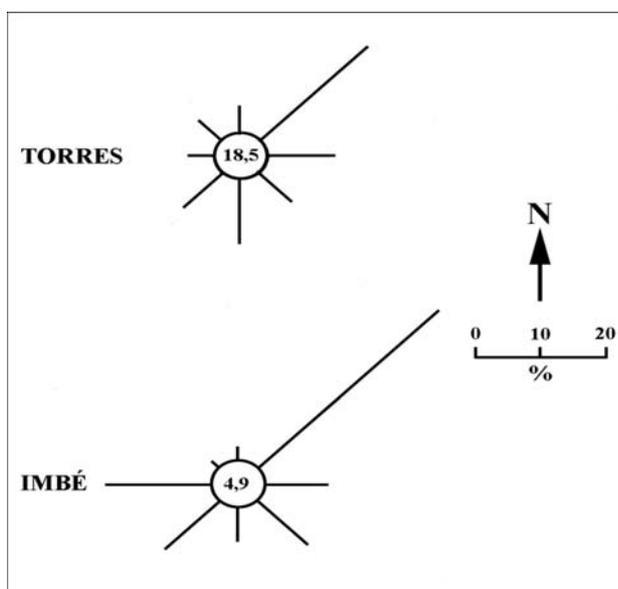


Figura 4 - Rosas-de-vento representativas das frequências percentuais dos rumos de proveniência dos ventos, nas estações meteorológicas de Torres e Imbé. Os números centrais representam percentuais de calmaria (sem registro de vento) (Modificado de Tomazelli, 1993).

Quando além dos dados de frequência são considerados também os valores de velocidade dos ventos, é possível a construção de um gráfico que expressa o potencial de transporte eólico de areia para a estação meteorológica considerada. Este potencial de transporte de areia pelo vento é conhecido na literatura como Drift Potential (DP). A figura 5 mostra os gráficos (rosas-de-areia) para as estações de Torres e Imbé, construídos segundo o método proposto por Fryberger (1979). Maiores detalhes sobre o método de construção e interpretação deste tipo de gráfico podem ser encontrados no trabalho publicado por este autor.

As rosas-de-areia da figura 5 mostram que o potencial de transporte de areia (DP) na estação de Imbé (DP = 1442 UV) é bem mais alto do que o encontrado para a estação de Torres (DP = 800 UV). Da mesma forma, o valor do Potencial de Deriva Resultante (RDP) da estação de Imbé (RDP = 510 UV) é mais do que o dobro do encontrado na estação de Torres (RDP = 221 UV).

A figura 6 mostra a variação do potencial de transporte de areia (DP) ao longo dos meses do ano, nas duas estações meteorológicas estudadas. As curvas possuem configurações semelhantes, porém revelam que o potencial de transporte de areia é sempre maior em Imbé do que em Torres.

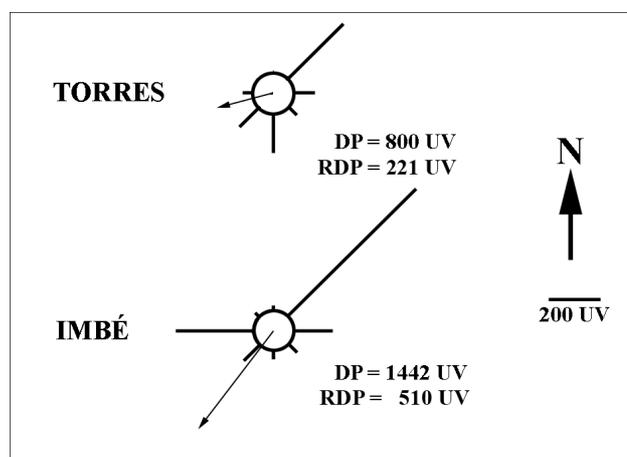


Figura 5 - Rosas-de-areia representativas do potencial de transporte eólico de areia nas estações meteorológicas de Torres e Imbé. DP = Deriva Potencial (Drift Potential) de areia para a estação meteorológica. RDP = Deriva Potencial Resultante (dada pela magnitude do vetor resultante). UV = Unidades Vetoriais. Os dados refletem diferença significativa no regime de ventos das duas estações meteorológicas (Modificado de Tomazelli, 1993).

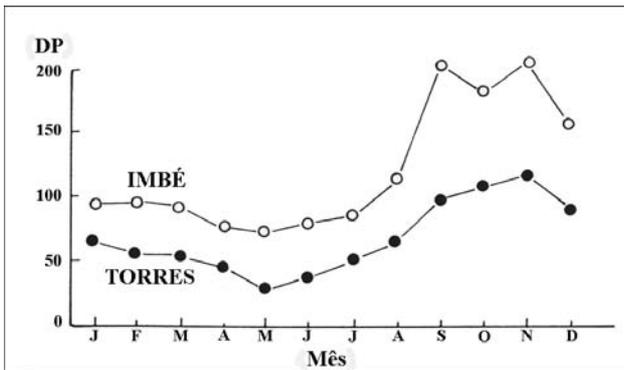


Figura 6 - Variações mensais nos potenciais de transporte de areia (DP) nas estações meteorológicas de Torres e Imbé. Notar valores mais elevados para os meses de primavera-verão e potencial de transporte maior em Imbé do que em Torres. Período de observação: 1970 a 1982 (Tomazelli, 1993).

O CAMPO DE DUNAS TRANSGRESSIVO DE CIDREIRA

Limitado, a leste, pela zona urbanizada de Cidreira e, em parte, pelo campo de dunas vegetadas e pela praia e, a oeste, por um conjunto de lagoas costeiras (Lagoa da Fortaleza, Lagoa do Manuel Nunes e Lagoa do Gentil), o campo de dunas transgressivo de Cidreira ocupa área de cerca de 30 km², maior parte dela situada dentro do município de Cidreira. Na parte norte, este campo eólico confronta-se diretamente com a zona urbanizada dos balneários do sul de Tramandaí (Fig. 7).

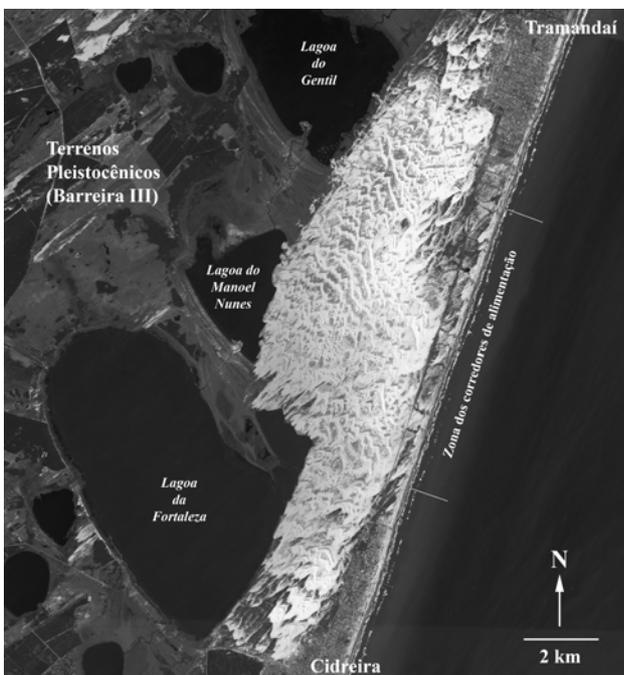


Figura 7 - Vista geral do campo eólico de Cidreira. Observe-se na margem leste a zona de ocorrência dos corredores de alimentação que ligam o campo de dunas livres com a praia oceânica adjacente (Imagem de satélite Quickbird, Fevereiro/2004).

Os tipos de dunas que constituem o campo transgressivo de Cidreira são principalmente as cadeias barcanóides e, secundariamente, barcanas isoladas e cadeias transversais (Fig. 8 e 9). Nas porções marginais do campo eólico, locais com menor quantidade de areia e presença mais abundante de vegetação, predominam dunas parabólicas e lençóis de areia. As regiões de interdunas apresentam, geralmente, vegetação esparsa e, principalmente nos meses de inverno, devido à proximidade do lençol freático, abrigam corpos temporários de água.

Algumas cadeias barcanóides estendem-se lateralmente, de forma contínua, por distâncias de até 2 km. A altura média das dunas situa-se em torno de 8 a 10 m, embora algumas dunas possam alcançar alturas de até 20 a 25 m (Fig. 9). Na maior parte do tempo as dunas exibem face de deslizamento bem definida, íngreme (em torno de 30°), voltada para SW, sentido de migração impulsionada pelo vento dominante proveniente de NE. Em geral estas faces de deslizamento ficam marcadas pela presença de depósitos de fluxo de grãos (Fig. 10).

A zona de dunas vegetadas que separa, em grande parte, o campo de dunas transgressivo de Cidreira da praia adjacente é marcada pela presença localizada de faixas arenosas, alongadas segundo o sentido do vento dominante (NE-SW). Estas feições, denominadas por Tomazelli (1994) de corredores de alimentação, caracterizam-se por apresentarem uma cobertura vegetal esparsa, o que permite o transporte de areia pelo vento desde a fonte (a praia) até o campo de dunas livres (Fig. 7 e 8). Na maioria das vezes estes corredores de alimentação são faixas que se estendem a partir de rupturas de deflação (blowouts) que, junto à praia, interrompem a continuidade das dunas frontais.



Figura 8 - Fotografia aérea vertical de baixa altitude mostrando o limite norte da zona urbanizada de Cidreira, próximo ao início dos corredores de alimentação. O campo de dunas livres é dominado por cadeias barcanóides que recebem areias da praia adjacente através dos corredores de alimentação (Data da foto: Maio/2000).



Figura 9 - Campo de dunas de Cidreira, dominado por cadeias barcanóides. Algumas dunas, como a ilustrada na fotografia, alcançam alturas de até 20 a 25 m.

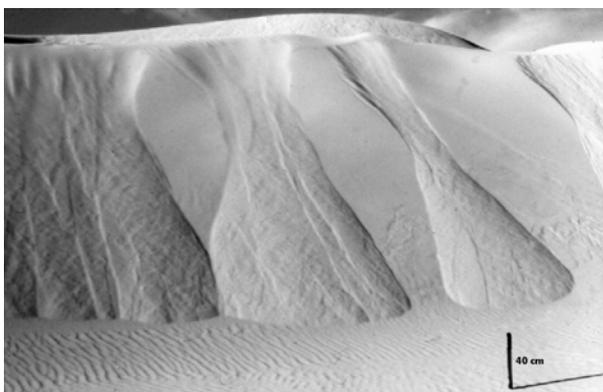


Figura 10 - Face de deslizamento de uma duna do campo eólico transgressivo de Cidreira, marcada pela presença de depósitos de fluxo de grãos, o processo deposicional básico responsável pela migração das dunas livres.

O CAMPO DE DUNAS TRANSGRESSIVO DE ITAPEVA

Localizado no município de Torres, o campo de dunas transgressivo de Itapeva faz parte do Parque Estadual de Itapeva, uma Unidade de Conservação criada por Decreto Estadual em 2002 (Fig. 11). O campo de dunas livres cobre atualmente cerca de 2,5 km² e é limitado, no lado leste, por uma zona de dunas vegetadas, fixas, que o separa da praia. Pelo lado oeste, o limite do campo de dunas é marcado pela presença de um cordão de precipitação (precipitation ridge) que avança sobre uma vegetação nativa de grande porte, representada principalmente por figueiras, pertencente ao Parque Estadual de Itapeva (Fig. 12). O limite norte do campo eólico é o mais problemático para sua preservação, pois se confronta diretamente com a zona urbanizada da cidade de Torres e encontra-se continuamente ameaçado pelo avanço desta urbanização.

Uma análise geomorfológica dos tipos

principais de dunas existentes no campo de dunas transgressivo de Itapeva revela o predomínio de dunas reversas. As dunas reversas são dunas com crista transversal aos ventos dominantes, caracterizadas pelo desenvolvimento de faces de deslizamento que mergulham em sentidos opostos, devido à ação alternada de ventos provenientes de rumos opostos (McKee, 1979). As dunas reversas do local de estudo atingem alturas de até 20 a 25 m e possuem cristas sinuosas e agudas, controladas pelas faces de deslizamento opostas (Fig. 13).



Figura 11 - Fotografia aérea vertical do campo eólico de Itapeva, formado principalmente por dunas reversas. Observe-se que a margem norte do campo de dunas se encontra ameaçada pelo avanço da zona urbanizada da cidade de Torres (Data da foto: Janeiro/1974).



Figura 12 - A borda oeste do campo de dunas transgressivo de Itapeva é marcada pela presença de um cordão de precipitação (precipitation ridge) que avança sobre vegetação nativa, formada principalmente por figueiras.

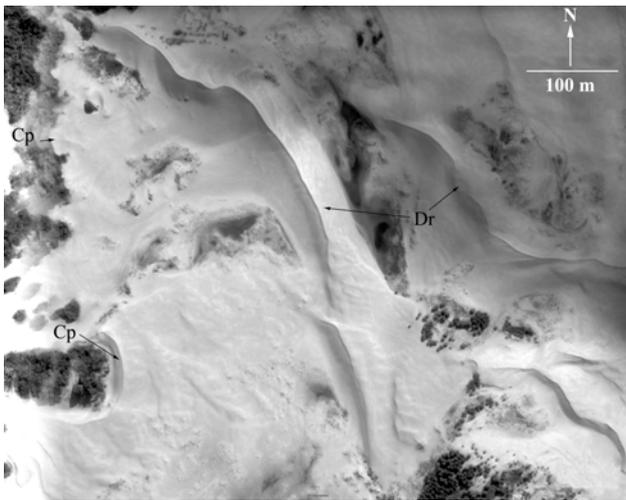


Figura 13 - Imagem de parte do campo de dunas transgressivo de Itapeva mostrando a presença dominante de dunas reversas (Dr) e a ocorrência, no limite oeste, de um cordão de precipitação (Cp).

DISCUSSÃO

Os dois campos de dunas transgressivos abordados neste estudo apresentam um elevado potencial de preservação atribuído a diferentes fatores condicionantes.

O campo de dunas transgressivo de Cidreira possui como característica mais significativa, favorável à sua preservação, a existência, na sua margem leste, de uma zona com diversos corredores de alimentação que conectam as dunas livres diretamente à praia, sua fonte de alimentação. Estas faixas arenosas, alongadas segundo o vento NE, possuem uma vegetação muito esparsa, permitindo ao vento transportar a areia por saltação e assegurar o suprimento de areia nova ao sistema de dunas.

O regime de ventos que controla o campo de dunas de Cidreira caracteriza-se por um alto valor de potencial de transporte de areia, atribuído, basicamente, à ação do vento NE (Figs. 5 e 6). Como consequência, as taxas de migração das dunas deste campo eólico são muito elevadas, da ordem de 20 a 30 m/ano, como foi constatado por monitoramento feito diretamente no terreno (Tomazelli, 1993). Caso, no futuro, a alimentação de areia nova seja cancelada, o campo de dunas livres de Cidreira sofrerá gradativa extinção, uma vez que o processo de migração rápida das dunas continuará.

A preservação do campo de dunas transgressivo de Cidreira é, portanto, altamente dependente da preservação dos corredores de alimentação. A interrupção da função destes corredores, devido, por exemplo, ao avanço da urbanização no local, ocasionaria um cancelamento na alimentação e levaria ao progressivo desaparecimento do campo de

dunas livres.

O campo de dunas transgressivo de Itapeva possui sua alimentação cancelada, devido à urbanização e à presença de uma faixa de dunas vegetadas que se interpõe entre o campo de dunas livres e a praia, sem a ocorrência de corredores de alimentação. Apesar deste condicionante, este campo eólico apresenta algumas características particulares que atuam no sentido favorável à sua manutenção ao longo do tempo.

O regime de ventos local é o principal fator favorável à manutenção do campo de dunas livres de Itapeva. Ao contrário do que ocorre em Cidreira, onde o cenário é dominado pelo vento de NE, em Itapeva, além do vento de NE, os de S-SW possuem também papel importante. Como consequência da ação alternada destes ventos praticamente opostos, o campo eólico de Itapeva é dominado por dunas reversas, que se caracterizam por apresentar uma baixa taxa de migração. Dunas reversas migram em taxas bem menores do que os demais tipos de dunas que possuem cristas transversais ao vento dominante (barcanas, cadeias barcanóides e dunas transversais) porque, em grande parte, os ventos opostos cancelam mutuamente seus efeitos no processo migratório.

As diferenças nas taxas de migração das dunas de Itapeva e Cidreira podem ser compreendidas quando se comparam os registros de ventos das estações meteorológicas de Torres e Imbé, resumidos nos gráficos das figuras 5 e 6. O potencial de transporte de areia pelo vento, calculado para a estação meteorológica de Torres, é bem inferior ao encontrado na estação meteorológica de Imbé, o que se reflete em uma menor taxa de migração para as dunas de Itapeva. Essa indicação dos registros das estações meteorológicas é corroborada pela análise de fotografias aéreas e imagens de satélites de diferentes datas de aquisição. A figura 14, por exemplo, revela que, no intervalo de tempo de 15 anos, entre 1974 e 1989, as dunas do campo eólico de Itapeva ocuparam praticamente as mesmas posições espaciais.

As características peculiares do regime de ventos em Itapeva podem ter sua explicação na influência de feições topográficas locais, como, por exemplo, a proximidade com a escarpa da Serra Geral e outras elevações do terreno situadas a oeste do campo de dunas. O efeito orográfico local causando mudanças no regime de ventos e no processo de migração das dunas é uma questão já reconhecida e discutida por outros autores. Por exemplo, Bigarella (1972, 1975 apud Giannini *et al.*, 2005) argumenta que obstáculos topográficos locais seriam responsáveis por mudanças no regime de ventos e no senti-

do de migração de alguns campos de dunas transgressivos da Ilha de Florianópolis, em Santa Catarina.

A análise comparativa das fotografias aéreas da figura 14 evidencia que a maior ameaça à preser-

vação do campo de dunas transgressivo de Itapeva reside no processo de expansão da zona urbana da cidade de Torres que tende a avançar pelo flanco norte do campo de dunas.

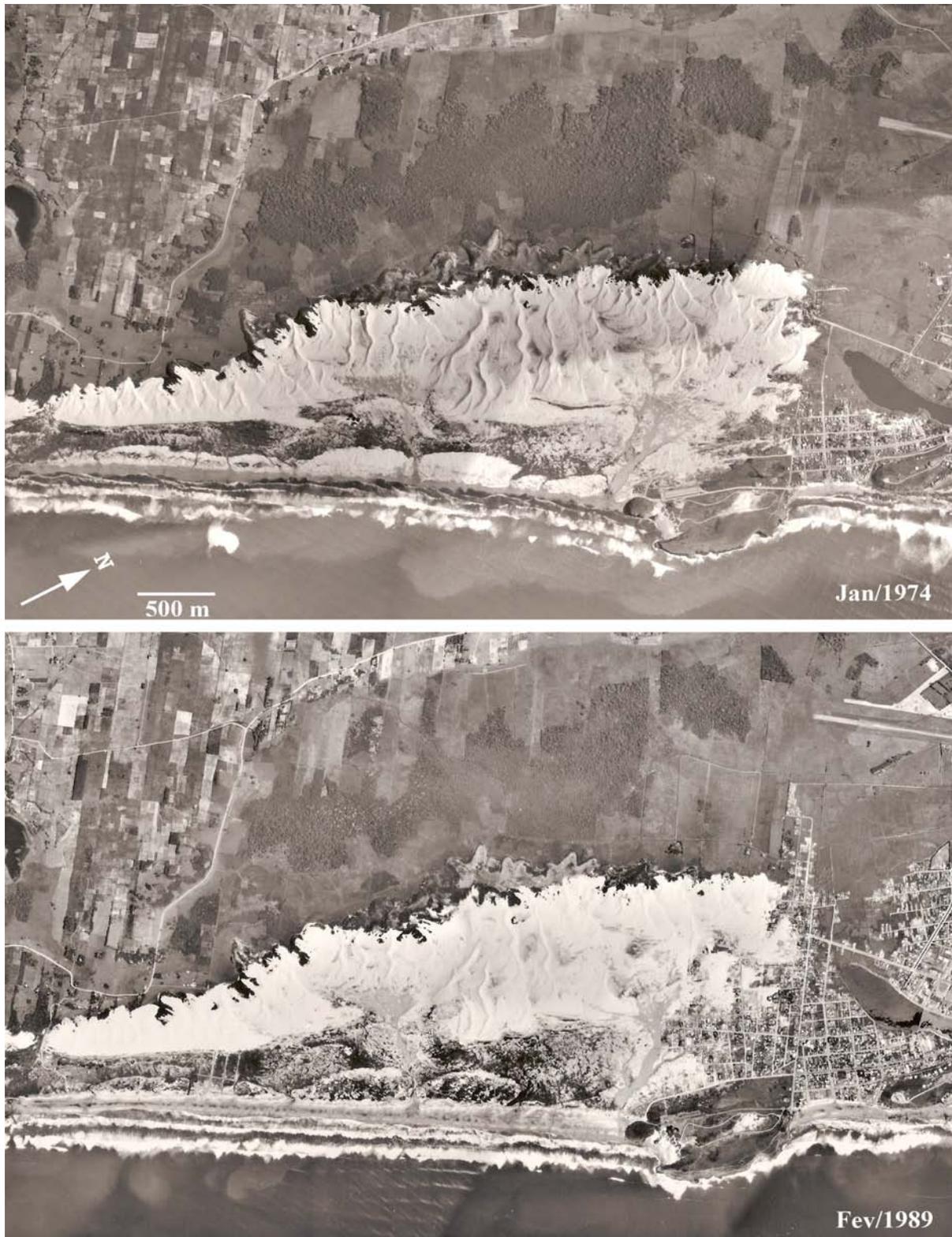


Figura 14 - Fotografias aéreas verticais do campo eólico de Itapeva, registradas em Janeiro/1974 e Fevereiro/1989. No intervalo de tempo de 15 anos entre as duas fotos, as dunas mantiveram-se praticamente nas mesmas posições espaciais, como consequência de uma taxa de migração muito baixa.

CONCLUSÕES

Os campos de dunas transgressivos de Cidreira e Itapeva são remanescentes do sistema eólico original que cobria grande parte da costa do Rio Grande do Sul. Em uma projeção para o futuro, estes campos eólicos possuem elevados potenciais de preservação, condicionados à manutenção dos seguintes fatores principais:

1. Preservação dos corredores de alimentação responsáveis pelo suprimento de areia nova ao campo de dunas transgressivo de Cidreira. A alta taxa de migração das dunas impulsionadas pelo vento NE conduziria ao progressivo desaparecimento do campo eólico caso estes corredores de alimentação perdessem sua função devido, por exemplo, à construção de obras urbanas (casas, muros, cercas) ou mesmo à fixação das areias por vegetação

2. Contenção do avanço da urbanização da cidade de Torres junto à margem norte do campo de dunas transgressivo de Itapeva. O regime de ventos opostos (NE e S-SW) atuando neste campo eólico é responsável pela baixa taxa de migração das dunas e, conseqüentemente, pela preservação do campo eólico ao longo do tempo, apesar de a fonte de alimentação ter sido cancelada. Assim, o avanço da urbanização, que passaria a ocupar o mesmo espaço das dunas, representa a maior ameaça à preservação deste campo eólico.

A manutenção dos fatores acima permitirá preservar para as futuras gerações uma parte representativa do ecossistema original desta região costeira, de inquestionável valor ecológico, cultural e paisagístico.

Agradecimentos - Os autores LJT e SRD agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro a este estudo, viabilizado sob a forma de Bolsas de Produtividade em Pesquisa. Agradecem também a dois revisores anônimos que, com suas correções e sugestões pertinentes, ajudaram muito a enriquecer o trabalho.

REFERÊNCIAS

- Bagnold, R.A. 1941. **The physics of blown sand and desert dunes**. London, Chapman and Hall, 265 p.
- Dillenburg, S.R.; Roy, P.S.; Cowell, P.J. & Tomazelli, L.J. 2000. Influence of antecedent topography on coastal evolution as tested by the shoreface translation barrier model (STM). **Journal of Coastal Research**, 16 (1):71-81.
- Fryberger, S.G. 1979. Dune forms and wind regime. In: McKee, E.D. (Ed.) **A study of global sand seas**. Washington, D.C., U.S. Geological Survey. p. 137-169. (Geological Survey Professional Paper, n. 1052).
- Hasenack, H. & Ferraro, L.W. 1989. Considerações sobre o clima na região de Tramandai. **Pesquisas**, 22: 53-70.
- Hesp, P.A.; Dillenburg, S.R.; Barboza, E.G.; Clerot, L.C.P.; Tomazelli, L.J. & Ayup-Zouain, R.N. 2007. Morphology of the Itapeva to Tramandai transgressive dunefield barrier system and mid- to late Holocene sea level change. **Earth Surface Processes and Landforms**, 32 (4):561-573.
- Hesp, P.A. & Thom, B.G. 1990. Geomorphology and evolution of active transgressive dunefields. In: Nordstrom, K.F.; Psuty, N.P. & Carter, B. (eds.) **Coastal Dunes: Form and Process**. London, John Wiley. p. 253-288.
- Gardner, D.E. 1955. Beach-sand heavy-mineral deposits of Eastern Australia. **Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics Bulletin**, 28: 1-103.
- Giannini, P.C.F.; Assine, M.L.; Barbosa, L.M.; Barreto, A.M.F.; Carvalho, A.M.; Claudino-Sales, V.; Maia, L.P.; Martinho, C.T.; Peulvast, J.P.; Sawakuchi, A.O. & Tomazelli, L.J. 2005. Dunas e paleodunas eólicas costeiras e interiores. In: Souza, C.R.G.; Suguio, K.; Oliveira, A.M.S.; Oliveira, P.E. (Eds.) **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto, Holos Editora. p. 235-257.
- McKee, E.D. 1979. Introduction to a Study of Global Sand Seas. In: McKee, E.D. (ed.) **A Study of Global Sand Seas**. Washington, D.C., U.S. Geological Survey. p. 1-19. (Geological Survey Professional Paper, n. 1052).
- Martins, L.R. 1967. Aspectos deposicionais e texturais dos sedimentos praias e eólicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. **Publicação Especial da Escola de Geologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 13: 1-102.
- Nimer, E. 1977. Clima. In: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil**. RJ, IBGE. p. 35-79.
- Tomazelli, L.J. & Villwock, J.A. 1992. Considerações sobre o ambiente praias e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, 19(1):3-12.
- Tomazelli, L.J. 1993. O regime de ventos e a taxa de migração das dunas eólicas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, 20(1):18-26.
- Tomazelli, L.J. 1994. Morfologia, organização e evolução do campo eólico costeiro do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, 21(1):64-71.
- Villwock, J.A.; Tomazelli, L.J.; Loss, E.L.; Dehnhardt, E.A.; Horn Fº, N.O.; Bachi, F.A. & Dehnhardt, B.A. 1986. Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province. In: Rabassa, J. (ed.). **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula**. Rotterdam, A.A. Balkema. p. 79-97.
- Villwock, J.A. & Tomazelli, L.J. 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 8: 1-45.

Editor responsável pelo artigo: **Lauro V. S. Nardi**