

ANÁLISE HISTÓRICA DA MIGRAÇÃO DAS DUNAS DO PERÓ, CABO FRIO (RJ)

HISTORICAL ANALYSIS OF MIGRATION OF THE PERÓ DUNES, CABO FRIO (RJ)

Antonio Soares da Silva

antoniossoares@gmail.com

Professor do Departamento de Geografia Física/IGEOG
Francisco Dourado

Resumo

Este artigo tem como objetivo apresentar o monitoramento do campo de dunas eólicas na praia do Peró, no município de Cabo Frio (RJ). Foram utilizadas fotografias aéreas e imagens de satélite que cobriram um intervalo de tempo de 36 anos (1965 a 2001). O monitoramento foi executado através de Geoprocessamento. Foi monitorada a evolução da frente de um campo de dunas ao longo de 39 anos. Foram avaliados fatores tais como cobertura vegetal, ocupação humana, velocidade e direção do vento e deslocamento dos sedimentos arenosos. Os resultados mostraram que o avanço da frente da duna não foi homogêneo ao longo do período monitorado. A área foi dividida em 5 setores. O deslocamento da frente da duna foi irregular ao longo do tempo e do espaço. Desde o primeiro intervalo de monitoramento foi detectado um deslocamento da duna e neste caso sem qualquer influência da ocupação humana. Nos últimos períodos de monitoramento os maiores avanços ocorreram em função da ocupação humana. Os setores 3 e 4 apresentaram as maiores velocidades na movimentação das dunas, chegando a afetar as edificações presentes na área, acarretando redução do valor dos imóveis. O deslocamento médio anual (1965 a 2001) destes setores é de $3,8 \text{ m.ano}^{-1}$ e $3,5 \text{ m.ano}^{-1}$, respectivamente. O trânsito de pessoas e veículos, para ter acesso a praia, assim como, a construção de condomínios foram apontadas como as principais causas do deslocamento da duna. O maior deslocamento das dunas deve ocorrer entre os meses de junho a agosto. Este período é marcado por um acentuado déficit hídrico e por uma maior intensidade dos ventos.

Palavras-chave: migração de duna; geoprocessamento; uso do solo; monitoramento

Abstract

This paper aims to present the monitoring of eolian dunes at Peró Beach, in Cabo Frio, Rio de Janeiro State, Brazil. The research, executed with geoprocessing tools, was based on aerial photographs and satellite images taken between 1965 and 2001 (a period of 36 years). Dune front evolution was evaluated considering factors such as vegetation cover, human occupation, wind velocity and direction, and sand movement. The results

show that the dune front advance was not homogeneous during the period of monitoring. The observed area was divided into 5 sectors. Dune front movement was irregular both in time and space. Dune movement with no influence of human occupation whatsoever was detected since the first monitoring interval. In the last monitoring phases the major advances occurred due to human occupation. Sectors 3 and 4 showed higher numbers regarding the speed of the dunes movement, which affected the buildings in the area and led to a decrease in the values of properties. The annual movement averages of these sectors are 3.8 m.year⁻¹ and 3.5 m.year⁻¹, respectively. People and vehicles traffic to reach the beach, alongside with the building of condominiums were indicated as the main causes of dune movement, which should reach its peak between June and August, since this period (winter in Brazil) is characterized by a sharp water deficit and strong winds.

Key-words: dune migration; geoprocessing; soil use; monitoring

Introdução

As dunas presentes no litoral brasileiro frequentemente avançam sobre áreas ocupadas, causando diversos transtornos. Os problemas podem estar relacionados com interrupção de estradas ou mesmo soterramento de residências. Determinar a velocidade de migração de dunas pode auxiliar no processo de ocupação do território, pois o monitoramento indica quais as principais direções de deslocamento das dunas (SAUERMAN *et al.*, 2003; PARTELI *et al.*, 2006; DURAN *et al.*, 2008). A Região dos Lagos no estado do Rio de Janeiro apresenta alguns campos de dunas móveis, onde atualmente são desenvolvidas algumas pesquisas sobre a origem e deslocamento destes sedimentos eólicos (DIAS, 2005; CASTRO & RAMOS, 2006; DIAS *et al.*, 2007).

A Região dos Lagos durante muito tempo foi caracterizada pela extração de sal. Atualmente as salineiras passam por um período de decadência, em função da concorrência com o sal extraído no Rio Grande do Norte. Desta maneira, grandes áreas hoje abandonadas são alvos da expansão urbana. A região também possui bom potencial eólico, cujos ventos, segundo Amarante (2002) são os responsáveis pela movimentação das dunas.

Dentre as causas relacionadas por Oliveira *et al.* (2004) como condicionantes do processo de vulnerabilidade dunar estão associados fatores de caráter antrópico e os relacionados à dinâmica costeira atuante no local. São exemplos destes condicionantes: o estado de danificação da vegetação, a velocidade e direção dos ventos, a variação sazonal das chuvas, o trânsito de pessoas e veículos, edificações sobre a linha de costa e na zona de acumulação praial, entre outros.

A região das Dunas do Perú é constituída por um cordão arenoso, com largura máxima de 1.300metros e um arco de praia com 4.800metros (AMBIENTAL, s/data). A área apresenta uma faixa de aproximadamente 600metros entre a “crista” de praia e a área de dunas com vegetação rasteira. Após essa faixa encontra-se um setor que apresenta areia exposta com notória movimentação eólica.

Dias (2005) trabalhando no campo de dunas da Dama Branca em Cabo Frio confirmou que ações antrópicas vêm contribuindo para a aceleração da migração. Os dados integrados serviram para elaborar um mapa de risco de soterramento para a cidade de Cabo Frio.

Desta forma fica explicitado que as intervenções em campos de dunas podem contribuir para acelerar o seu deslocamento. Especificamente para o campo de dunas do Perú, não existiamaté 2004, estudos que evidenciassem a correlação entre as intervenções na área e o deslocando das dunas. Durante trabalho de campo realizado em 2004 foi constatado que os sedimentos arenosos estão soterrando ruas e residências em loteamento localizado no caminho das dunas (Figura 1). Além disso, foi relatado por moradores que é comum o trânsito de veículos, motocicletas e pessoas sobre o campo de dunas.



Figura 1: Soterramento de parte da rua e de residências do loteamento localizado na estrada do Guriri (Cabo Frio – RJ).

Assim, o objetivo deste trabalho é determinar a taxa de migração das dunas do Perú entre os anos de 1965 e 2001, através da análise de fotografias aéreas e imagens de satélite, e para ano de 2004, através de trabalhos de campo, identificando também as causas para o deslocamento.

A área de estudo

A área de estudos deste trabalho corresponde ao campo de Dunas do Perú, que está localizado entre os municípios de Cabo Frio e Armação dos Búzios (Figura 2).

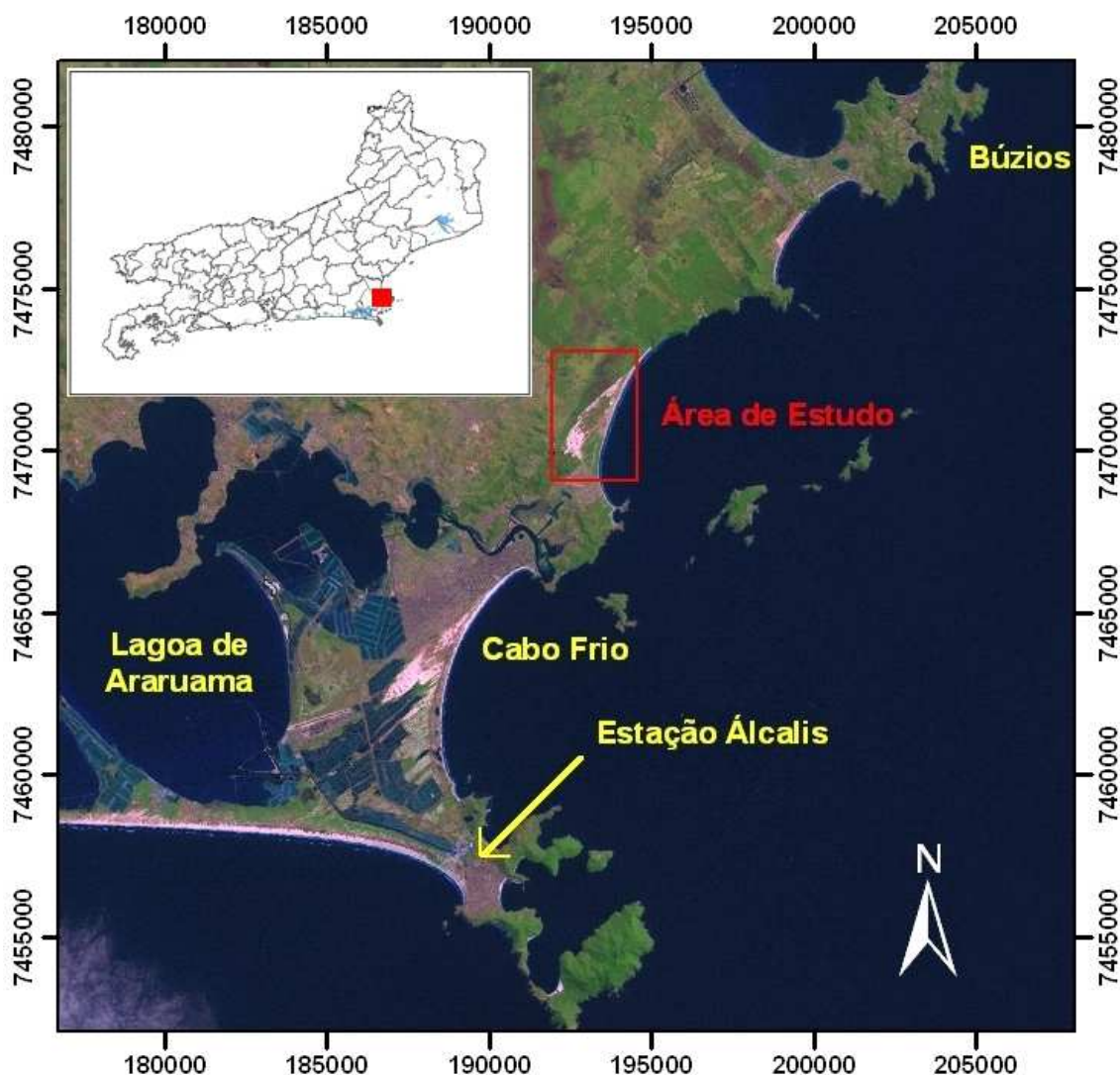


Figura 2: Mapa de localização da área de estudo a partir de imagem Landsat. Fonte:

Dourado e Silva (2005)

A Região dos Lagos é um dos trechos mais bonitos do litoral do estado do Rio de Janeiro, o que atrai uma população de veranistas muito grande. Estão presentes diversas feições costeiras, tais como costões rochosos, restingas, dunas móveis e praias. Durante os meses de verão e feriados o aporte de turistas é superior ao total da população residente nestes municípios.

Com relação a população residente, a cidade de Cabo Frio em 1940 possuía apenas 8.816 habitantes (Tabela 1). Setenta anos depois, segundo o censo demográfico de 2010 a população residente era de 186.222 pessoas. Pode ser observado que o maior interesse pela região ocorreu a partir de 1960, quando a população atingiu a marca de 16.646 habitantes. Entre 1960 e 1970 o aumento foi de 76% e a população de Cabo Frio passou de 16.646 em 1960 para 29.297 habitantes em 1970. Este crescimento continuou acelerado até a década de 80 quando a população atingiu 50.239. Em 1991, o crescimento populacional foi de 51,9%, sendo a redução na taxa de crescimento associada à emancipação do distrito de Arraial do Cabo, o que fez Cabo Frio perder parte de sua população. Nos censos de 2000 e 2010 já é verificada uma leve tendência de desaceleração no incremento na população. A taxa de crescimento foi de 66,3% e 46,8% e o município que atinge o total de 126.894 e 186.222 habitantes, respectivamente.

Tabela 1: População residente no município de Cabo Frio (IBGE, 2011).

Ano	População residente	Crescimento (%)
1940	8.816	0,0
1950	9.750	10,6
1960	16.646	70,7
1970	29.297	76,0
1980	50.239	71,5
1991	76.311	51,9
2000	126.894	66,3
2010	186.222	46,8

Os dados climáticos aqui apresentados estão baseados na estação Cabo Frio, localizada no município vizinho de Arraial do Cabo (Tabela 2). Os valores de precipitação são extremamente baixos quando comparados com outras áreas do litoral do estado do Rio de Janeiro, como por exemplo, a região da Costa Verde normalmente extremamente úmido.

A média anual de chuvas na estação Arraial do Cabo é de 770,9 mm.ano⁻¹, sendo classificado como semiárido. A taxa de evaporação nesta estação é de 928,4 mm.ano⁻¹, gerando conseqüentemente um déficit hídrico no solo (SIMERJ, 2008).

Tabela 2: Dados da precipitação (mm.ano⁻¹) para a Estação Cabo Frio (SIMERJ, 2008).

Mês	Cabo Frio
Jan	78,1
Fev	44,1
Mar	52,8
Abr	78,3
Mai	69,1
Jun	43,9
Jul	44,7
Ago	36,1
Set	61,0
Out	80,7
Nov	81,0
Dez	101,1
Total	770,9

A fraca precipitação neste trecho do litoral fluminense está associada em primeiro lugar à maior distância da Serra do Mar em relação ao litoral. Enquanto que na região de Mangaratiba, Angra dos Reis e Parati, a Serra do Mar está localizada junto ao oceano, na Região dos Lagos, a mesma está muito interiorizada, acerca de 60 km da costa, o que diminui os efeitos das chuvas orográficas. E em segundo lugar ao fenômeno da ressurgência na costa de Arraial do Cabo e Cabo Frio. A subida até a superfície da corrente fria diminui a evaporação da água diminuindo também a precipitação (CUNHA, 1995).

Não existe grande variação nas médias mensais de chuva. As maiores precipitações ocorrem entre outubro e janeiro, ocorrendo um pequeno incremento nos meses de abril e maio. As precipitações mais baixas ocorrem no trimestre de junho a agosto. De acordo com o comportamento mensal das chuvas e da evaporação observa-se que apenas nos meses de outubro, novembro e dezembro há excedente hídrico no solo. Em todo o restante do ano há déficit hídrico, que atinge o máximo em agosto, mas também com valores elevados nos meses de fevereiro, julho e setembro.

O Estado do Rio de Janeiro está localizado na zona de influência do centro de alta pressão Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul. A região apresenta acentuada ocorrência de ventos de direção Leste/Nordeste. O regime de ventos no Estado é sazonal; apresentam-se mais intensos de setembro a novembro e mais brandos de abril a junho. Segundo o Atlas Eólico do Estado, a 50 metros de altura, na região dos Lagos a velocidade média é por volta de $7,0 \text{ m.s}^{-1}$ (AMARANTE *et al.*, 2003).

De acordo com o relatório do plano de manejo da APA Pau Brasil, (utilizando as informações da estação meteorológica Cabo Frio), em média 65% dos ventos no período de 1970 a 1987 vem do quadrante N-NE-E, sendo que 40% do total dos ventos são provenientes da direção NE. A média anual dos ventos é de $5,6 \text{ m.s}^{-1}$, podendo chegar a atingir 10 m.s^{-1} . Nos meses de agosto a novembro a média mensal supera $6,0 \text{ m.s}^{-1}$, atingindo o máximo de $6,7 \text{ m.s}^{-1}$ em setembro.

Materiais e métodos

O monitoramento das dunas foi desenvolvido utilizando-se ferramentas de geoprocessamento e sistema de posicionamento global. Para a execução do trabalho foram utilizadas fotografias aéreas pancromáticas obtidas em seis épocas diferentes, que recobrem o período entre 1965 e 2000 e uma imagem Ikonos de 2001 com resolução espectral de 1 metro (Tabela 3). A imagem de satélite foi inserida no monitoramento, pois a mesma permitiu caracterizar melhor a grande movimentação nos setores 3 e 4. As fotografias foram escaneadas na resolução de seiscentos pontos por polegada (DPI). Para o último ano do monitoramento foi utilizada uma imagem de satélite IKONOS de setembro de 2001 com resolução espacial de um metro. No ano de 2004 foi realizado um acompanhamento da frente da duna com auxílio de GPS, da marca Garmin, modelo

GPS 76. Este ano de 2004 foi incluído pois permitiu avaliar o deslocamento na área de construção de um condomínio.

Tabela 3: Escala das fotografias aéreas e imagem de satélite utilizadas para determinação do deslocamento das dunas.

Solicitante	Data	Número	Escala
FEEMA	Jul de 2001	NI	-
AMPLA	Jan de 2000	NI	1:8.000
SPU	Nov de 1995	20/004	1:12.500
SERLA	Ago de 1988	FX03/165	1:30.000
DRM	Jul de 1976	363/50073	1:20.000
DRM	Jun de 1970	478/930	1:20.000
USAF	Jul de 1965	357/45820	1:60.000

A área do campo de dunas onde ocorre maior movimentação das areias foi dividida em cinco setores. Na Figura 3 são apresentados os setores que foram utilizados para acompanhar o deslocamento da duna entre os anos de 1965 e 2000.

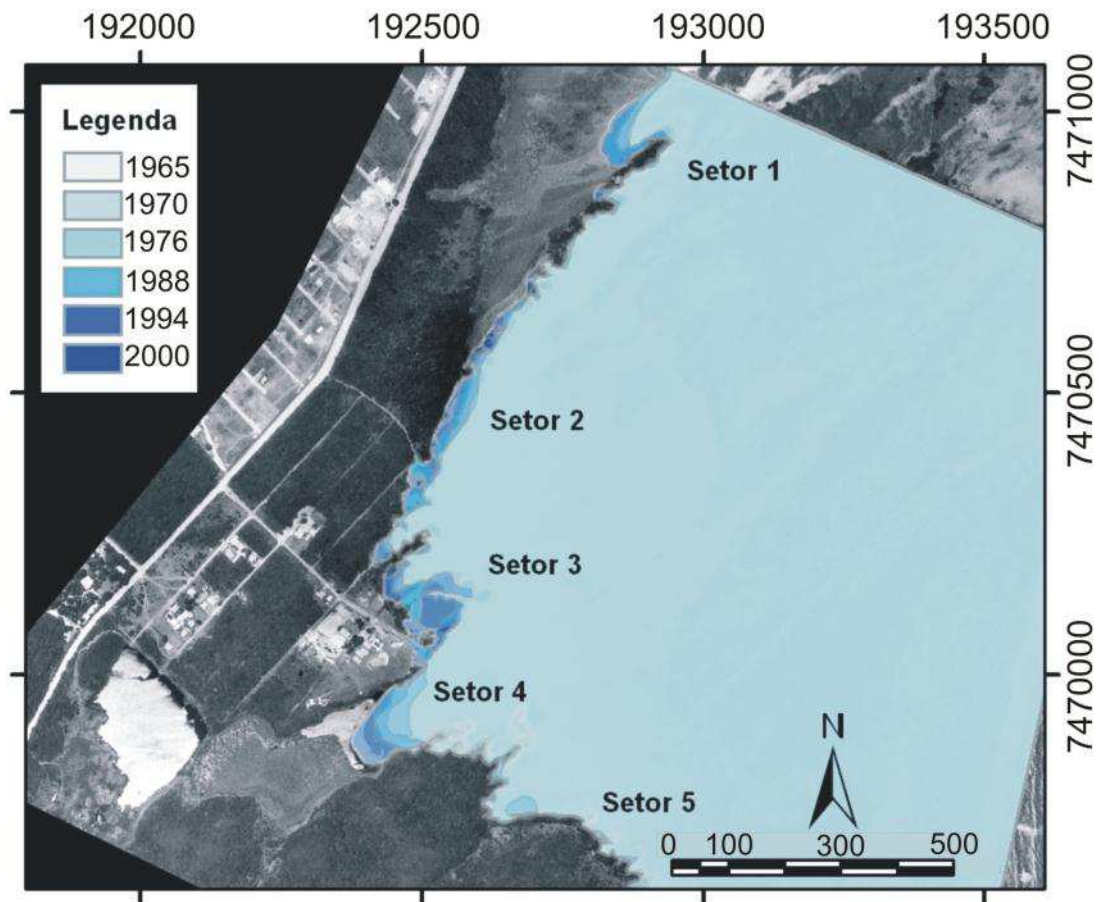


Figura 3: Setores da área de estudo mapeados nas fotografias aéreas até o ano de 2000. Fonte (AMPLA, 2000).

Para o georreferenciamento das fotografias aéreas, foram coletados nove pontos de posicionamentos em locais de fácil identificação nas fotografias (Figura 4). Em cada ponto foram coletadas cerca de 600 amostras de posicionamento, sendo utilizada a média retirada automaticamente pelo próprio aparelho GPS.

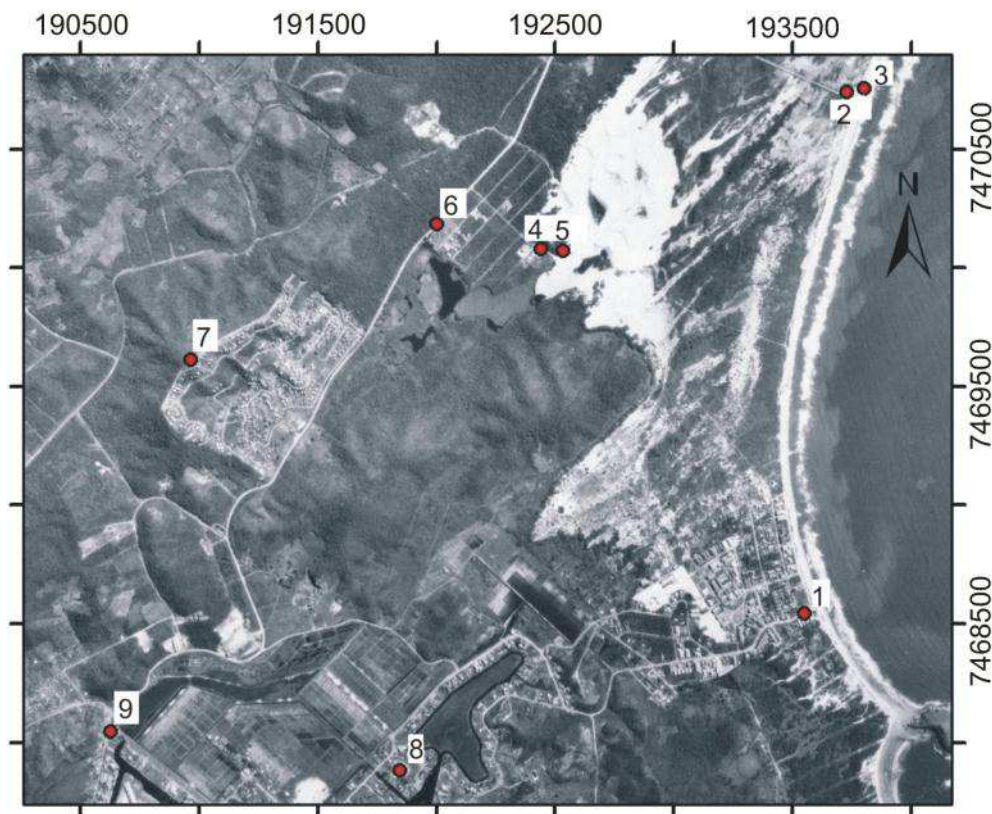


Figura 4: Localização dos pontos obtidos com GPS para determinação do georreferenciamento das fotografias aéreas. Fonte: AMPLA (2000).

Os pontos identificados nas fotografias aéreas foram utilizados para o georreferenciamento através do programa PCI. O algoritmo de interpolação utilizado foi um polinômio de primeira ordem sendo o erro total RMS menor que 0,5 metros.

Terminado o procedimento de georreferenciamento das fotografias aéreas foi então delimitada a área das dunas. Para cada fotografia nas respectivas datase imagem de satélite, foi construído em um arquivo “*shape file*”, um polígono que representasse a área de cobertura das dunas para os respectivos anos monitorados, conforme exemplificado na Figura 5, que apresenta o posicionamento da frente da duna em janeiro de 2000.

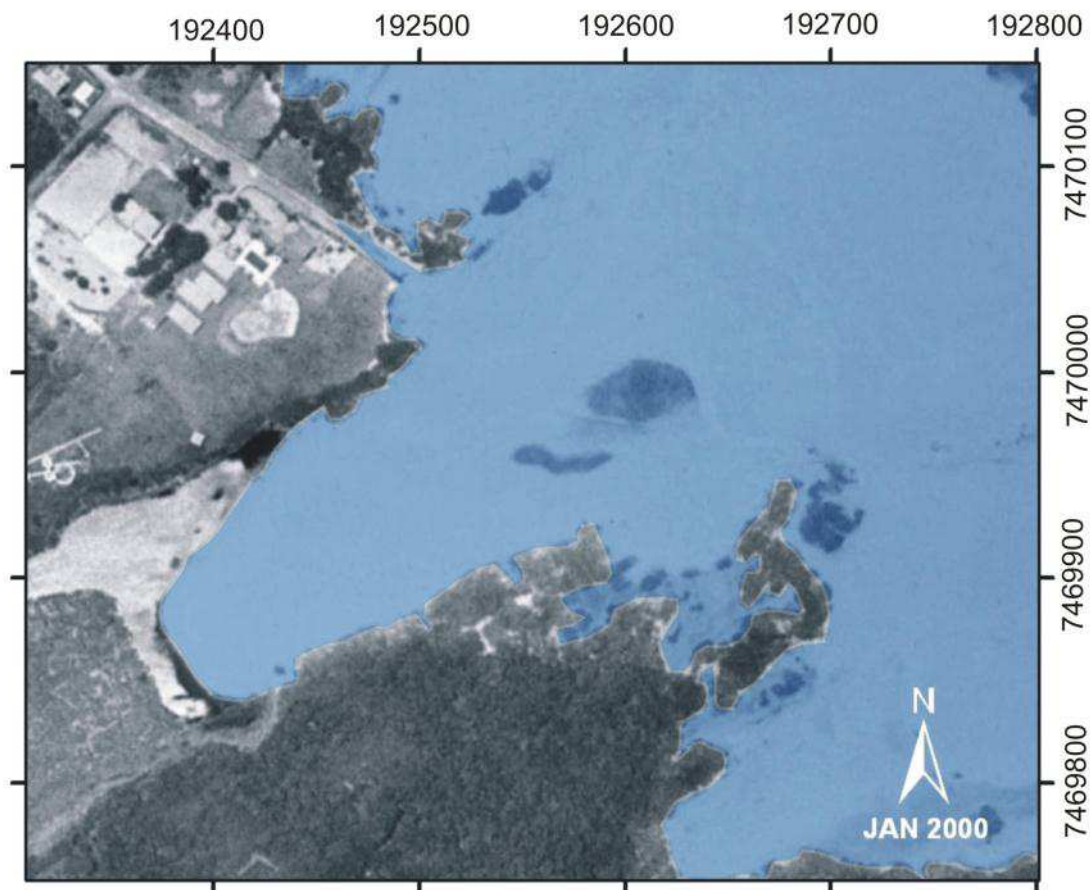


Figura 5:A cor azul sinaliza parte da área ocupada pela duna em janeiro de 2000.
 Fonte: AMPLA (2000)

Em cada um dos setores foi determinado através de medidas nas fotografias aéreas o deslocamento total entre os anos de 1965 e 2001 assim como o deslocamento entre um ano de monitoramento e o outro subsequente. Estes *shapes* foram superpostos permitindo obter em um único mapa o deslocamento da frente da duna.

Resultados e Discussão

A análise das informações levantadas permitiu estabelecer efetivamente uma relação positiva entre o avanço da ocupação humana e a aceleração no deslocamento das dunas. Os dados de crescimento da população de Cabo Frio coincidem com o deslocamento da duna em certas ocasiões. Os dados obtidos nos censos foram cotejados com as imagens obtidas em cada ano para a região.

Nas fotografias aéreas do ano de 1965, ano do início do monitoramento, a ocupação humana não é muito intensa e apenas algumas trilhas são observadas sobre o campo das Dunas do Perú. No entorno, porém são observadas as primeiras ocupações. Na parte sul da praia do Perú, há o início da ocupação urbana com a abertura das primeiras ruas. A área situada à esquerda do campo de dunas é inabitada.

Nas fotografias aéreas do ano de 1970, a ocupação da área ainda inexpressiva. Os limites dos quarteirões permanecem praticamente inalterados quando comparados com o ano de 1965. Os dados do censo revelam que a população da cidade praticamente dobra. Provavelmente, este aporte de população fica restrito ao centro de Cabo Frio, principalmente na praia do Forte.

As fotografias aéreas de 1976 já detectam o aumento da ocupação da praia do Perú. Novas unidades residenciais são construídas nas áreas demarcadas nos loteamentos visíveis nas fotografias aéreas do ano de 1970, porém o avanço de novos lotes nas terras adjacentes é incipiente.

O ano de 1988 pode ser caracterizado como um marco na ocupação da região. As áreas antes fracamente povoadas agora se apresentam com maior densidade de povoamento. Novas ruas são abertas na área inicialmente ocupada e ocorre a implantação de novos lotes ao redor do campo de duna, principalmente a esquerda da estrada do Guriri. Um grande trecho arenoso situado entre as dunas e a porção Sul da praia do Perú começa a ser ocupado. Praticamente toda a cobertura vegetal é retirada para dar lugar às construções. Nestas fotografias é identificada uma estrada que atravessa o campo de dunas, permitindo que os moradores dos novos condomínios tenham acesso à praia.

O censo demográfico de 1991 registra para o município de Cabo Frio uma população total de 76.311 habitantes. Não há como afirmar o percentual de pessoas residindo no trecho conhecido como Praia do Perú, mas sem dúvida há um claro avanço da urbanização nesta área. Pode-se associar o aumento da população com a implantação de novos condomínios. Estes constituem um fator atrativo, pois novos empregos são gerados, tanto no comércio local, como nas residências recém construídas.

Nas fotografias aéreas do ano de 1995 são identificados diversos caminhos e estradas cortando a área das dunas, bem como há a ampliação dos condomínios no entorno da APA Pau Brasil. Em 1996, Cabo Frio possuía mais de 101.000 habitantes.

Finalmente nos anos de 2000 e 2001 observa-se que a ocupação do entorno da APA do Pau-Brasil está praticamente consolidada. Os condomínios próximos a APA ampliam o número de residências. A população em Cabo Frio, no censo de 2000, é de 126.000 moradores e no censo de 2010 são contabilizados 186.222 habitantes.

O monitoramento feito com as sucessivas imagens permitiu observar um avanço irregular das dunas. Em alguns locais, como por exemplo, no setor 4, o deslocamento das dunas foi maior do que em outros trechos do campo de dunas.

Setor 1

No setor 1 houve um grande avanço frontal, principalmente entre os anos de 1970 e 1988 (Figura 6). O avanço neste setor parece não ter correlação com a presença humana no local, indicando que a mobilidade deste campo de dunas é um fator natural. Os trabalhos de campo realizados no local identificaram a presença de áreas planas e úmidas, o que pode ter facilitado o deslocamento da areia. Entre 1988 e 2000 há uma redução na velocidade de deslocamento da duna, porém não foi identificada nenhuma causa aparente para este comportamento, a não ser alguma obstrução pela vegetação de maior porte.

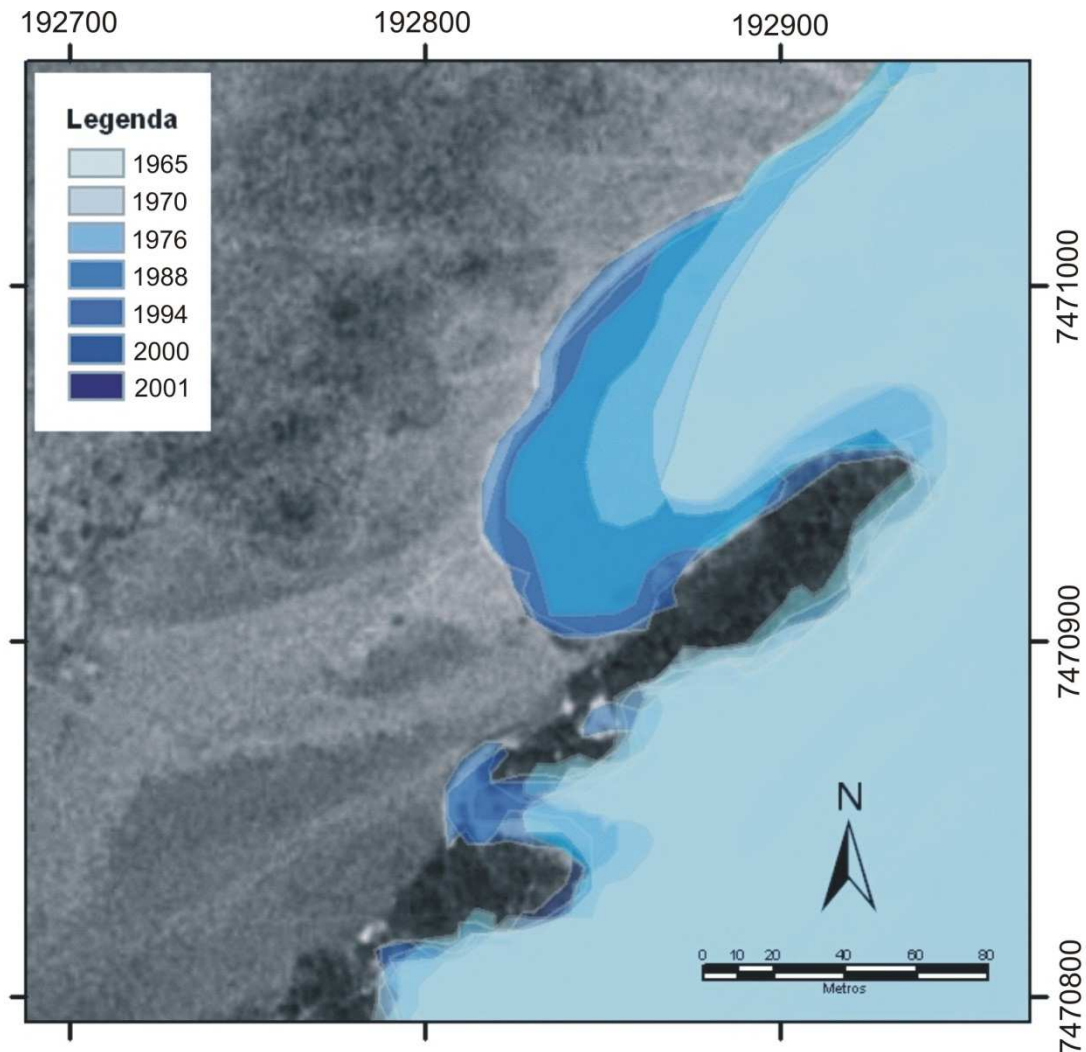


Figura 6: Setor 1 mostrando o avanço da frente da duna. Um trecho com vegetação de médio porte oferece maior resistência do deslocamento dos sedimentos. Foi observado em outros trechos que quando os sedimentos ultrapassam a altura da vegetação ocorre um rápido deslocamento da duna. Fonte: AMPLA (2000).

Entre 1970 e 1976, em apenas seis anos, ocorreu um deslocamento de 18 m (Tabelas 4 e 5). Entre 1976 e 1988, o deslocamento foi de 27 m. As fotografias aéreas de 1970 indicaram neste trecho a presença de vegetação de menor porte o que pode ter facilitado o deslocamento da frente de duna. Após 1995, a presença de obstáculos, provavelmente associado à vegetação pode ter provocado redução na velocidade de deslocamento da duna. Foi identificado ainda um avanço lateral dos sedimentos sobre a vegetação rasteira oferece pouca resistência ao deslocamento dos grãos de areia.

Tabela 4: Avanço da frente de duna (m) e a velocidade média (m.ano⁻¹) de deslocamento no intervalo entre duas fotografias aéreas. Para o setor 3 o monitoramento de 2001-2004 foi executado em trabalho de campo com auxílio de GPS.

Período (anos)	Setor 1		Setor 2		Setor 3		Setor 4	
	Avanço	Vel.	Avanço	Vel.	Avanço	Vel.	Avanço	Vel.
2001-2004 (3)	-	-	-	-	9,0	3,0	-	-
2000-2001 (1)	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	14,0	12,0	12,0
1995-2000 (5)	0,0	0,0	1,0	2,2	0,0	0,0	20,0	4,0
1988-1995 (7)	5,0	0,7	7,0	1,0	28,0	4,0	21,0	3,0
1976-1988 (12)	27,0	2,3	10,0	0,8	71,0	5,9	12,0	1,0
1970-1976 (6)	18,0	3,0	12,0	2,0	21,0	3,5	15,0	2,5
1965-1970 (5)	0,0	0,0	3,0	0,6	4,0	0,8	45,0	9,0

Avanço: m; Vel. = velocidade em m.ano⁻¹

Tabela 5: Avanço (m) da frente de duna e a velocidade média (m.ano⁻¹) de deslocamento desde 1965 até a data da fotografia aérea.

Período (anos)	Setor 1		Setor 2		Setor 3		Setor 4	
	Avanço	Vel.	Avanço	Vel.	Avanço	Vel.	Avanço	Vel.
1965-2004 (39)	-	-	-	-	147,0	3,8	-	-
1965-2001 (36)	50,0	1,4	43,0	1,2	138,0	3,8	125,0	3,5
1965-2000 (35)	50,0	1,4	43,0	1,2	138,0	3,9	113,0	3,2
1965-1995 (30)	50,0	1,7	32,0	1,1	124,0	4,1	93,0	3,1
1965-1988 (23)	45,0	2,0	25,0	1,1	96,0	4,2	72,0	3,1
1965-1976 (11)	18,0	1,6	15,0	1,4	25,0	2,3	60,0	5,5
1965-1970 (5)	0,0	0,0	3,0	0,6	4,0	0,8	45,0	9,0

Avanço: m; Vel.= velocidade em m.ano⁻¹

Setor 2

O deslocamento das dunas nesse trecho foi mais homogêneo com média anual de 1,2 m.ano⁻¹, porém observa-se um ligeiro avanço lateral, perpendicular à direção preferencial dos ventos (nordeste). Este trecho que margeia o campo de dunas apresenta vegetação de maior porte detectada em todas em todas as fotos aéreas. Esta vegetação é a responsável pela obstrução do avanço das dunas no sentido NE, promovendo assim, o deslocamento dos sedimentos para a borda. O período entre 1970 e 1976 apresentou o maior deslocamento, 12 m, seguido do período compreendido entre 1976 e 1988, com 10 m. Somente haveria uma movimentação maior caso ocorra a remoção da vegetação.

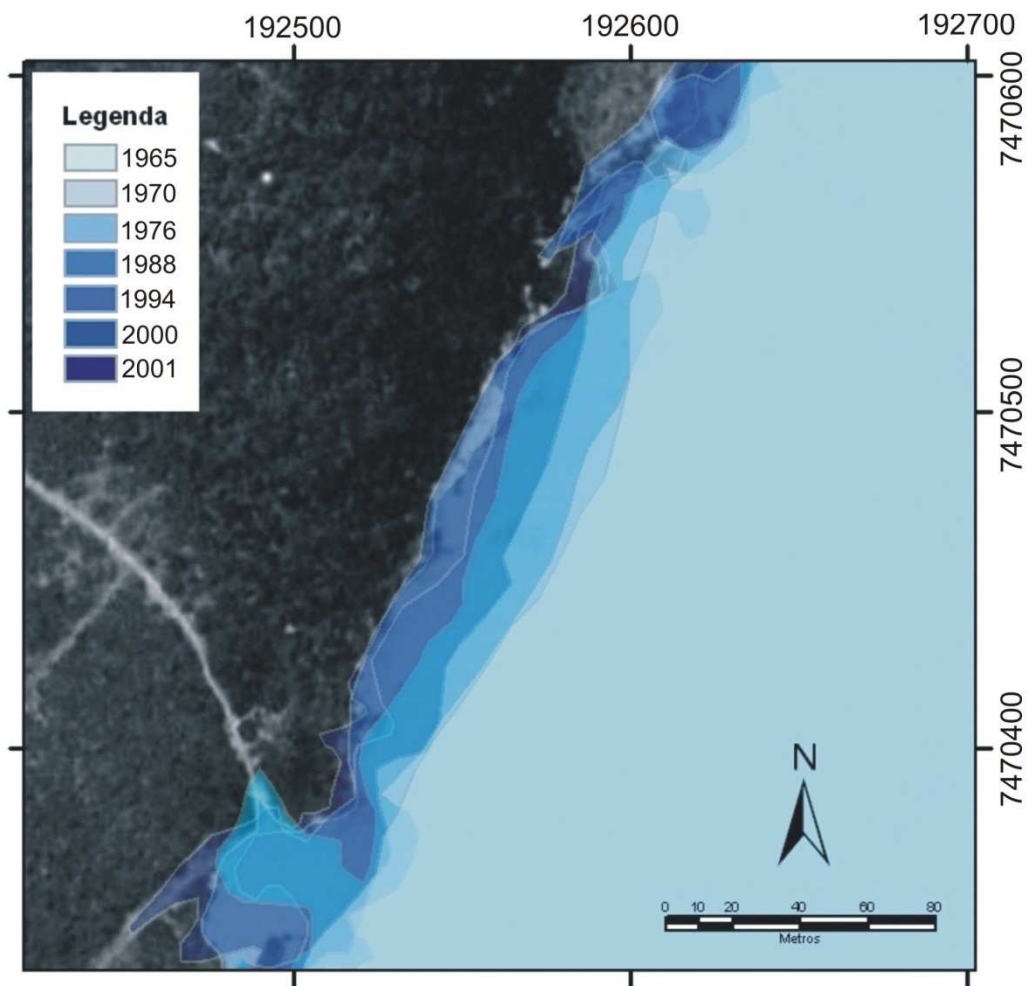


Figura 7: O setor 2 apresenta vegetação de maior porte reduzindo assim o deslocamento das dunas. A abertura de uma estrada possibilitou deslocamento dos sedimentos. Fonte: AMPLA (2000).

Setor 3

É neste setor onde o deslocamento da duna provoca os maiores danos materiais. Um condomínio já teve parte das ruas e das edificações soterradas pela areia (ver Figura 1). O monitoramento de campo com GPS mostrou uma forte aceleração da duna no último período (2001 a 2004). Na Figura 8 pode-se observar a variação no deslocamento das dunas entre os diversos intervalos de tempo avaliados.

Neste setor é possível estabelecer a correlação direta entre a intervenção humana e o avanço das dunas. A abertura das ruas de circulação interna do condomínio removeu a vegetação que era o maior obstáculo à movimentação das dunas. As ruas, na mesma direção dos ventos, foram convertidas em uma pista sem impedimentos à movimentação

dos sedimentos, que chegaram a recobrir as casas do loteamento. Pode-se neste caso, estabelecer uma correlação positiva entre a ocupação humana e mobilidade das dunas. As Tabelas 4 e 5 mostram os valores deste deslocamento. O maior avanço foi encontrado entre os anos de 2000 e 2001, em apenas 1 ano o deslocamento foi de 14 m, que ocorreu após suplantando o obstáculo oferecido por uma pequena área com vegetação.

Entre 2001 e 2004, a distância percorrida pela duna foi de 9 metros. Circulando agora entre as ruas do loteamento, apenas as casas oferecem resistência à movimentação dos sedimentos.

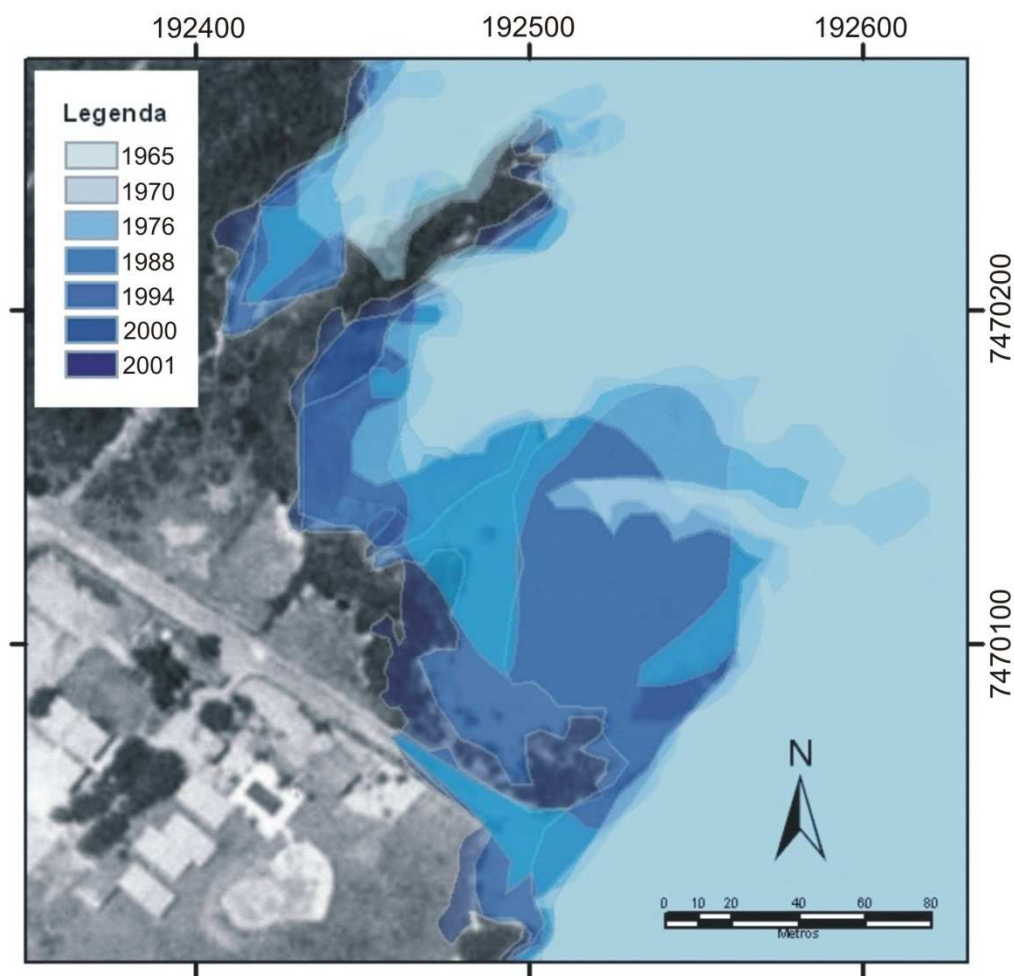


Figura 8: O setor 3 apresenta um grande deslocamento da areia após a construção de loteamento, demonstrando a influência da ocupação humana na mobilidade das dunas. Fonte: AMPLA (2000).

Setor 4

A velocidade média de avanço da frente de duna nesse setor foi de $3,5 \text{ m.ano}^{-1}$. Porém, a análise dos diferentes períodos de monitoramento mostra uma grande variação no deslocamento dos sedimentos. Entre 1965 e 1970, a duna percorreu 45 m em 5 anos (9 m.ano^{-1}). Entre os anos de 2000 e 2001, a duna percorreu 12 m em apenas 1 ano (Figura 9). De 1965 a 1970, o deslocamento foi associado a causas naturais, mas entre 2000 e 2001, com o início das obras para construção do loteamento, caminhos e ruas foram abertos, a vegetação foi removida o que possibilitou o rápido deslocamento das dunas. Além desse fato, o local passou a servir de acesso à praia e os moradores dos condomínios trafegam livremente ao longo do ano.

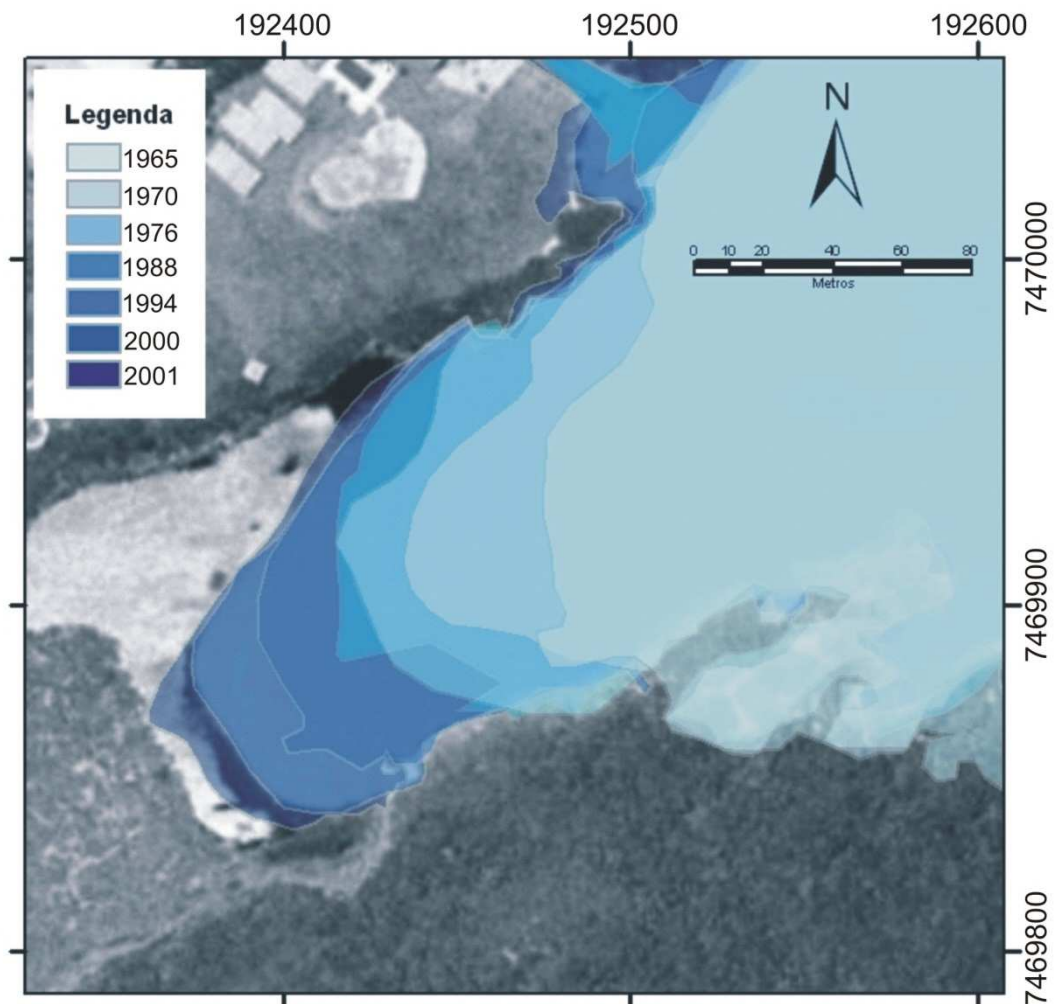


Figura 9: O setor 4 apresenta o maior deslocamento dos sedimentos. Parte de uma lagoa assoreada pela areia. Fonte: AMPLA (2000).

Outra razão para o maior deslocamento da duna neste local, está associado a ausência de obstáculos aos sedimentos. Na frente da duna há uma lagoa que não oferece resistência à movimentação dos sedimentos. Além disso, esta área está cercada por dois morros o que pode canalizar o vento neste trecho rebaixado e praticamente sem rugosidade (Tabelas 4 e 5).

Setor 5

Este setor está situado próximo a uma elevação. No local não foi observado avanço das dunas devido à barreira natural criada pela vegetação e pelo morro (Figura 10). É possível observar sucessivos recuos e avanços da frente da duna, porém pequenos, possivelmente ocasionado pelo avanço e recuo, respectivamente, da vegetação(Tabelas 4 e 5).

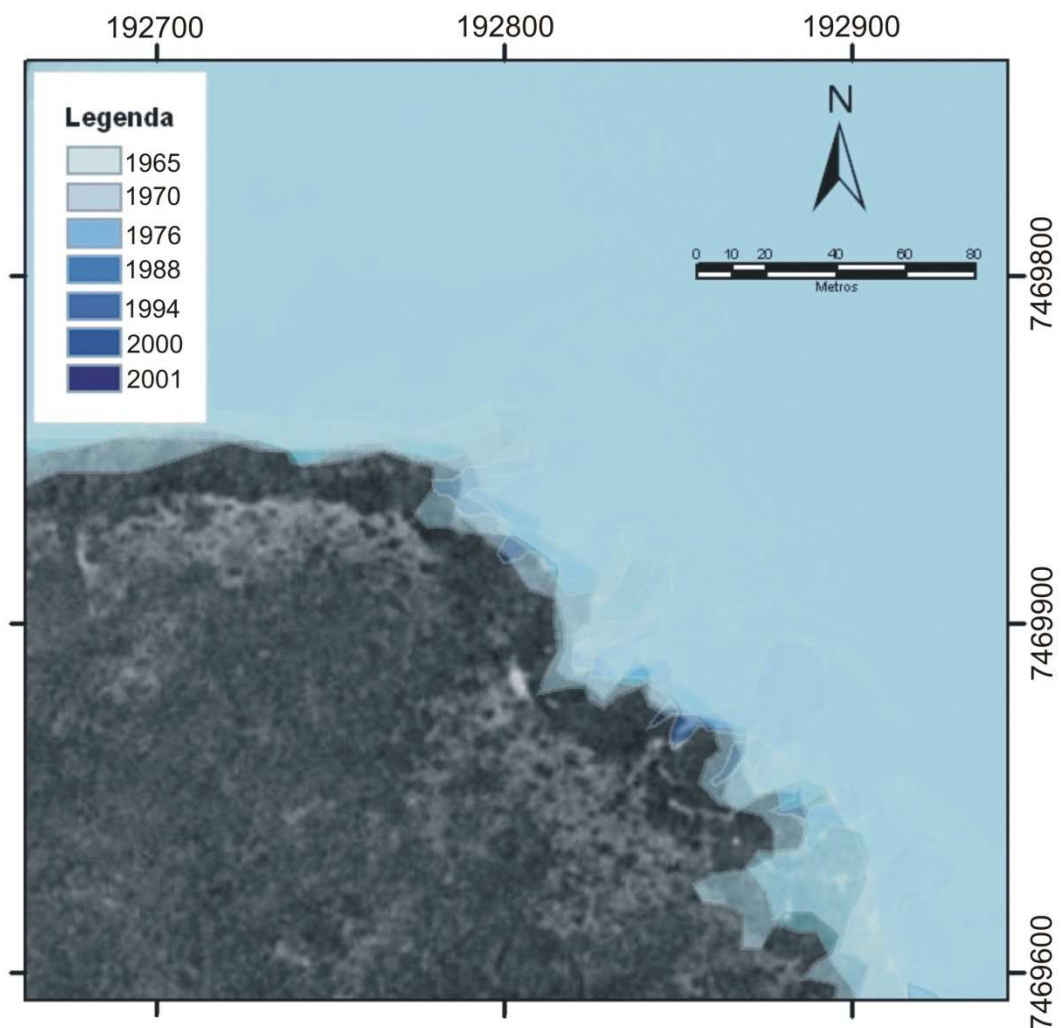


Figura 10: O setor 5 não apresenta avanço das dunas. Um morro e a vegetação de maior porte servem como barreira para o deslocamento dos sedimentos. Fonte: AMPLA (2000).

Conclusões

O processo de deslocamento das dunas é natural, porém, pode ser acelerado devido à ação antrópica. Até o ano de 1988 o campo de Dunas do Peró apresentou um deslocamento associado a processos naturais. Porém, a partir desta data, a movimentação dos sedimentos passa a sofrer também influência antrópica, principalmente nos setores 3 e 4, onde foi construído um condomínio no final dos anos 90.

A explicação para a movimentação natural das dunas está no fato da ocorrência de meses com elevado déficit hídrico (junho a agosto) associado a meses onde o vento apresenta maior velocidade.

Os setores 3 e 4 apresentaram as maiores velocidades na movimentação das dunas, associados a ação antrópica, notadamente a partir dos anos 80. A implantação e construção de residências no setor 3 foi a principal causa do avanço das dunas a partir de 2000, o que resultou no soterramento de algumas edificações e na perda do valor dos imóveis. As fotografias aéreas e a imagem de satélite mostram que o deslocamento dos sedimentos arenosos ocorre seguindo as ruas do loteamento.

Além dos condicionantes antrópicos, o setor 4 apresenta topografia mais propícia ao deslocamento das dunas. A área plana e o vento canalizado por elevações laterais estariam então permitindo o avanço natural das dunas. O trânsito frequente de pessoas na área contribui para aumentar a quantidade de sedimentos transportados pelo vento.

A redução da movimentação das dunas poderia ser obtida através do controle do trânsito de pessoas e veículos, que trafegam livremente pela área. Pode ser executada a revegetação das áreas que contribuem com sedimentos, ainda que se saiba que este processo é natural e sempre há o aporte de sedimentos através da praia.

Referências

- AMARANTE, Odilon Antônio Camargo; SILVA, Fabiano Jesus Lima da; e RIOS FILHO, Luiz Gonzaga. Atlas Eólico do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2002. 73 p.
- AMBIENTAL Engenharia e Consultoria. *Plano de manejo da APA do Pau-Brasil*, Rio de Janeiro. s/data. 51p.
- AMPLA. Mosaico de fotografias aéreas na escala 1:8.000. 2000.
- CASTRO, João Wagner Alencar RAMOS, Renato Rodrigues Cabral. Idade das dunas móveis transversais no segmento entre Macau e Jericoacoara – litoral setentrional do Nordeste brasileiro. *Arquivos do Museu Nacional*, v.64, n.4, p.361–367. 2006.
- CUNHA, Sandra Baptista. Impactos das obras de engenharia sobre o ambiente biofísico da Bacia do rio São João (Rio de Janeiro – Brasil). Edição do autor. Rio de Janeiro. 1995. 415p.
- DIAS, Fábio Ferreira. Migração de dunas e transporte de sedimentos sobre a infraestrutura urbana de Cabo Frio/RJ. 103f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.
- DIAS, Fábio Ferreira; PEREIRA, Rodrigo da Silveira; SEOANE, José Carlos Sícoli e CASTRO, João Wagner Alencar. Utilização de imagens satélites, fotografias aéreas, MDT's e MDE no estudo de processos costeiros – Cabo Frio/RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007. Florianópolis. Anais... Florianópolis, p. 2007-2014.
- DOURADO, F. A. S. e SILVA, A. S. Monitoramento do avanço da frente de dunas na região do Perú, Cabo Frio, Rio de Janeiro. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2957-2964.
- DURAN, O.; SILVA, M. V. N.; BEZERRA, L. J. C.; HERRMANN, H. J. & MAIA, L. P. Measurements and numerical simulations of the degree of activity and vegetation cover parabolic dunes in north-eastern Brazil. *Geomorphology*, v.102, n.3-4 p.460-471. 2008.
- IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_rio_de_janeiro.pdf. Acesso em: 15 fevereiro 2011.
- OLIVEIRA, A.C.A.; BARRETO, E.A.T.; e MELO & SOUZA, R. Análise da vulnerabilidade biofísica em ambientes dunares costeiros de Sergipe. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS,6., 2004.Goiânia. Anais... Goiânia AGB Nacional.Disponível em: http://www.cibergeo.org/agbnacional/vicbg-2004/eixo2/e2_093.htm. Acesso em: 09 novembro 2004.

PARTELI, E. J. R.; SCHWÄMMLE, V.; HERRMANN, H. J.; MONTEIRO, L. H. U.; e MAIA, L. P. Profile measurement and simulation of a transverse dune field in the Lençóis Maranhenses. *Geomorphology*, v.81, n.1-2, p.29-42. 2006.

SAUERMAN, G.; ANDRADE Jr., J. S.; MAIA, L. P.; COSTA, U. M. S.; ARAÚJO, A.D.; e HERRMANN, H. J. Wind velocity and sand transport on a barchan dune. *Geomorphology*,v.54, n.3-4, p.245–255. 2003.

SIMERJ. Sistema de Meteorologia do Estado do Rio de Janeiro (2008). Normais climatológicas (1961-1990). Disponível em: http://www.cbmerj.rj.gov.br/simerj/clima_normais/precip_litoranea.htm. Acesso em:04 junho 2008.

Artigo encaminhado para publicação em agosto de 2012.

Artigo aceito para publicação em novembro de 2012.