

# CLASSIFICAÇÃO DAS FEIÇÕES EÓLICAS DOS LENÇÓIS MARANHENSES - MARANHÃO - BRASIL

Prof. Dr. Ronaldo Antonio Gonçalves  
Departamento de Geologia /UFRJ

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Loreci Gislaíne de Oliveira Lehugeur  
Departamento de Geologia/UFC

Prof. Dr. João Wagner de Alencar Castro  
Museu Nacional/UFRJ

Dr. Ângelo Eurico Silva Pedroto  
Departamento de Geologia/UFRJ

## RESUMO

O trabalho apresenta uma proposta preliminar de classificação das feições eólicas do setor leste da planície costeira do Estado do Maranhão, onde está inserido o maior registro eólico costeiro do Quaternário da América do Sul, denominado de Lençóis Maranhenses. Por meio de dados de campo, aerofotointerpretação e análise de imagens de satélite, são individualizados cinco conjuntos de feições eólicas denominados de: dunas livres representadas pelas formas barcanas, transversais de crista reta (2D) e de crista sinuosa (3D), draa, dunas complexas e cordões longitudinais; dunas associadas à vegetação do tipo “nebkha” e de sombra; dunas fixas correspondendo às parabólicas, cadeias parabólicas e dunas transversais; lençóis de areia; esteiras de dunas e feições de erosão “blow out”. A cada conjunto de feições descritos são apresentados argumentos explicativos de suas gêneses, na tentativa de mostrar como determinadas morfologias possuem evolução particular em dependência do clima, vegetação e relevo da planície costeira em que estão desenvolvidas.

**Palavras chaves:** registro eólico, campo de dunas, classificação

## ABSTRACT

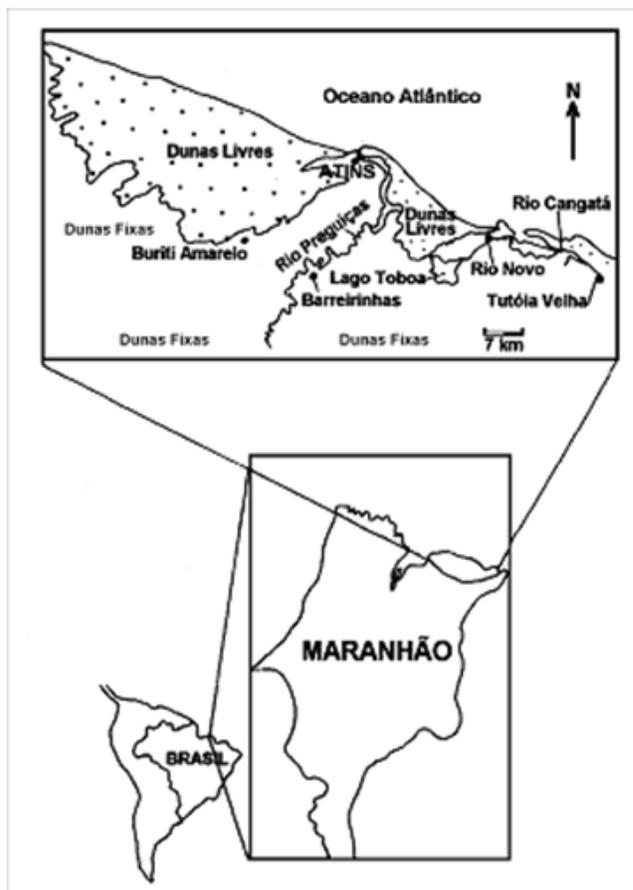
This research show a preliminary proposition of coastal aeolian forms of the east side of coastal plain of Maranhão state. These coastal aeolian deposits are the biggest of the South America known as Lençóis Maranhenses. Field dates analysis, aerophotograph and landsat images interpretations defined five groups of aeolian forms: free dunes; vegetated dunes; fixed dunes; dunes esteiras and blow out forms. Genetics considerations to each group are discussed, showing the importance of the climate, vegetation and coastal plain relief in these coastal aeolian deposits development.

**Key words:** aeolian register, dunefields, dunefield classification

---

## Introdução

A Planície Costeira do Estado do Maranhão possui o maior registro de sedimentação eólica do Quaternário da América do Sul, correspondendo a campos de dunas livres e fixas que juntos alcançam larguras de até 50 km, denominados de Lençóis Maranhenses (Fig.1). Este trabalho analisa essas diferentes feições eólicas, nas regiões de Barreirinhas e Rio Novo, através de fotografias aéreas, imagens de satélite e trabalhos de campo e, em áreas circunvizinhas, por aerofotointerpretação.



**Figura 1:** Localização da área de estudo, setor leste da Planície Costeira do Estado do Maranhão

Apresenta-se uma classificação dessas feições eólicas associando-se critérios morfológicos, genéticos e descritivos (quadro 1), baseada na classificação de GONÇALVES (1997). Essa classificação, de caráter flexível, pretende servir de instrumento para discussões e debates sobre a terminologia utilizada para as feições eólicas dos Lencóis Maranhenses, visto a inexpressiva bibliografia sobre esse tema.

1 - <u>Dunas Livres:</u> Dunas barcanas Dunas transversais de crista reta (2D) Dunas transversais de crista sinuosa (3D) Draa ( duna complexa) Dunas oblíquas Cordões longitudinais
2 - <u>Dunas Semi-Fixas (Associadas à Vegetação):</u> Dunas do tipo “nebkha” Dunas de sombra “shadow dunes”
3 - <u>Dunas Fixas:</u> Dunas parabólicas Cadeias de parabólicas Dunas transversais
4 - <u>Lençóis de areia</u>
5 - <u>Esteiras de dunas</u>
6 - <u>Feições de erosão “blow out”</u>

**Quadro 1:** Nomenclatura utilizada para feições eólicas da Planície Costeira do Maranhão (modificada de GONÇALVES, 1997)

## Caracterização das feições eólicas

### Dunas Livres

Os campos de dunas livres ocupam a maior da área do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses (figura 1). O estudo desse campo dunar definiu as seguintes feições, distintas em forma e gênese:

#### Dunas barcanas

As dunas barcanas formam-se sobre a superfície praial (pós-praia) e, gradativamente vão sendo deslocadas para o interior dos campos de dunas pela ação de ventos unidirecionais (NE), aumentando suas dimensões com o sucessivo acúmulo de areia proveniente da forma em lençol (figura 2). As duas ocorrências contrastam em dimensões e taxas de migração. As do pós-praia alcançam alturas de até 1,5 metro e taxas de migração de até 100 metros em um ano; as do interior dos campos de dunas alcançam até 15 metros de altura e taxas de migração de cerca de 15 metros/ano. Essa distribuição espacial constitui um padrão parcialmente distinto do mencionado por McKEE (1979), para dunas de vários locais do mundo e, também, por TOMAZELLI (1990), para as dunas da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, onde as barcanas aparecem, somente, nas porções interiores dos campos de dunas.



**Figura 2:** Duna barcana na superfície praial próximo ao rio Novo. Apresenta 15m de largura, 3m de comprimento e 0,6m de altura. Observam-se estruturas de fluxo de grãos próximos a escala.

As dunas barcanas orientam-se segundo a direção dos ventos de nordeste, com braços aproximadamente simétricos nas porções proximais (barcanas regulares) e assimétricos à medida que ocorre sua migração (barcanas irregulares).

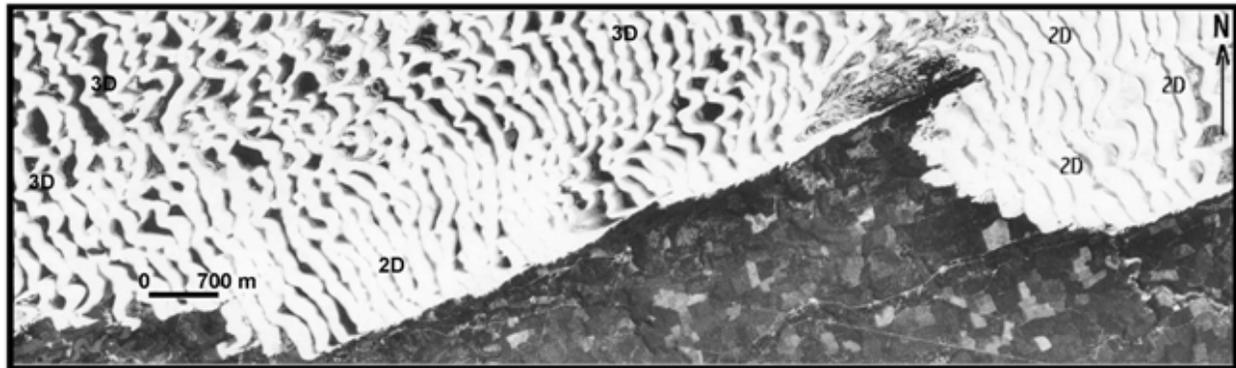
As dunas do pós-praia ao se afastarem da face praial tendem a se coalescer, formando cadeias de barcanas de pequeno porte.

Observações de campo mostram que o número de dunas barcanas é significativamente maior nos meses de julho a novembro, período de estiagem com maior incidência de ventos, obedecendo, portanto, ao controle climático.

#### Dunas transversais de crista reta (2D)

Localizadas, principalmente, nas laterais e limites interiores do maior campo de dunas do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, correspondem às dunas de maior altura de crista e menor taxa de deslocamento anual. O contato frontal e lateral com a vegetação e pequenas drenagens retarda seus

avanços e, conseqüentemente, tem-se a redução da distância interdunar e, também, certa retilinização das cristas. Assim, no caso em estudo, este processo passa a ser determinante na transformação de dunas transversais 3D em 2D. A altura dessas dunas reflete seu cavalgamento sobre o campo de dunas parabólicas fixas, onde alcançam cotas de 50 a 60m (figura 3).



**Figura 3:** Dunas 2D e 3D com centenas de metros de largura presentes na região de Buriti Amarelo vistas em fotografia aérea.

#### ***Dunas transversais de crista sinuosa (3D)***

Correspondem às feições dominantes, distribuindo-se desde o pós-praia até os limites interiores dos campos de dunas (figura 3). Apresentam orientação, preferencialmente, perpendicular ao principal sentido dos ventos (NE) e dimensões variadas, sendo da ordem de dezenas de metros nas áreas mais próximas à costa (zona proximal) e centenas de metros nas porções intermediárias e distais dos campos de dunas (limite interior dos campos de dunas).

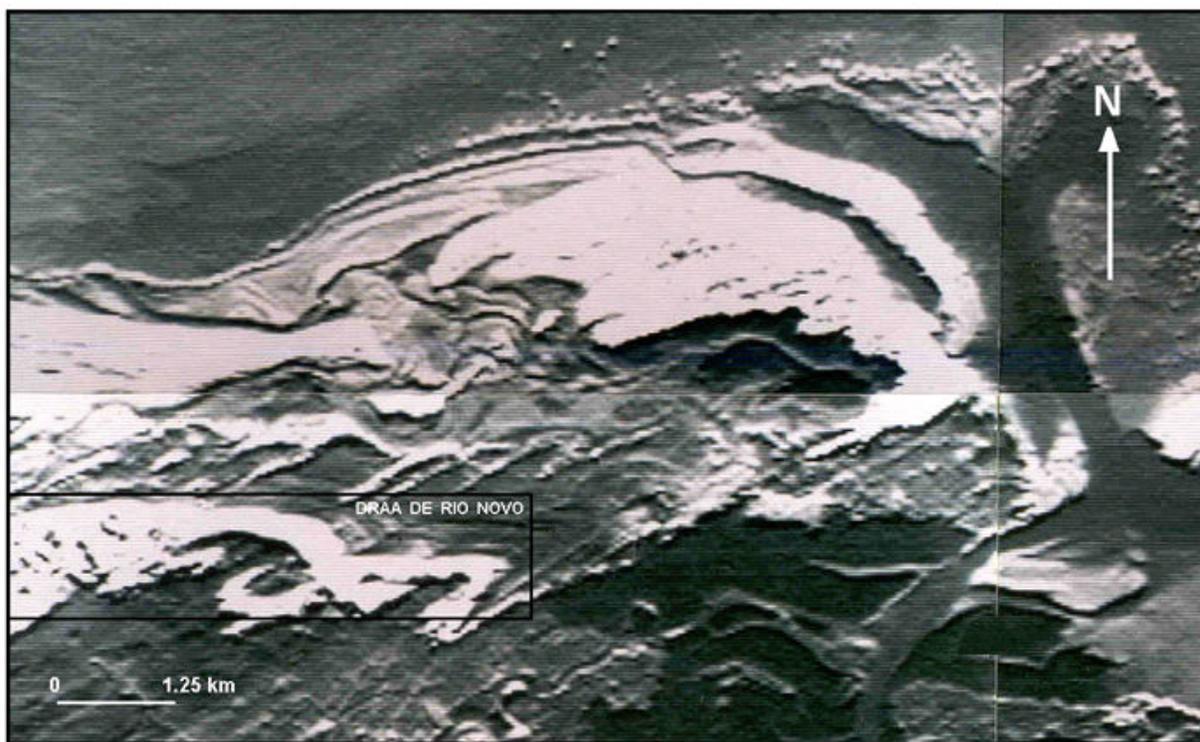
As dunas 3D formam-se pela ligação lateral de barcanas, à medida de suas migrações pela planície costeira adentro. O aumento da sinuosidade dessas dunas é proporcional ao espaçamento entre uma duna e outra, ou seja, dunas 3D com baixa sinuosidade estão posicionadas, preferencialmente, nas extremidades interiores dos campos de dunas. Nessas extremidades, ocorre uma gradação lateral para formas 2D. Essas características são observadas, principalmente, no campo de dunas mais extenso e com maior volume de areia disponível. Assim, a disponibilidade de areia pode constituir um critério fundamental para o desenvolvimento dessas formas na região.

#### ***Draa ou duna complexa de Rio Novo***

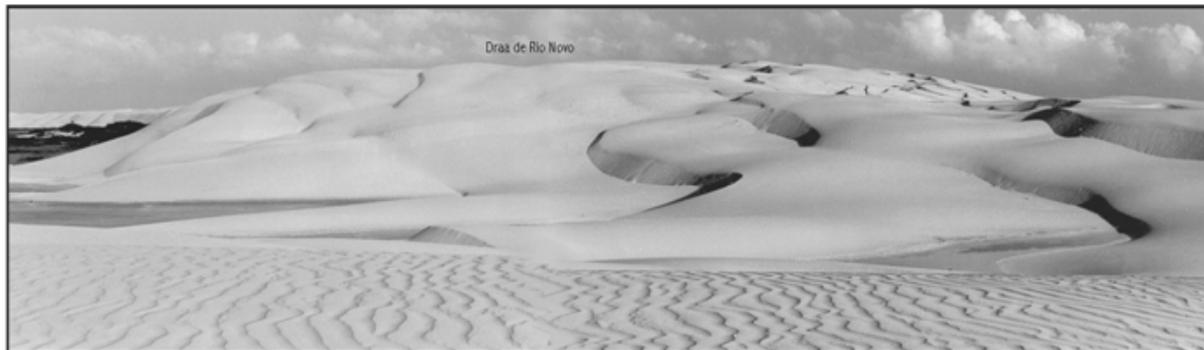
O termo “draa” foi adaptado de WILSON (1972) para denominar as dunas complexas formadas pelo cavalgamento e empilhamento de outras dunas. Essa feição eólica, de ocorrência relativamente restrita à proximidade da desembocadura do rio Cangatá, em Rio Novo (figura 4a, b), possui sua gênese ligada à dinâmica dos processos fluviais deposicionais e erosivos atuantes na região. Apresenta altura de 20 a 35 metros, largura da ordem de 2,5 km e taxa de migração média de 10 metros /ano.

#### ***Dunas oblíquas***

As dunas oblíquas correspondem às formas distribuídas obliquamente em relação ao sentido dos ventos NE dominantes. Possuem sua gênese controlada, principalmente, pela ação de processos erosivos, impostos pelos fluxos aquosos formados durante o período de chuvas. Esses fluxos migram para o oceano gerando transformações morfológicas nas dunas barcanas, transversais e em outras formas presentes ao longo de sua trajetória. Desse modo, as dunas oblíquas adquirem larguras maiores do que as originais antes de suas transformações, portanto, são de feições eólicas mutantes, que podem alcançar dimensões de até 2500 metros de comprimento (figuras 5a, b).



**Figura 4a:** Draa ou duna complexa vista em planta (imagem de satélite LANDSAT-TM 5).



**Figura 4b:** Detalhe do complexo cavalcamento na feição denominada de draa.

### ***Cordões longitudinais***

Os cordões longitudinais são feições desenvolvidas nas porções laterais de dunas barcanas e de transversais durante suas migrações. São, também, observados indícios de formação desses cordões junto às raras formas parabólicas. Nesse caso, dunas barcanas são transformadas em dunas parabólicas ao cruzarem áreas rebaixadas, com maior umidade que as adjacentes. Assim, os braços característicos das barcanas, transformam-se em braços de parabólicas assimétricas. À medida que a migração tem prosseguimento, um dos braços passa a migrar mais rapidamente do que o outro gerando a transformação de uma feição parabólica em cordão longitudinal (figura 6). Portanto, a gênese dessa forma longitudinal independe da presença de ventos bidirecionais. Sua ocorrência, relativamente restrita comparada a outras feições, está distribuída, principalmente, sobre as grandes superfícies de truncamento dos depósitos eólicos. Essas feições dunares apresentam dimensões bastante variadas, sendo registrados corpos com largura variando de 5 a 80 metros, alturas de 1 a 5 metros e comprimentos podendo alcançar até cerca de 2 km.

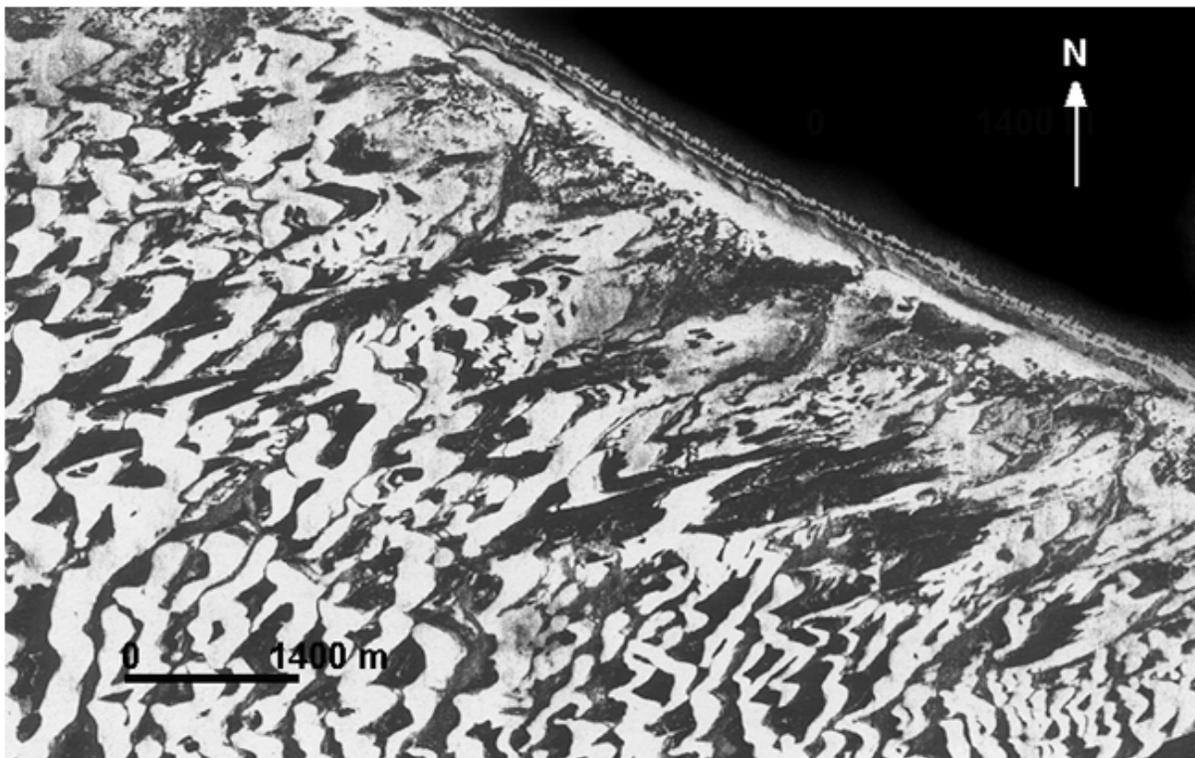


Figura 5a: Dunas oblíquas geradas por transformações de dunas transversais e barcanas

### ***Dunas Semi-Fixas (associadas à vegetação)***

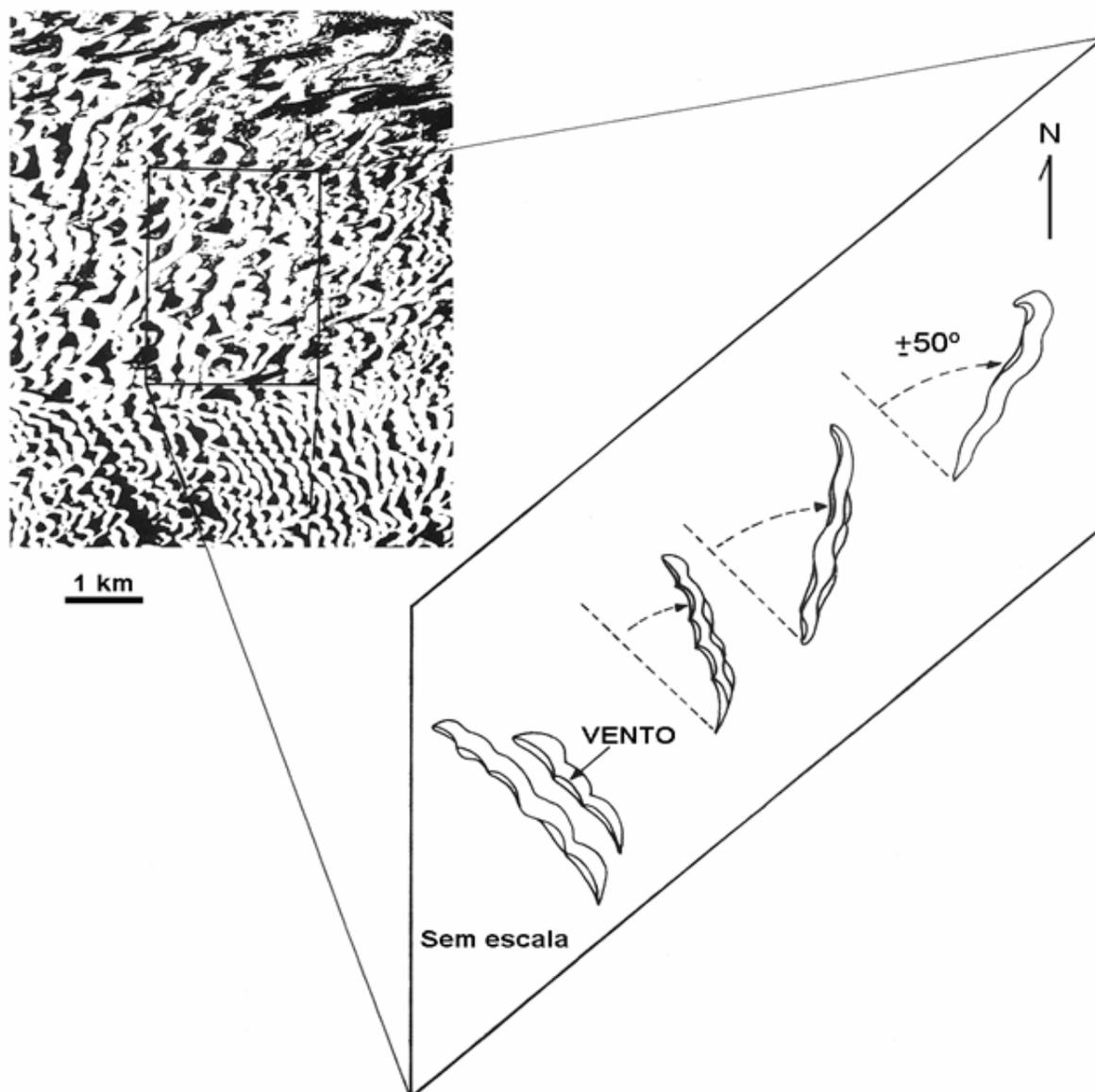
As dunas associadas à vegetação constituem um padrão característico da região. As áreas, próximas às desembocaduras dos rios, apresentam dunas vegetadas com características distintas das existentes nas regiões afastadas dessas zonas de interação. Assim, as dunas “livres” associadas à vegetação, próximo a desembocaduras dos rios, são classificadas em: campos de “nebkhas” e dunas de sombra (shadow dunes).

#### ***Dunas do tipo “nebkha”***

Os campos de “nebkhas” correspondem a pequenos montículos de areia vegetados, presentes ao longo da superfície de pós-praia (figura 7). Desenvolvem-se em razão da presença de pequenos tufo de vegetação sobre a superfície arenosa na qual o vento sopra, gerando ampla superfície de deflação.

#### ***Dunas de sombra “shadow dunes”***

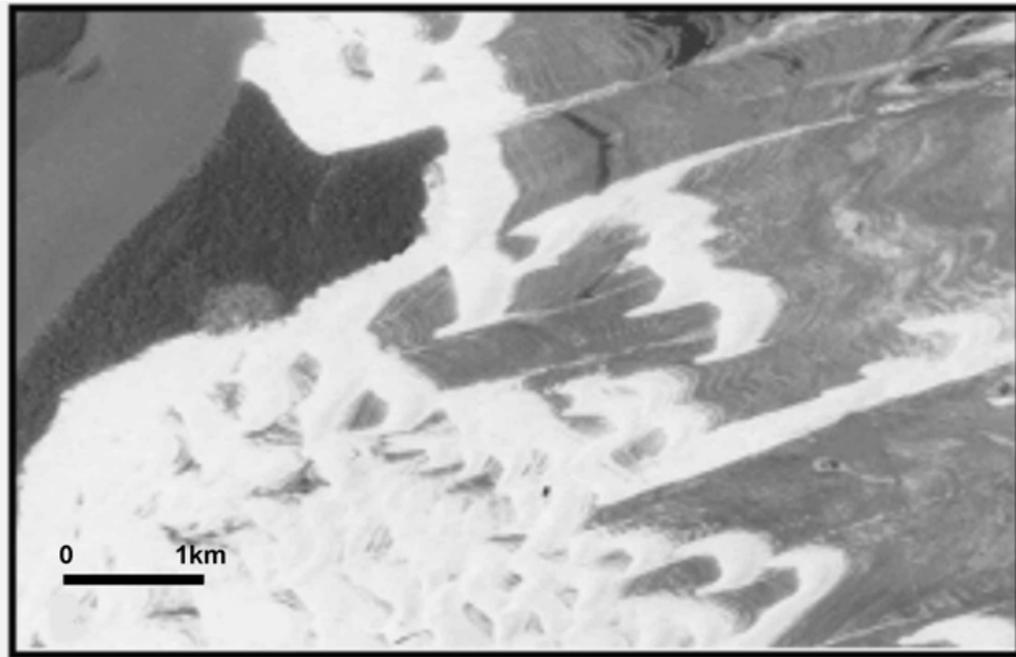
Essas dunas são formadas em virtude da presença de tufo de vegetação sobre uma superfície arenosa na qual o vento sopra. HESP (1981) salienta que o vento ao deparar-se com um obstáculo, representado por um núcleo de vegetação, é alvo de acentuada modificação de seu padrão de fluxo original, gerando fluxos secundários que contornam o obstáculo e, após, se reúnem novamente. O encontro dos fluxos constitui uma região de grande deposição de areia, que dá origem às dunas de sombra com formas piramidais. O ápice da pirâmide corresponde à porção mais distal onde o fluxo se encontra mais bem reconstituído (figuras 8, 9).



**Figura 5b:** Esquema apresentando a transformação de dunas transversais em oblíquas.

### ***Dunas fixas***

As dunas fixas correspondem às formas eólicas vegetadas e mais antigas do que as dunas livres, ocupando maior parte da planície costeira; representam, aproximadamente, 70% dos depósitos eólicos. Em termo de distribuição espacial, estão localizadas ao sul dos campos de dunas livres que gradativamente vão avançando e recobrimdo os campos de dunas fixas.



**Figura 6** - Cordões longitudinais formados por transformações de dunas parabólicas, barcanas e transversais.

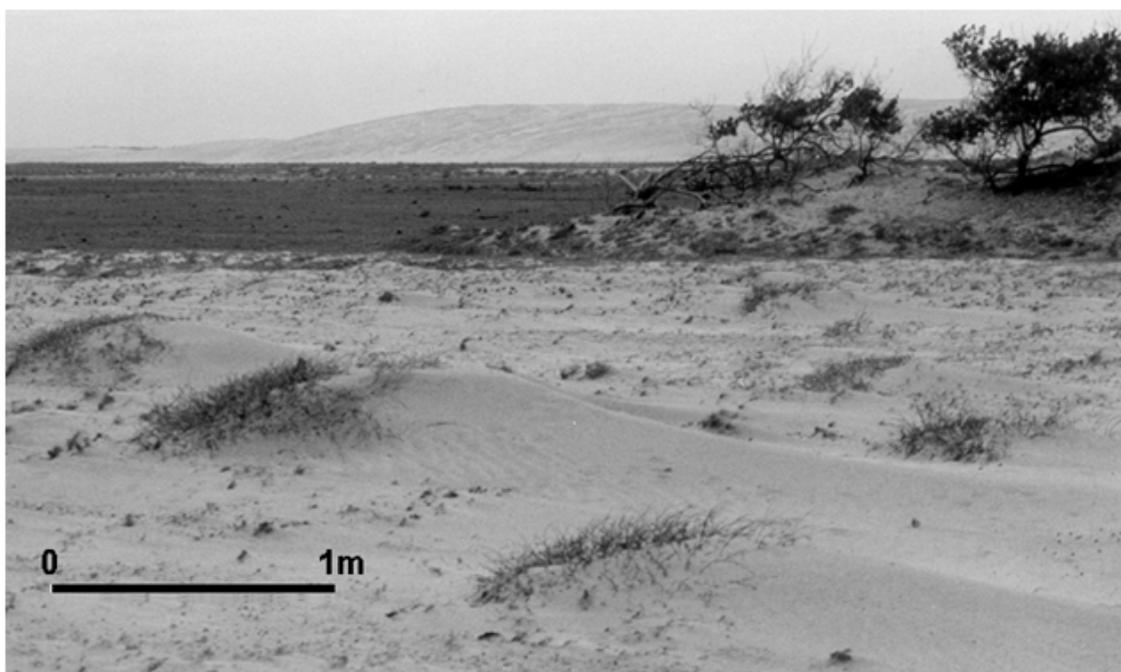


**Figura 7** – Campo de “nebkhas” na região de Rio Novo.

### *Dunas parabólicas*

Essas feições eólicas fazem parte de um conjunto de dunas controladas, aparentemente, mais pela presença de vegetação e umidade do que pela força e direção do vento, em concordância à afirmativa de McKEE (1979). A duna parabólica possui sua face de deslizamento mergulhando em mais de uma direção, dependendo para isso da disponibilidade de partes de suas bordas estarem livres para migrar. Sua forma característica pode variar de “U” até “V”, sendo seus braços aprisionados pela vegetação ou umidade e, seu nariz à extremidade que migra segundo o sentido do vento. São registradas formas simétricas e assimétricas em termos de tamanho dos braços das dunas. As dunas parabólicas apresentam dimensões variadas, sendo que as localizadas próximo à sede municipal de Barreirinhas possuem larguras da ordem de 250 metros, altura média das cristas em torno de 10 metros e comprimento médio de 90 metros (figura 10).

Essas dunas sugerem o registro das mudanças paleoclimáticas ocorridas no Quaternário, haja vista sua muito inexpressiva e efêmera ocorrência nos campos de dunas livres.



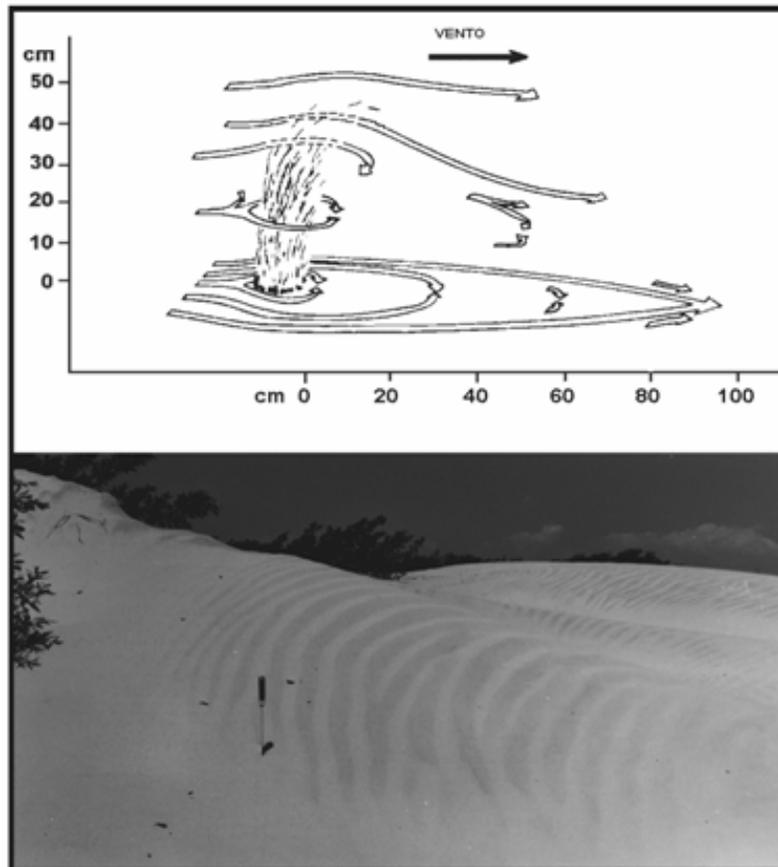
**Figura 8:** Dunas de sombra na região de Rio Novo.

### *Cadeias de parabólicas*

Correspondem às feições formadas por conjuntos de dunas parabólicas ligados lateralmente e pelo encurvamento de dunas transversais. Essas cadeias parabólicas, com o comprimento em torno de 160 metros, estão situadas nas porções mais meridionais ou interiores da planície costeira, imediatamente à frente dos campos de dunas parabólicas fixas (figura 11). Através de observações em fotografias aéreas, constata-se para essas cadeias larguras da ordem de até 2,5 km, e orientação segundo a direção N 35 W, valores próximos dos encontrados para a orientação dos eixos de larguras das cadeias de dunas barcanas ou barcanóides dos campos de dunas livres. A gênese dessas cadeias parabólicas está intimamente ligada ao evento que proporcionou a fixação de cadeias de dunas barcanas ou barcanóides.

*Dunas transversais de crista reta (2D) e sinuosa (3D)*

Essas dunas correspondem às formas dominantes na porção mais interiorizada da planície costeira e apresentam orientação semelhante à das transversais livres. Suas dimensões alcançam larguras máximas de aproximadamente 280 metros, ou seja, valores muito próximos dos encontrados para as 2D e 3D localizadas nas porções distais dos atuais campos de dunas livres da região de Buriti Amarelo (figura 3).



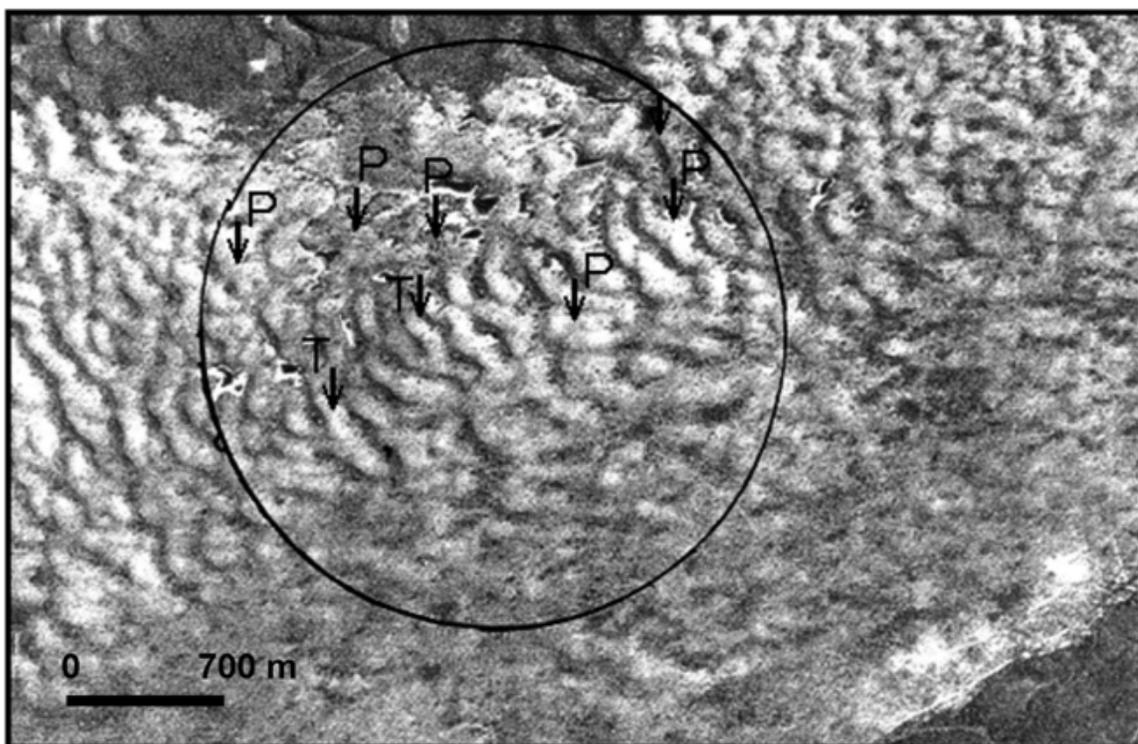
**Figura 9:** Trajetória do vento contornando a vegetação gerando uma duna de sombra (parte esquemática adaptada de Hesp, 1981).

Considerando-se que essas feições transversais representam as formas mais interiorizadas da área, conseqüentemente mais antigas do que todas as formas já descritas, acredita-se que suas dimensões originais são muito próximas e até maiores do que as presentes nas dunas da região de Buriti Amarelo, sendo, ao longo do tempo, grande parte arrasada pela ação de processos erosivos. Assim, essas feições transversais, por apresentarem dimensões compatíveis com dunas transversais presentes nas porções medianas e distal do principal campo de dunas dos Lençóis Maranhenses, são indicativas da existência pré-terita de campos de dunas que poderiam possuir dimensões equivalentes aos atuais campos de dunas livres (figura 12).

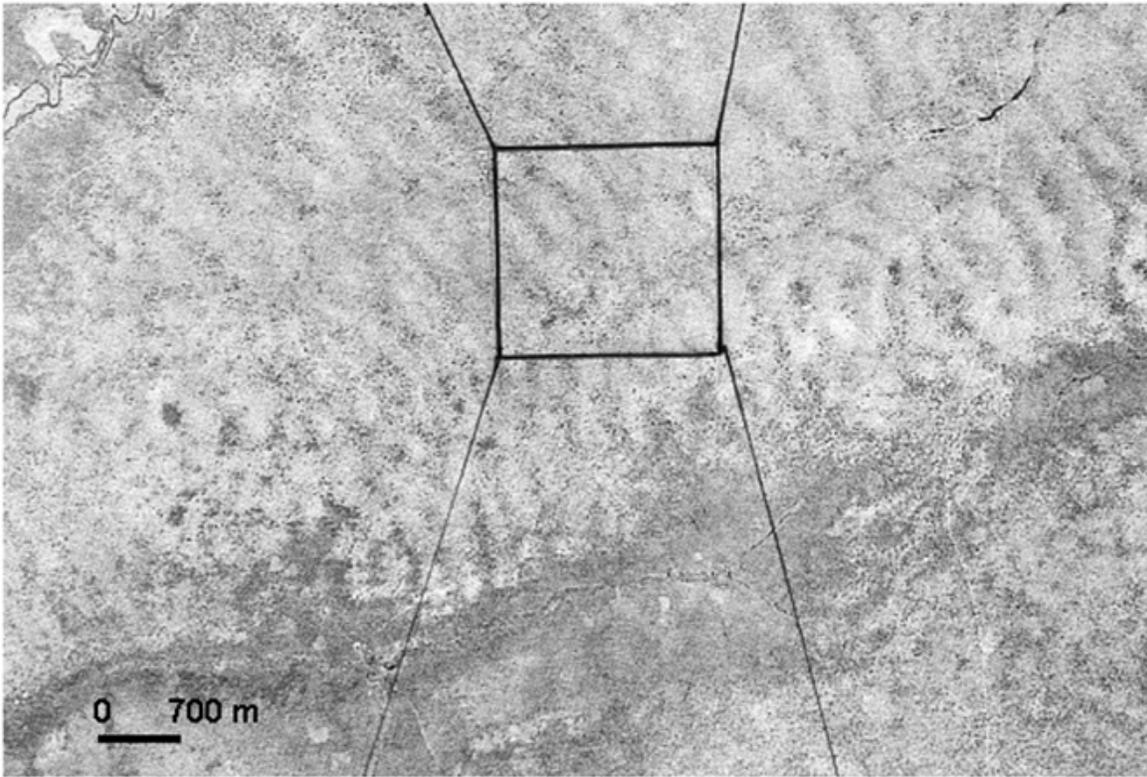
O padrão dessas feições transversais sobre sedimentos topograficamente mais elevados mostra que nessas áreas elevadas a geometria transversal gradativamente vai sendo diluída até constituir uma superfície aproximadamente plana com pequenas ondulações sem orientação aparente.



**Figura 10:** Campo de dunas parabólicas fixas visto em fotografia aérea.

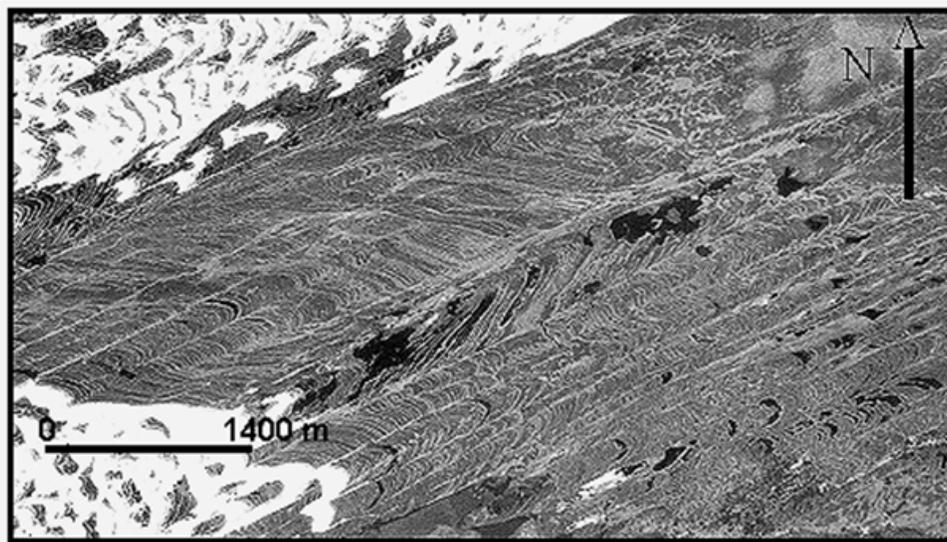


**Figura 11:** Cadeias parabólicas (P) e transversais fixas (T)

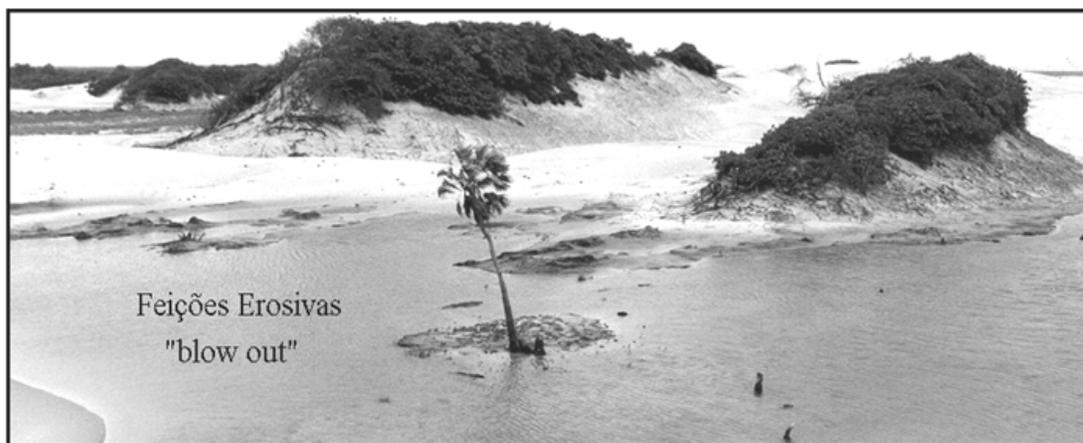


### *Lençóis de areia “sand sheets”*

Os lençóis de areia (FRYBERGER et al, 1983) correspondem às feições eólicas mantiformes localizadas na superfície praial e orientadas segundo o sentido dos ventos dominantes, constituindo depósitos de caráter efêmero, em termos de tempo de residência da areia. Os lençóis de areia podem ser considerados como sendo a materialização de uma zona de alimentação ou de passagem de areia (“bypassing zone”).



**Figura 13:** Esteiras de dunas da região de Rio Novo onde observa-se a relação entre a forma da duna e a esteira produzida.



**Figura 14:** Exemplo de feições de “blow out” presentes na região de Buriti Amarelo.

### *Esteiras de dunas*

As esteiras de dunas são arcos parabólicos definidos na superfície do terreno por semelhantes ressaltos aos contornos de barlavento (FORTES, 1992). Essas feições são formadas quando da migração dos vários tipos de dunas. Obedecem rigorosamente a um controle sazonal, visto que, durante os

meses de janeiro a junho, tem-se a estação chuvosa, quando ocorre a elevação do lençol freático e conseqüente a fixação das dunas; no período de estiagem, julho a dezembro, ocorre o rebaixamento do lençol freático e as dunas migram. Esse processo cíclico deixa registrado as esteiras das dunas, formadas não somente pelos ressaltos como, também, por cristas e cavas ou baixios associados. Portanto, a simples leitura do número de cristas ou cavas podem informar sobre o intervalo de tempo de migração das dunas (figura 13).

### ***Feições de erosão “blow out”***

Essas feições ocorrem nas extremidades laterais dos campos de dunas onde a vegetação foi temporariamente recoberta pela areia. Com o corte do suprimento, a erosão pelo processo de deflação dá origem às feições de “blow out” que podem ter dimensões variadas (figura 14). Durante o período de estiagem, com o rebaixamento do lençol freático, a deflação forma depressões que, durante a estação de chuvas, darão origem a lagos e eventualmente córregos.

### ***Considerações finais***

A cobertura sedimentar do setor leste da planície costeira do Estado do Maranhão apresenta grande variedade de feições eólicas, tanto fixas quanto móveis. As particularidades geológicas, climáticas e geomorfológicas da área são constatadas como responsáveis pelas diferentes formas de depósitos eólicos descritos neste trabalho.

Por meio da análise de fotografias aéreas, imagens de satélite e informações de campo, foi possível definir um conjunto de feições eólicas representado por dunas livres, dunas associadas à vegetação, dunas fixas, esteiras de dunas e feições de erosão “blow out”.

As formas livres apresentam caráter dinâmico, evoluindo para outras morfologias sob controle nitidamente sazonal.

As dunas associadas à vegetação do tipo “nebkha” e sombra estão concentradas, principalmente, próximo à praia. Essas feições são sistematicamente soterradas durante o período de estiagem, quando da maior disponibilidade de areia, podendo ser observadas durante o período de chuvas.

As esteiras de dunas registram a migração das dunas, deixando impressas as marcas basais das faces de barlavento que formam um tapete de cristas sinuosas de areia. A gênese dessas feições está relacionada a interrupção do suprimento de areia.

As feições de erosão “blow out” estão associadas às dunas livres com a presença de vegetação; são feições efêmeras, podendo ser soterradas por dunas posicionadas a sua retaguarda.

### ***Referência Bibliográfica***

- FORTES, F.P. As manchas solares e o passo das dunas. Congresso Brasileiro de Geologia. **Anais SBG**, v. 2, São Paulo, 1992.
- FRYBERGER, S. G.; ABDULKADER, AL-SARI; A. M.; CLISHAM, T. J. **Eolian dune, interdune, sand sheet, and siliciclastic sabka sediments of offshore prograding sand sea, Dhahran Area, Saudi Arabia. The American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, v.67, n.2, p. 280-312, 1983.
- GONÇALVES, R.A. **Contribuição ao mapeamento geológico e geomorfológico dos depósitos eólicos da planície costeira do Maranhão: região de Barreirinhas e Rio Novo – Lençóis Maranhenses**. 1997. 260 f. Tese de Doutorado - UFRGS – Instituto de Geociências, Porto Alegre.
- HESP, P.A. The Formation of Shadow Dunes. **Journal of Sedimentary Petrology**, 51(1): 0101-0112, 1981.
- McKEE, E.D. Introduction to a study of global sand seas. In: McKEE, ed. **A Study of Global Sand Seas. US Geol. Surv. Prof. Paper**, 1052. Washington. p. 1-19, 1979.
- TOMAZELLI, L.J. **Contribuição ao estudo dos sistemas deposicionais holocênicos do nordeste da Província Costeira do Rio Grande do Sul - com ênfase no sistema eólico**. 1990. 270 f. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Geociências/UFRGS, Porto Alegre.
- WILSON, I.G. Aeolian bedforms - their development and origins. **Sedimentology**, 7(1): 3-69, 1972.