

## INTERPRETAÇÃO AEROFOTOGEOFOLÓGICA DA PLANÍCIE COSTEIRA DE UNA-JURÉIA, MUNICÍPIOS DE PERUÍBE-IGUAPE, SP: MODELO EVOLUTIVO E ORIGEM DA EROÇÃO NA PRAIA DA JURÉIA

Deise Bentz<sup>1</sup>; Paulo César Fonseca Giannini<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Mestranda do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Rua do Lago, 562, e-mail: [dbentz@uol.com.br](mailto:dbentz@uol.com.br). Bolsista FAPESP (processo 02/03257-8)

<sup>2</sup> Prof. Dr. do Departamento de Geologia Sedimentar e Ambiental do Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Rua do Lago, 562, e-mail: [pcgianni@usp.br](mailto:pcgianni@usp.br)

### RESUMO

Análise aerofotogeológica baseada em vôos de diferentes datas, aplicada à planície de Una-Juréia, permite verificar a efetividade da dinâmica das desembocaduras de canais de escoamento de maré na determinação do efeito molhe hidráulico e, por extensão, do padrão das células de deriva longitudinal. Desse modo, a dinâmica e posição destes canais têm papel fundamental na distribuição das zonas de deposição e erosão associada ao padrão celular de deriva. O reconhecimento por aerofotogeologia de paleodesembocaduras estuarino-lagunares, associadas a paleoesporões arenosos, e a aplicação do conceito de molhe hidráulico permitem reconstituir uma evolução costeira relativamente complexa para a parte sudoeste desta planície, marcada por sucessivas mudanças de posição e fechamentos de desembocaduras. A mudança mais recente, correspondente ao estabelecimento do curso atual do rio Ribeira de Iguape, com abandono de sua antiga desembocadura no vale do rio Suá Mirim, teria promovido inversões de deriva em grande parte da praia, o que ajuda a explicar tanto o crescimento da ponta sudoeste como a erosão dominante em sua porção centro-sul.

### ABSTRACT

The geological analysis of aerial photos with distinct ages, applied to the coastal plain of Una-Juréia, southern coast of São Paulo State, Brazil, makes possible to verify the effectiveness of the tidal channel inlets on the determination of hydraulic jetty effect and of longshore drift cells. Therefore, the position and dynamics of these inlets have fundamental role on the distribution of erosional or depositional zones related to the cellular pattern of the longshore drift. The aerophotogeological recognizing of estuarine-lagoon paleoinlets, associated to paleo sand spits, and the application of the hydraulic jetty concept permit to reconstitute a coastal evolution relatively complex to the southwest part of the coastal plain (Juréia region), with successive shifts and closing of paleoinlets and consequent changes on the longshore drift. The more recent change corresponds to the establishment of the present Ribeira de Iguape inlet and the simultaneous abandonment of its early inlet at the Suá Mirim river valley. This change would have promoted inversions in the longshore drift along a great extension of the beach, what help to explain the growth of the southwestern extremity of the beach and the erosion in its middle-south sector.

Palavras-Chave: cordões litorâneos; aerofotointerpretação; quaternário costeiro

### 1. INTRODUÇÃO

A planície litorânea de Una-Juréia, no litoral sul do Estado de São Paulo (Fig.1), compreende as praias de Barra do Una, Una, Rio Verde e Juréia. Nessa região, identificam-se dois tipos principais de sistemas deposicionais costeiros do Quaternário: o estuarino-lagunar e o planície costeira com cordões litorâneos (strandplain). O sistema estuarino-lagunar é superimposto por sistema fluvial meandrante recente (rios Una do Prelado, a nordeste, Verde, na porção central, e Ribeira de Iguape, a sudoeste), o qual apresenta caráter de canal de escoamento de maré em seus baixos cursos, com manguezais associados. Entre o máximo nível relativo do mar de 5.100 anos AP e a época atual, o processo de progradação da linha de costa associado ao abaixamento do nível relativo do mar resultou na intensa deposição de sedimentos marinhos praias e eólicos (Souza & Souza, 2002). Entretanto, parte do sistema, e em especial a praia da Juréia, encontra-se em processo de erosão costeira pelo menos nas últimas quatro décadas (Menezes, 1994), aumentando a disponibilidade de sedimentos para transporte e redeposição por células de deriva litorânea.

Contida em maior parte na Estação Ecológica Juréia-Itatins (EEJI), a região caracteriza-se por acesso restrito, extensa área coberta por vegetação densa e preservação quase integral, em relação à ação antrópica, dos alinhamentos de cordões que caracterizam o sistema planície costeira. Nestas condições, a análise por sensoriamento remoto, em diferentes datas e escalas, é ferramenta necessária no reconhecimento das principais feições morfológicas capazes de indicar a dinâmica dos sistemas deposicionais costeiros e sua evolução no tempo. Dentro desse contexto, o objetivo central deste artigo é utilizar a aerofotointerpretação para reconstituir a evolução da planície litorânea de Una-Juréia no Quaternário tardio, através dos alinhamentos litorâneos e indicadores geomorfológicos de deriva litorânea longitudinal.

### 2. MÉTODOS

A aerofotointerpretação da planície litorânea foi realizada através da estereoscopia de pares de fotografias aéreas verticais. Foram comparados três conjuntos de fotos de idades diferentes: 1962 e 1973, em preto e branco, escala 1:25000, e 2000, em cores, escala 1:35000. No que se refere à análise da evolução da linha de costa,

realizou-se a sobreposição de fotos aéreas de anos diferentes, em bandas (RGB) distintas (e.g. foto 1973 em azul (B) e foto 2000 em vermelho (R)), utilizando-se para isso o programa Spring 3.6.03. Este método possibilitou a observação e semiquantificação de mudanças históricas recentes de linha de costa.

Os limites entre sistemas deposicionais e as feições morfológicas identificados nas fotos aéreas foram traçados em papel transparente, e posteriormente digitalizados para finalidades de apresentação final. Em relação aos alinhamentos de cordões, levou-se em consideração que a interpretação é muitas vezes realizada de modo indireto, através de feições visíveis na vegetação e não no terreno (Angulo 1992; Angulo & Suguio 1992). Angulo & Suguio (1992) observam, por exemplo, que as áreas alagadiças com vegetação mais baixa apresentam um maior número de alinhamentos que as áreas mais altas, melhor drenadas e com vegetação arbórea.

### **3. RESULTADOS**

Três tipos principais de resultados foram obtidos através da fotointerpretação: a detecção de mudanças de configuração na desembocadura de canal de escoamento de maré (rio Una do Prelado), a inferência na direção de crescimento de esporões arenosos recentes e antigos e a identificação de padrões de densidade e geometria dos cordões litorâneos. Como produto da integração dos resultados da aerofotointerpretação, foram confeccionados mapas geomorfológicos com ênfase nos sistemas deposicionais quaternários (Fig.1). Como aqueles três tipos de resultados encontram-se muitas vezes intimamente relacionados, optou-se por agrupá-los, para efeito de descrição, em feições e processos recentes (contemporâneos ao período de levantamento aerofotográfico) versus feições e processos antigos (anteriores a esse levantamento). Metodologicamente esta subdivisão e ordenação são interessantes, pois o primeiro grupo constitui, em alguns casos, modelos úteis para a compreensão do segundo.

#### **3.1. Feições e processos recentes**

A comparação entre as fotos aéreas de 1962 e 1973 possibilitou verificar a mudança na configuração da desembocadura do rio Una do Prelado, de traçado oblíquo à costa, dirigido para S, para traçado mais curto, perpendicular à costa. Através do confronto entre as fotos de 1973 e 2000, observa-se que a nova configuração da desembocadura mantém-se até os dias atuais. A mudança na configuração e posição do rio Una do Prelado pressupõe entender a dinâmica da desembocadura e seus fatores controladores: deriva litorânea, regime de marés e regime fluvial. Em vista do efeito de molhe hidráulico exercido pela desembocadura, a foz representaria zona de convergência de células de deriva litorânea longitudinal: a SW (extremidade setentrional da praia do Una), atuaria a deriva regional predominante para NE, enquanto a NE (praia da Barra do Una), o molhe hidráulico natural do rio Una do Prelado geraria inversão localizada da deriva residual. A configuração existente em 1962, portanto, reflete tanto o meandramento como o predomínio local temporário de deriva litorânea para SW. Já a variação de

configuração constatada na foto de 1973 pode ser atribuída à produção de atalho em corredeira, provavelmente devido ao extravasamento do canal em período de enchente fluvial, em condições de predomínio de deriva longitudinal para NE. A manutenção da desembocadura do rio Una do Prelado desde então representa uma configuração de equilíbrio estável em condições de vazão elevada e com padrão convergente de células de deriva.

Comparando-se as fotos aéreas de 1973 e 2000 relativas à desembocadura do rio Ribeira de Iguape, nota-se o crescimento da ponta sul da praia da Juréia, para SW, decorrente do transporte e acúmulo de sedimentos pela deriva litorânea longitudinal, localmente dirigida para este rumo. Admitindo-se o predomínio regional de deriva litorânea para NE, a inversão local da deriva na terminação sudoeste da praia da Juréia pode ser explicada pelo efeito molhe natural exercido pelo rio Ribeira de Iguape. A desembocadura do rio bloquearia as ondas vindas de sul, favorecendo, com isto, a deriva longitudinal para SW a sotamar (NE) da foz. A exemplo do que ocorre no rio Una do Prelado, a inversão da deriva longitudinal na extremidade sudoeste da praia da Juréia é sustentada pelo padrão de células de deriva interpretado por Souza (1997) com base na variação longitudinal de granulometria.

#### **3.2. Feições e processos antigos**

A ponta da praia da Juréia formada após 1973 é parte integrante de uma feição deposicional maior, de igual orientação e com o dobro do tamanho em extensão e largura, adjacente à reentrância paleoestuarino-lagunar do rio Suá Mirim. A parte mais setentrional e antiga desta feição apresenta alinhamentos de cordões litorâneos menos espaçados que no restante da planície e com direção SE-NW, oblíqua à orientação geral da praia da Juréia. Este padrão diferenciado de orientação e espaçamento confirma o crescimento de toda a feição, como esporão, no rumo SW, associado ao efeito molhe da desembocadura do Ribeira de Iguape. Dada a localização do esporão, adjacente ao terreno lagunar do rio Suá Mirim, é razoável supor que algum evento abrupto esteja relacionado à mudança de posição da desembocadura do rio Ribeira de Iguape, do atual vale do rio Suá Mirim para seu curso atual. A suposta paleodesembocadura (rio Suá Mirim) apresenta orientação subparalela à costa, voltada para NE, compatível com o forte efeito da deriva litorânea longitudinal nesse rumo, constatada hoje a barlar do rio Ribeira. Com o deslocamento da desembocadura do Ribeira rumo SW para sua posição atual, o efeito molhe e a deriva localmente invertida passaram a atuar sobre a região da margem direita da paleodesembocadura, retrabalhando e redepositando seus sedimentos sob a forma de esporão. Este esporão seria o responsável pelo barramento da paleodesembocadura e pelo conseqüente desaparecimento do efeito molhe a ela associado. Com isso, a deriva para NE a sotamar do rio Suá Mirim intensificou-se, gerando o fechamento da paleolaguna junto à parte externa do flanco sul do morro da Juréia. De acordo com este modelo, o desfecho da paleolaguna adjacente ao morro da Juréia é contemporâneo ao estabelecimento do baixo curso atual do rio Ribeira de Iguape.

A fotointerpretação do contato entre o sistema planície costeira e o sistema lagunar, junto à parte interna do flanco sul do morro da Juréia, permitiu delimitar outra feição alongada, com características geomorfológicas de esporão arenoso. Com base na disposição espacial desta feição e na reconstituição do padrão de encurvamento dos cordões litorâneos nela existentes, é possível interpretar seu rumo de crescimento para SW, tendo o maciço da Juréia como ponto de fixação. Este paleo-esporão também teria crescido sob efeito de deriva litorânea invertida em relação ao padrão regional predominante. Este fato permite interpretar a existência de efeito molhe hidráulico também nesta área, em épocas passadas. O molhe teria sido exercido pela desembocadura lagunar então existente a SW do esporão, inferida na fotointerpretação através de uma reentrância do sistema lagunar. A interrupção do feixe de cordões encurvados rumo SW e o barramento da reentrância lagunar por sedimentos arenosos da planície costeira evidenciam o fechamento da paleodesembocadura, com o cessamento do efeito molhe por ela induzido.

#### **4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES FINAIS**

As fotografias aéreas representam importantes documentos a respeito da situação morfológica de uma determinada área no momento da foto. A comparação de fotos de idades progressivamente mais novas é ferramenta fundamental para o traçado da evolução geomorfológica de sistemas deposicionais ativos em áreas costeiras e para o diagnóstico de tendências erosivo-deposicionais ligadas ao comportamento da deriva litorânea. A complexidade e dinâmica das células de deriva são tanto maiores quanto maior a interferência de desembocaduras de rios e/ou canais de escoamento ligados a sistemas de baías, estuários e lagunas. A dinâmica constatada ao longo do período de levantamento aerofotográfico pode fornecer modelos úteis para a compreensão do processo evolutivo da região costeira ao longo de intervalos de tempo maiores, que podem compreender, por exemplo, parte do Holoceno. A planície de Una-Juréia é um excelente exemplo de como a exploração detalhada de uma ferramenta simples e acessível, as fotografias aéreas, é capaz de permitir interpretações relativamente elaboradas de evolução costeira. Com base no uso desta ferramenta, a evolução da planície de Una-Juréia no Holoceno pode ser assim caracterizada:

1. No máximo transgressivo holocênico, parte (cerca de 60%) da área atual da planície litorânea encontrava-se tomada pelo sistema estuarino-lagunar. Este sistema é identificado e delimitado em fotografia aérea pela mudança no tipo de vegetação, geralmente mais baixa, e pela completa ausência de alinhamentos de cordões.

2. A distinção entre terraços regressivos pleistocênicos e holocênicos por critérios aerofotográficos não se mostrou possível. Entretanto, é lógico supor que os terraços mais interiores e a SW do morro da Juréia sejam pleistocênicos, por estarem muito interiorizados em relação aos demais sistemas de cordões.

3. Como consequência da conclusão anterior, dois tipos de associações de fácies podem ser reconhecidos no sistema lagunar. A nordeste, região do Una, encontra-se associação

do tipo baía-laguna, isto é, corpo lagunar à retaguarda de ilha ou barra-barreira holocênica. A sudoeste, região da Juréia, encontra-se associação do tipo vale-laguna, isto é, vales incisos em sedimentos pleistocênicos, afogados no âmbito da transgressão holocênica.

4. Após o máximo transgressivo, inicia-se a progradação da costa, ancorada seja na barreira transgressiva, junto à baía-laguna do Una, seja em terraços regressivos pleistocênicos, na região da Juréia. A diferença de sistema deposicional entre a região do Una e a da Juréia cria diferenças na natureza da progradação. No Una, a desembocadura lagunar é mantida no extremo nordeste da barreira (área do atual rio Una do Prelado), durante toda sua evolução, influenciada basicamente pela deriva longitudinal predominante para NE. Assim, a planície progradante é homogênea, com o desenvolvimento monótono de cordões contínuos e paralelos entre si e à linha de costa atual. Na Juréia, a evolução é mais complexa devido ao confinamento e maior porte das desembocaduras estuarino-lagunares, as quais interferem na deriva longitudinal. Esta complexidade é registrada por truncamentos e convergências de cordões litorâneos e por fechamento de desembocaduras, a que se refere nas conclusões seguintes.

5. Na linha de tempo correspondente ao cordão situado a cerca de 5 km da linha de costa atual, a planície da Juréia progradava ao longo de uma extensão menor que a presente, compreendida entre a desembocadura do rio Ribeira de Iguape, então posicionada mais a NE, e uma paleodesembocadura existente nas proximidades do flanco sul do morro da Juréia. Devido ao efeito molhe exercido por estas duas desembocaduras, é provável que a paleopraia da época fosse dominada por deriva voltada para SW, portanto invertida em relação ao padrão regional dominante. A atuação da deriva para SW é evidenciada pelo sentido de crescimento de um esporão ancorado no lado sul do morro da Juréia.

6. Com a desativação gradual da desembocadura lagunar do morro da Juréia, a deriva na parte nordeste da paleopraia retoma seu rumo normal. O esporão para de crescer e a sedimentação costeira rumo NE inicialmente empurra a desembocadura neste rumo e depois termina por fechá-la completamente.

7. Com a retomada da deriva para NE e o fechamento da paleodesembocadura do morro da Juréia, a terminação nordeste da planície passa a progradar com componente longitudinal nesse rumo, portanto com formação de esporão, mantendo aberto por algum tempo um pequeno embaçamento na terminação nordeste, junto ao mesmo morro.

8. Nessa época, a desembocadura do rio Ribeira de Iguape encontrava-se no atual curso do rio Suá Mirim, a NE de sua posição atual. A inversão da deriva e a acumulação sedimentar a sotamar do rio Suá Mirim criava uma linha de costa ligeiramente declinada para SE. Com o fechamento desta desembocadura e a ativação da foz atual, a deriva litorânea a NE do rio Suá Mirim reassume seu padrão normal, criando o processo generalizado de erosão da antiga linha de costa que caracteriza até hoje a parte centro-sul da praia da Juréia. A SW do rio Suá Mirim, a deriva, que era para NE, passa a ser para SW, devido ao efeito molhe da desembocadura do Ribeira. Por

esta razão, esta região também passa a sofrer erosão, só que neste caso compensada por redeposição dos sedimentos no rumo SW. A erosão suscitada pelo fechamento da desembocadura do rio Suá Mirim faz-se evidente através do truncamento do feixe de cordões declinados para SE pelo feixe de cordões paralelo à linha de costa atual. As regiões com erosão em andamento coincidem com aquelas em que a linha de costa atual trunca diretamente o feixe de cordões com declinação para SE. Assim, as inversões locais da deriva litorânea devido à mudança de posição da desembocadura do Ribeira podem ser um dos fatores determinantes da erosão costeira evidente nas últimas décadas na parte centro-sul da praia da Juréia.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Angulo, R.J. (1992). Geologia da planície costeira do Estado do Paraná. São Paulo. Tese de Doutorado. Curso de Pós-graduação em Geologia Sedimentar. Universidade de São Paulo (inédito), 334 p.
- Angulo, R.J. & Suguio, K. (1992). Problemas na interpretação de cordões litorâneos quaternários: exemplo da costa do Paraná. 37º. Congresso Brasileiro de Geologia – SBG/SP, São Paulo, p.84.
- Menezes, M. P. (1994). A Influência da Ação Antrópica na Dinâmica Sedimentar. São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental da Univ. de S.Paulo. Dissertação de Mestrado, 2 v., 3 mapas, 297 p.
- Souza, C.R.G. (1997). As células de deriva litorânea e a erosão nas praias do Estado de São Paulo. São Paulo. 2v. Tese de Doutorado. Curso de Pós-graduação em Geologia Sedimentar. Universidade de São Paulo.
- Souza, C.R.G. & Souza, A.P. (2002). Geologia e Geomorfologia da Área da Estação Ecológica Juréia-Itatins. In: Ambiente Físico, Fauna e Flora da Estação Ecológica da Juréia-Itatins. São Paulo, FAPESP/ Ed. Oslo (no prelo).
- Suguio, K. & Martin, L. (1978). Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. In: International Symposium On Coastal Evolution In The Quaternary, São Paulo. Special Publication (1). São Paulo, IGCB/IGUSP/ SBG, 55p.
- Spring 3.6.03 (versão de 08/11/2002). [www.inpe.br](http://www.inpe.br)

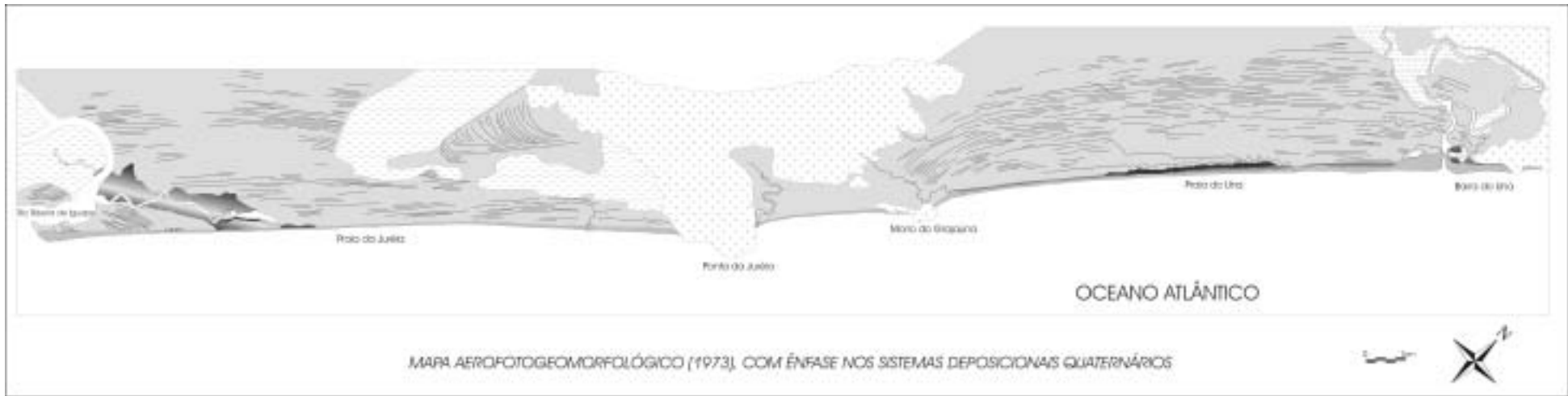


Figura 1. Mapa aerofotogeológico baseado nas fotos aéreas de 1973.