Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Estudo Sobre a Análise Discriminatória Multivariada e Sua Aplicação à Mecanismos Depositionais

Hardy Jost

Pesquisas em Geociências, 1 (1): 37-42, jan./abr., 1972.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21878>

Publicado por

Instituto de Geociências

Portal de Periódicos UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - jan./abr., 1972.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

ESTUDO SÔBRE A ANÁLISE DISCRIMINATÓRIA MULTIVARIADA E SUA APLICAÇÃO A MECANISMOS DEPOSICIONAIS *

HARDY JOST **

SINOPSE

O autor apresenta os resultados de uma pesquisa básica efetuada para determinar o limite de aplicabilidade da análise discriminatória multivariada na determinação do mecanismo físico deposicional, a partir de dados de parâmetros granulométricos de sedimentos modernos, conforme proposto por SAHU (1964)². São analisados os limites de sua aplicabilidade para um caso particular de ambiente transicional.

SUMMARY

The author presents the results of a preliminary analysis of the limits of applicability of SAHU'S (1964)² method of multivariate discriminatory analysis used in the study of transitional environments in the way to find out the mechanism of deposition.

Swash bars from the same profile in a site of the western beaches of the Patos Lagoon, southern Brasil, were treated in laboratory for this purpose and the results obtained seem to be satisfactory and coherent with the depositional conditions supposed to exist during the deposition of successive swash bars.

The limits of accuracy in the use of the method in transitional environments as well as the factors involving it are presented.

INTRODUÇÃO

O presente estudo nasceu da necessidade de

se analisar mais detalhadamente os resultados das análises granulométricas efetuadas sobre amostras de areias recentes depositadas na forma de feixes de restinga («swash bars», «beach ridges»), ao longo do bordo ocidental da Laguna dos Patos no Rio Grande do Sul. Impõe-se, portanto, apresentar resumidamente os resultados obtidos nesta análise mais avançada dos sedimentos, em virtude da natureza desses.

De antemão deve ser destacado que os dados e conclusões aqui apresentados constituem uma pesquisa básica sobre a aplicabilidade de um dado método, não podendo os resultados serem considerados como definitivamente conclusivos.

A necessidade desta pesquisa básica nasceu no momento em que se procurava estabelecer uma ordem de grandeza dos parâmetros físicos que governaram a acumulação dos feixes de restinga situados no bordo ocidental da Laguna dos Patos. Durante os estudos de campo e laboratório surgiram dúvidas acerca do valor relativo da energia do ambiente deposicional desses feixes de restinga, isto é, se tais feições teriam sido fruto da atuação de níveis de elevada ou de baixa energia dinâmica do ambiente; ainda mais, se a estes feixes de restinga estaria associada uma variação progressiva das condições físicas ou se estas condições se mantiveram constantes ao longo do tempo. Se houve variações, interessava determinar em que posição, no perfil, se verificaram estas variações e segundo que tendência ambiental (marinho para lagunar ou vice-versa). Todos estes aspectos seriam de alta valia, desde

* Trabalho realizado por subvenção do Conselho de Pesquisas da UFRGS.

** Do Centro de Estudos Costeiros e Oceanográficos — Instituto de Geociências — UFRGS.

Pesquisas	Porto Alegre	1	p. 37-42	maio 1972
-----------	--------------	---	----------	-----------

que fôsse possível determiná-los com certa aproximação, pois poderiam trazer algum auxílio para a interpretação da evolução de uma parte da planície costeira do Rio Grande do Sul, em passado não muito remoto.

DESCRIÇÃO SUCINTA DO MÉTODO

O método utilizado é o da análise discriminatória multivariada de sedimentos modernos, proposto por SAHU (1964)², através do qual é possível distinguir condições ambientais, partindo-se do pressuposto que as variações dos parâmetros estatísticos de um dado sedimento são concordantes com as variações sofridas pelo ambiente deposicional, tanto no tempo como no espaço.

Em outros termos, quando um depósito inconsolidado, resultante da convergência de um grupo de fatores físicos, é submetido a um novo grupo de fatores físicos, ele mostrará tendência para adquirir uma distribuição granulométrica característica, pelo menos compatível com as novas condições. Infelizmente, desconhece-se, até o momento, as magnitudes destas energias bem como o grau de variação das mesmas para sua aproximação à condição de equilíbrio granulométrico para os vários ambientes.

O princípio básico da análise discriminatória multivariada proposta por SAHU (1964)², parte das seguintes premissas:

a — cada ambiente sedimentar pode ser considerado como caracterizado fisicamente por níveis energéticos peculiares;

b — cada ambiente sedimentar tem flutuações de energia dentro de certos limites críticos, e estas podem variar no tempo e no espaço;

c — a «fossilização» das características de energia de ambiente e suas flutuações está condicionada à disponibilidade de quantidades suficientes de material clástico de todas as granulometrias selecionáveis ao receberem o impacto das variações de energia do ambiente;

d — cada ambiente tem nos caracteres texturais de seus depósitos um conjunto de elementos que refletem um intervalo de condições físicas, segundo o que, tendo um, é possível dar a ordem de grandeza do outro.

Partindo dos cálculos dos parâmetros estatísticos pela utilização das fórmulas propostas por FOLK & WARD (1957)¹, SAHU (1964)² estabeleceu quatro fórmulas simples mediante as quais é possível avaliar qual a tendência apresentada por um sedimento como resposta a um determinado conjunto de fatores físicos atuantes

sobre este sedimento na época de sua deposição. O princípio analítico consiste em se determinar o ponto, expresso em valor numérico, da intersecção entre dois ambientes adjacentes em termos de um certo parâmetro. O ambiente, cujas condições físicas mais se aproximam dos valores obtidos pelo cálculo, será bloqueado no instante em que for determinado se o parâmetro Y_u tende para Y_1 ou para Y_2 de um conjunto $Y_{1:2}$.

Deste modo, as seguintes fórmulas de análise discriminatória multivariada foram apanhadas do original de SAHU, para efeito de teste:

a) Distinção entre processo eólico e processo praial

$$Y_a = -3,5688 M_z + 3,7016 \sigma_1^2 - 2,0766 SK_1 + 3,1135 K_G$$

$$Y_a < -2,7411 = \text{deposição eólica}$$

$$Y_a > -2,7411 = \text{deposição praial}$$

Valores médios:

$$\text{deposição eólica} = -3,0973$$

$$\text{deposição praial} = -1,7824$$

b) Distinção entre processo praial e processo marinho raso agitado

$$Y_b = 15,6534 M_z + 65,7091 \sigma_1^2 + 18,1071 SK_1 + 18,504 K_G$$

$$Y_b < 65,3650 = \text{deposição praial}$$

$$Y_b > 65,3650 = \text{deposição marinha rasa agitada}$$

Valores médios:

$$\text{deposição praial} = 51,9536$$

$$\text{deposição marinha rasa agitada} = 104,7536$$

c) Distinção entre processo marinho raso agitado e fluvial (deltaico)

$$Y_c = 0,2852 M_z - 8,7604 \sigma_1^2 - 4,8932 SK_1 + 0,0482 K_G$$

$$Y_c < -7,4190 = \text{deposição fluvial (deltaica)}$$

$$Y_c > -7,4190 = \text{deposição marinha rasa agitada}$$

Valores médios:

$$\text{deposição fluvial (deltaica)} = -10,4418$$

$$\text{deposição marinha rasa agitada} = -5,3167$$

d) **Distinção entre processo fluvial (deltaico) e de correntes de turbidez**

$$Y_d = 0,7215 M_z - 0,430\sigma_1^2 + 6,7322 SK_1 + 5,2927 K_G$$

$Y_d < 9,8433$ = correntes de turbidez

$Y_d > 9,8433$ = deposição fluvial (deltaica)

Valores médios:

correntes de turbidez = 7,9791

fluvial (deltaico) = 10,7115

A partir destas fórmulas procuramos determinar o comportamento do parâmetro Y para uma série de «swash bars» de um perfil amostrado, jogando com os valores da média aritmética (M_z), do quadrado do desvio padrão (σ_1^2), do índice de assimetria (SK_1) e da Curtosis (K_G). Como tais depósitos já haviam sido identificados como de condicionamento aquoso e não eólico ou de correntes de turbidez, unicamente as fórmulas b e c foram utilizadas para efeito desta Nota. Podemos no entanto adiantar que os cálculos foram feitos para as fórmulas a e d, não tendo sido obtidos resultados que mostrassem tendência eólica ou de correntes de turbidez.

ESCOLHA DA SECÇÃO

A fim de combinar convenientemente o método com os objetivos da pesquisa básica em questão, necessário se fazia escolher um dos 15 perfis amostrados, num total de mais de 200 amostras, que nos trouxesse uma situação, a mais ideal possível para que fôsse possível aquilatar e avaliar o grau de precisão, os limites de aplicabilidade e a influência de novas possíveis variáveis que o método viesse apresentar ou sofrer.

Dêste modo, foi necessário ao teste uma secção que apresentasse «swash bars», com as seguintes características:

— da «swash bar» mais antiga para a mais jovem da secção, deveria haver um decréscimo do diâmetro da média aritmética, se não constante, pelo menos que se aproximasse de tal condição; se tal decréscimo não fôsse constante que, pelo menos, as flutuações de diâmetro não impedissem uma observação do comportamento dos valores do parâmetro de análise discriminatória. Uma situação desta natureza permitiria testar o comportamento dos parâmetros Y_b e Y_c com relação ao decréscimo do tamanho de grão mais freqüente em cada amostra:

— que todas as «swash bars» fôsem não só paralelas ou sub-paralelas entre si mas também à praia atual, a fim de obter numa condição o mais ideal possível com relação à atuação hidráulica da laguna e do oceano Atlântico na costa do Rio Grande do Sul sobre os sedimentos atuais;

— que as «swash bars» tivessem uma posição de tal com relação aos acidentes geográficos e a configuração da praia antiga, que não tivessem se formado sob regime hidráulico de certa restrição ou confinamento (baías ou enseadas);

— que o perfil devesse, sob todas as condições acima enumeradas, localizar-se a uma mínima distância das praias marinhas atuais da planície costeira do Rio Grande do Sul, uma vez que é possível supor-se que haja probabilidade que as primeiras «swash bars», isto é, as mais antigas tenham relação com uma deposição marinha

Com algumas restrições de ordem insignificante no conjunto, foi escolhido o perfil localizado a NE da cidade de Pelotas e ao sul da cidade de São Lourenço, na região denominada Feitoria, na qual há uma esplêndida exposição de feixes de restinga que se adaptam às condições exigidas.

CARACTERÍSTICAS TEXTURAIS

Interessante se torna, para fins de observação dos efeitos de conjunto, darmos uma noção das características texturais dos depósitos analisados e posteriormente testados, para a dedução das características físicas do meio depositante.

As análises granulométricas revelaram uma variação da média aritmética entre ϕ 2,116 e ϕ -1,383, em que os termos mais grosseiros dominam a metade mais antiga do perfil e os termos mais finos a metade mais jovem do mesmo. O desvio padrão oscila entre dois limites extremos de 1,116 e 0,381 variando, dêste modo, as amostras entre moderada e pobremente classificadas até bem classificadas. Os valores de assimetria são ora positivos, ora negativos com máximas situadas a -0,452 e 0,544, portanto fortemente negativas e fortemente positivas. Finalmente, a curtosis oscila entre $K_g = 1,941$ e $K_g = 0,721$, variando de extremamente leptocúrticas a platicúrticas.

Neste conjunto, o comportamento geral dos parâmetros estatísticos, considerando o perfil dividido em três frações, é o seguinte:

— No termo constituído pelas «swash bars»

mais antigas, os valores do diâmetro médio aritmético são altamente variáveis; dominam as areias moderadamente classificadas, com assimetria predominantemente positiva e com curtosis igual, inferior ou superior à unidade, mas entre limites não distantes.

— No terço intermediário o valor do diâmetro médio aritmético em geral aumenta com relação ao primeiro terço do perfil, mas continua com variabilidade considerável; são moderadamente classificadas com tendência a pobremente classificadas, assimetria quase que exclusivamente positiva e com curtosis também igual, inferior ou superior à unidade, mas agora com limites mais distanciados que na primeira porção.

— No terço mais jovem e, portanto, mais próximo à praia atual, o valor do diâmetro médio aritmético baixa consideravelmente e se mantém oscilante entre ϕ 1.500 e ϕ 0,950; são moderadamente classificadas, com assimetria predominantemente negativa e com curtosis se comportando de modo idêntico ao primeiro terço do perfil.

Tôdas as variações podem ser observadas no Quadro nº 1.

RESULTADOS OBTIDOS

Ao efetuar um estudo analítico do Quadro nº 1, é possível verificar um interrelacionamento bastante estreito entre a natureza física do depósito e o nível de energia calculado. A lógica leva admitir que, quanto mais grosseira a granulometria de um determinado sedimento, tanto maior será a energia que se deve atribuir ao ambiente deposicional para que o mesmo imprima sobre o arcabouço clástico uma distribuição granulométrica que caracterize a dinâmica deste ambiente.

Dêste modo, ao examinar o Quadro 1, nota-se que há uma tendência dos parâmetros Y_b e Y_c apresentarem valores que identificam condições praias e marinho raso agitado nas duas seções extremas do perfil, diferenciando-se ambos pelo diâmetro médio aritmético e pelo índice de assimetria com os parâmetros mais significativos para o caso. Ora, se através dos cálculos de Y se deduz uma recorrência dos tipos de condições ambientais e, relacionando estas condições com o decréscimo de tamanho de grão dos depósitos mais antigos para os mais jovens, duas suposições são viáveis: ou houve uma recorrência de nível de energia semelhante nas duas sec-

ções ou apenas um decréscimo progressivo do diâmetro médio disponível. Partindo da interação energia/diâmetro de grão, é lógico imaginar que os depósitos mais antigos, para adquirir características de uma distribuição granulométrica de ambiente praial ou marinho raso agitado, só poderiam ter sido depositados sob condições de elevada energia. Já o mesmo não é possível afirmar com segurança para a porção mais jovem da secção.

A secção intermediária, entretanto, apresenta uma anomalia contrastante quando comparada com as duas secções adjacentes. Note-se que a tendência de Y_b é exclusivamente marinho raso agitado, ao passo que Y_c tende para fluvial em vez de confirmar o marinho raso. Este aspecto nos sugere uma certa incompetência do ambiente em retrabalhar integralmente os detritos clásticos trazidos para a região numa dada época. Este aspecto nos leva a supor condições de energia de ambiente marinho raso, mas restringidas ou diminuídas relativamente à secção mais antiga. As amostras de diâmetro médio aritmético elevado apresentam características de dupla tendência, ao passo que, nas amostras de diâmetro menor, a tendência é uma só.

Assim sendo, as condições de energia, traduzidas pelas amostras de perfil teste, variaram progressivamente num decrescente no decorrer do tempo pelo menos para a maior parte da secção; o ambiente passou de condições de elevada energia para baixa energia, acompanhado por um decréscimo oscilante do diâmetro médio aritmético, e de uma variação do grau de assimetria de positivo para negativo. Esta variação do índice de assimetria, de positivo na seção mais antiga, para negativo na seção mais jovem, nos revela igualmente que houveram condições de lavagem (winnowing) sobre os depósitos mais antigos, o que nos depósitos mais jovens não ocorreu.

Num dado instante, as condições hidráulicas de meio ambiente não foram suficientes para, por variação talvez do nível de base regional e conseqüente afluxo de grande quantidade de material grosseiro fluvial, retrabalhar estes detritos e imprimir-lhes uma distribuição granulométrica praial típica ou similar. Sob novas condições hidráulicas finais e de menor energia de transporte, o ambiente pode ter agido de duas maneiras, isto é, diminuindo o tamanho de grão dos depósitos mais antigos por retrabalhamento, ou apenas colocando em suspensão os diâmetros mais finos dos depósitos de fundos próximos à praia e na zona de rebentação.

CONCLUSÕES

São estes os aspectos que esta pesquisa básica do método permitiu atingir, como uma primeira aproximação. Desnecessário se torna destacar que a presente pesquisa é teste de um determinado método e visou avaliar o seu grau de aproximação e até que ponto pode ser considerado válido.

Dêste modo, é viável comentar o método com as seguintes ponderações e precauções:

— em princípio, não fornece elementos que permitam afirmar com precisão qual o ambiente aquoso que governou a formação de um dado depósito;

— a aproximação que se obtém só é válida quando se raciocinar do ponto de vista de nível de energia de transporte para um determinado tamanho de grão constante e as resultantes geradas pelas variações desta energia, isto é, a única aproximação que se extrai é apenas uma condição de semelhança;

— variando o tamanho de grão paralelamente a uma variação da energia, ambos num mesmo sentido, se obtém, sempre e invariavelmente, a mesma condição de características calculadas de ambiente, apesar delas terem variado no aspecto de energia e, portanto, originando ambientes naturais progressivamente diferentes;

— é possível aproximar as características de variação dos ambientes transicionais, com base em amostras naturais, desde que conhecidos os traços da fisiográfica da região e algumas, senão a grande maioria, das variáveis que de um lado condicionaram e de outro participaram ou foram condicionadas por tal desenvolvimento. Estes fatos são por vezes extremamente difíceis de serem determinados em depósitos antigos;

— o método nos possibilita estabelecer se uma dada distribuição granulométrica foi parcial ou totalmente reformulada num ambiente novo, considerando sempre que uma carga clástica fluvial só adquirirá características lagunares, marinhas ou de qualquer ambiente onde seja lançada após lá ter chegado. A dupla tendência do parâmetro Y nos possibilita aproximar este grau de redistribuição;

— uma vez satisfeitas estas premissas, adicionadas às ponderações do autor do método, a análise discriminatória multivariada, como apoio à distinção entre mecanismos ou ambientes em termos de nível de energia é perfeitamente utilizável.

AGRADECIMENTOS

O autor externa seus agradecimentos aos professores Luiz Roberto Martins, Othon Sá Castanho e Eurico Rômulo Machado, do Instituto de Geociências da UFRGS, pela revisão, sugestões e críticas à presente Nota.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. FOLK, R. L. & WARD, W. C. (1957) — Brazos river bar; a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 27 (1): 3-26, 1957.
2. SAHU, B. K. (1964) — Depositional mechanic from the size analysis of clastic sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 34(1): 73-83, 1964.

QUADRO N° 1

Valôres dos parâmetros estatísticos calculados pelas fórmulas de Folk e Ward (op. cit.) e os valôres dos parâmetros Y_B e Y_C de análise discriminatória multivariada segundo Sahu (op. cit). A idade das «swash bars» decresce da amostra 126 para a 151. As letras P, M e F indicam condições praial, marinho raso agitado e fluvial, respectivamente.

Amostra	M_z	σ_1	SK_1	K_G	Y_B	Y_C	Ten- dência
126	1,550	0,381	0,132	1,494	59,029	P- 0,111	M
127	0,350	0,668	0,163	1,202	37,130	P- 3,160	M
128	2,116	0,635	0,271	1,192	90,488	M- 4,721	M
129	1,650	0,531	0,325	0,983	56,580	P- 0,354	M
130	0,133	0,896	0,283	1,363	70,560	M- 8,345	M
131	0,333	0,806	0,053	1,188	60,390	P- 5,981	M
132	0,750	1,026	0,017	0,725	94,579	M- 9,051	M
133	1,216	0,742	0,211	0,839	74,507	M- 5,464	M
134	0,650	0,903	0,218	1,044	86,985	M- 7,970	M
135	0,116	0,983	0,068	1,308	70,722	M- 8,698	M
136	1,383	1,116	1,544	1,151	91,321	M-13,906	M
137	0,506	1,063	0,122	0,967	102,358	M-10,293	M
138	1,400	0,736	—0,020	0,821	72,335	M-4,2081	M
139	1,200	0,931	0,092	0,721	90,682	M- 7,660	M
140	1,033	0,924	—0,085	0,756	84,658	M- 6,727	M
141	1,500	0,806	—0,452	0,928	91,465	M- 3,003	M
142	1,566	0,810	—0,391	0,910	77,361	M- 3,344	M
143	1,400	0,944	—0,470	0,791	86,588	M- 5,068	M
144	1,816	0,451	—0,325	1,941	71,778	M- 0,422	M
145	1,666	0,514	—0,105	0,970	59,456	P- 1,278	F
146	1,766	0,562	—0,402	1,147	76,827	M- 0,234	F
147	0,950	0,670	—0,025	1,115	64,487	P- 3,477	F
148	1,366	0,702	—0,041	1,082	74,459	M- 3,668	F
149	1,100	0,468	—0,178	1,743	60,626	P- 0,651	F
150	1,300	0,485	0,230	0,846	55,595	P- 2,773	F
151	0,950	0,684	—0,017	1,102	65,631	M- 3,684	F