

Sedimentologia e estratigrafia de um depósito deltaico gerado por modelagem física empregando amostragem tipo testemunho

Cristiano FICK¹, Ana Luiza de Oliveira BORGES² & Rafael MANICA³

- ¹ Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves 9500, CEP 91540-00, Porto Alegre, RS, Brasil (cristiano.fick@ufrgs.br).
- ² Departamento de Hidrologia e Hidráulica, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91540-00, Porto Alegre, RS, Brasil (alborges@iph.ufrgs.br).
- ³ Departamento de Hidrologia e Hidráulica, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91540-00, Porto Alegre, RS, Brasil (manica@iph.ufrgs.br).

Recebido em 09/2015. Aceito para publicação em 12/2016.

Versão online publicada em 08/05/2017 (www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br)

Resumo - A análise de testemunhos de depósitos sedimentares é um método rotineiramente utilizado nos estudos sedimentológicos e estratigráficos. Propõe-se neste trabalho um método inédito para amostrar depósitos sedimentares gerados por de modelagem física em escala reduzida, adaptando o método de testemunhagem para descrever e interpretar depósitos deltaicos e, posteriormente, determinar o quão representativa é a simulação do ponto de vista geológico. O processo de amostragem inicialmente consiste na perfuração vertical do depósito, ou seja retirada do material sedimentar, e posterior preenchimento da cavidade por resina. A resina penetra horizontalmente alguns centímetros nas camadas sedimentares e, após a secagem, permite a retirada de um testemunho bastante preservado. No total foram descritos 30 testemunhos, gerando perfis verticais de fácies que posteriormente foram interpretados e correlacionados, usando modelos e conceitos de sedimentologia e estratigrafia. Nos testemunhos foram identificadas características sedimentológicas e geométricas similares àquelas encontradas em deltas naturais, o que permitiu interpretar as associações de fácies deltaicas e, juntamente com a correlação lateral dos perfis, mostrar a evolução estratigráfica do depósito.

Palavras-chave: testemunhos sedimentares, modelagem física 3D em escala reduzida, sedimentologia experimental, sistemas deltaicos.

Abstract - SEDIMENTOLOGY AND STRATIGRAPHY OF A DELTAIC DEPOSIT GENERATED BY PHYSICAL MODELLING FROM CORE SAMPLES. In natural ambient, the analysis of deposit cores is a method widely used in sedimentological and stratigraphic studies. It is proposed in this paper, a new method to sample sedimentary deposits generated by physical modeling in small scale. This method was adapted in order to extract additional details and information in terms of geological point of view of the deposit generated. At the lab, the sampling process, consisted in a vertical hole on the deposit and removal sedimentary material, and then, filling the hole with resin. The resin penetrates horizontally a few inches in the sedimentary layers along all vertical cores and, after impregnation, allows the removal of a well preserved core. A total of 33 cores was collected and described, producing vertical profiles of facies which are then interpreted and correlated by using the models and concepts of sedimentology and sequence stratigraphy. Similar geometries and sedimentary features related to natural deltas were observed. It was also possible evaluate the deltaic facies associations and established a longitudinal section of the deposit in order to understand its stratigraphic evolution.

Keywords: sedimentary core, experimental sedimentology, 3D physical modeling, deltaic systems.

1 Introdução

Em estudos de sedimentologia e estratigrafia, a descrição de testemunhos de depósitos e rochas sedimentares é um procedimento rotineiramente utilizado. O testemunho consiste em uma amos-

tra coletada durante a perfuração de um poço ou sondagem vertical. A amostragem de material da subsuperfície permite extrair informações de suas propriedades, tais como tamanho de grão, composição, conteúdo fossilífero, estruturas sedimentares, superfícies erosivas, além de uma gama de da-

dos geofísicos, geoquímicos e petrológicos. Estas informações são fundamentais para interpretar o empilhamento estratigráfico, correlacionar dados e explicar a evolução estratigráfica de um sistema ou bacia sedimentar.

Por outro lado, não é usual confeccionar testemunhos em depósitos sedimentares gerados por simulação física em escala reduzida. Um método de testemunhagem adaptado para modelos físicos que permita um melhor detalhamento descritivo, juntamente a outros métodos já consagrados, tais como *lacquer peels* (p. ex. Baas *et al.*, 2004); fatiamento vertical (p. ex. Paola *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2010); levantamento topográfico por raio laser (p. ex. Manica, 2002; Del Rey, 2006, Cantelli *et al.*, 2011), poderia significar um avanço na interpretação destes depósitos simulados. Desta maneira, a aplicação da técnica de testemunhagem contribuiria no entendimento da “*unreasonable effectiveness*” de uma simulação física de sistemas sedimentares (Paola *et al.*, 2009), ou seja, sua representatividade para com os seus respectivos protótipos naturais.

A principal vantagem da técnica de testemunhagem consiste no fato que, devido ao fácil manuseio, descrição e interpretação, ela permite a análise direta com o sedimento e sua estruturação, obtendo um detalhamento preciso de suas características (tamanho de grão, feições estruturais, composição etc.). Além disto, é possível preservar fisicamente partes do depósito sedimentar, para que posteriores observações sejam realizadas a qualquer tempo. Barker (2005) e Manica (2009) apresentaram exemplos de aplicação de metodologia de testemunhagem para obtenção de dados de composição e granulometria de grãos. Por outro lado, as espessuras de depósitos geradas podem ser reduzidas (ordem de mm ou poucos cm), o que dificulta qualquer tentativa de descrição vertical do mesmo.

O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de uma nova técnica de coleta de amostras verticais a partir da utilização de resina, que permita a retirada de uma amostra indeformada do depósito sedimentar, ou seja, um testemunho. Além da coleta de testemunhos, foi adaptada uma metodologia de descrição de depósitos naturais para um depósito deltaico gerado em laboratório, a fim de se realizar a interpretação sedimentológica e estratigráfica do depósito.

Nos testemunhos foram descritas suas características sedimentológicas e estruturais, gerando perfis colunares; interpretadas suas possíveis associações de fácies, com base em modelos e conceitos vigentes na literatura; e correlacionados

lateralmente, gerando seções longitudinais que exibem o arcabouço estratigráfico do depósito.

Ainda, a partir dos resultados obtidos, procurou-se avaliar o quão representativo é o depósito simulado, ou seja, observar quais as semelhanças entre o delta originado em laboratório e os deltas descritos na literatura.

2 Materiais e métodos

O procedimento metodológico adotado seguiu quatro etapas distintas (Fig. 1): coleta dos testemunhos, descrição, interpretação e correlação lateral. O detalhamento de cada etapa será apresentado nos subitens seguintes, porém, inicialmente, será exposto como foi gerado o depósito deltaico em escala reduzida.

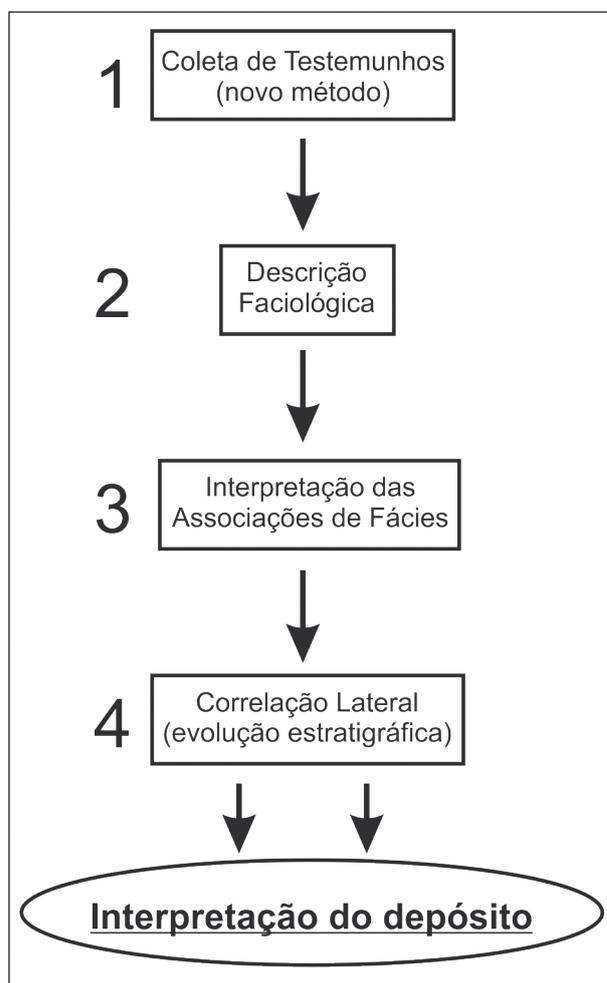


Figura 1. Fluxograma do método de análise.
Figure 1. Flowchart of the analysis method.

2.1 Formação do depósito deltaico dominado por rios

Em laboratório foi simulado um ambiente costeiro - plataformal raso, onde se tem a conexão dos sistemas fluviais, deltaicos e marinhos, tendo

as condições de contorno - vazão, concentração volumétrica de sedimentos e nível de base - controladas (Tab. 1). O tanque onde o experimento foi executado possui forma de canal-bacia, com suas dimensões indicadas na figura 2. Os experimentos consistiram em uma injeção de mistura água e sedimento, contínua no tempo na região do canal, deixando a corrente gerada se desenvolver ao longo da bacia e criar o seu registro deposicional. O sedimento utilizado para representar os sedimentos naturais (quartzo) foi o carvão mineral tipo *Cardiff* 205 com massa específica de 1.190 kg/m^3 e possuindo a seguinte distribuição granulométrica (Fig. 3): 30 % finos ($< 0,062 \text{ mm}$; argila - silte) e 70 % de grossos ($0,062 - 0,250 \text{ mm}$; areia muito fina a fina).

O depósito deltaico sedimentar (Fig. 4) foi gerado ao longo de oito ensaios (E1 a E8), com du-

ração total de 2.430 min. Durante estes ensaios, foram feitas variações em algumas condições de contorno do experimento, principalmente na concentração de sedimentos e no nível de base (Fig. 5). O modelo foi submetido a um rebaixamento do nível de base, simulando um nível de base alto, passando por um nível em queda e posteriormente um nível baixo (Fig. 5A). Os detalhes dos experimentos são explicados e discutidos por Manica & Borges (2015), sendo que o experimento citado aqui corresponde à fase III da série de quatro fases experimentais realizadas.

Ao final de cada ensaio, um marcador colorido foi espalhado sobre a superfície do depósito, de modo que se pudesse demarcar precisamente o empilhamento dos depósitos produzidos a cada ensaio. A espessura média do depósito foi de, aproximadamente, 15 cm.

Tabela 1. Parâmetros de controle do experimento por ensaio.
Table 1. Controlled experiments parameters for each run.

Testemunho	Espessura (cm)	Espessura Relativa		
		Prodelta	Frente Deltaica	Planície deltaica
#10	16.5	24%	61%	15%
#11	15.5	32%	58%	10%
#12	18.0	22%	67%	11%
#14	6.7	33%	67%	0%
#15	14.0	14%	64%	21%
#16	16.0	19%	66%	16%
#17	15.5	26%	61%	13%
#18	17.0	24%	56%	21%
#19	19.0	18%	55%	26%
#20	19.5	21%	64%	15%
#21	17.5	9%	74%	17%
#22	10.0	20%	80%	0%
#23	16.0	13%	59%	22%
#24	8.0	13%	75%	13%
#25	17.0	9%	50%	41%
#26	8.5	18%	71%	12%
#28	8.5	29%	71%	0%
5A	16.5	15%	73%	12%
#1	8.5	Não Interpretado		
#2	12.0			
#3	12.8			
#4	13.5			
#5	12.2			
#6	6.0			
#7	16.3			
#8	15.0			
#9	15.0			
1A	15.8	Extraviado		
3A	19.0			
#13				
#27				
2A				
4A				



Figura 2. Esquema do tanque de experimentos e suas dimensões.

Figure 2. Layout and dimensions of the experimental tank.

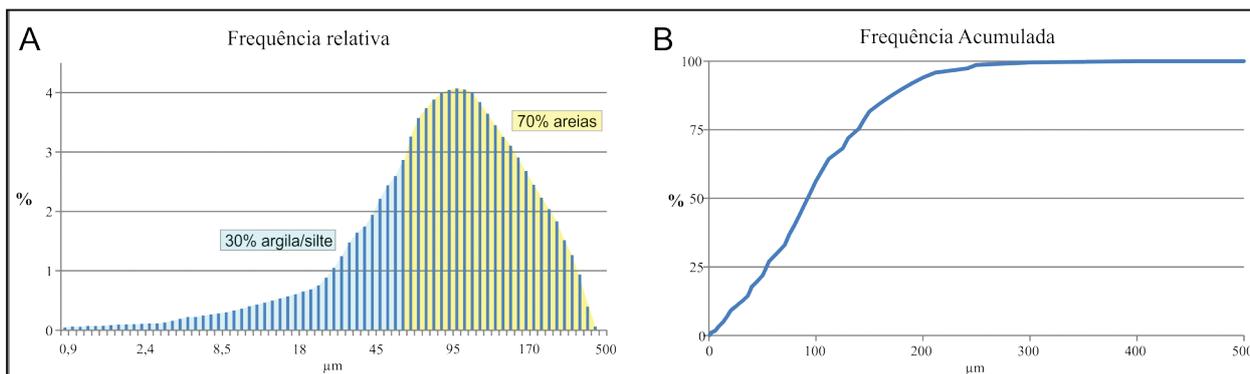


Figura 3. Caracterização granulométrica dos sedimentos utilizados no experimento. A) Gráfico de frequência relativa (histograma de uma amostra de carvão moído); B) Gráfico de frequência acumulada.

Figure 3. Sediments grain size of the suspension used in the experiment. A) Graphic of relative frequency (histogram of milled coal sample); B) Graphic of cumulative frequency.

2.2 Coleta dos testemunhos

Inicialmente foi planejada uma rede de coleta de testemunhos de modo que abrangesse os principais ambientes do sistema. Foram coletados 33 testemunhos com espessuras variando entre 8 cm e 22 cm (Tab. 2), alinhados segundo três seções *dip* no modelo reduzido do sistema deltaico, e duas seções *dip* da parte que representava o sistema fluvial, com espaçamento lateral de aproximadamente 20 cm entre os testemunhos (Fig. 6). Houve a necessidade de se desenvolver uma nova técnica de coleta de testemunhos, com algumas diferenças em relação à adotada em campo, principalmente no que se refere à porção do material amostrado e também a necessidade da adição de uma resina

para melhor conservação da amostra.

A perfuração foi feita utilizando um tubo de vidro de 20 mm de diâmetro, partindo do topo até a base do depósito. Foi necessário perfurar delicadamente, para evitar deformações da estruturação interna. Diferentemente do campo, onde o testemunho provém da parte interna do objeto perfurante, este método amostrou o material da parte lateral desta perfuração. Após a retirada de todo material sedimentar do furo, foi inserido uma mistura de resinas (Aradur 53-S, Araldite LY 1316 BR e Araldite DY 023), seguindo as orientações do fabricante. Notou-se que a resina penetrava lateralmente alguns centímetros no depósito, sendo que em algumas camadas houve maior infiltração, e em outras nem tanto, de acordo com a porosidade e

permeabilidade das mesmas (Fig. 7). O tempo de secagem da resina no depósito é de algumas horas, de modo a atingir a rigidez necessária para extração do testemunho sem deformação. No topo deste testemunho foi marcada sua posição e orientação (norte) para futuras referências.

2.3 Descrição dos testemunhos

As ferramentas utilizadas na descrição (Fig. 8) foram: um suporte de madeira (250 mm x 110 mm), onde era fixado o testemunho; régua; escala granulométrica e lupa com aumento de 3 vezes. Para a confecção dos perfis colunares foi utilizado o *software* Corel Draw®.

Os perfis verticais reproduzem as espessuras das fácies, o tamanho de grão que é estimado visualmente usando uma escala comparativa, es-

truturas/geometrias, superfícies erosivas e ângulo de mergulho dos estratos. O critério utilizado para individualizar cada unidade estratigráfica (fácies) foi puramente visual: identificando superfícies que limitam unidades com textura e/ou estrutura distintas em relação ao que se tem abaixo e acima delas.

2.4 Interpretação dos perfis verticais

Esta etapa visou identificar as associações de fácies deltaicas representativas dos perfis gerados, utilizando-se modelos conhecidos na literatura relativos a sistemas deltaicos (Fig. 9), porém, restringindo-se aos parâmetros possíveis de serem descritos: variação no tamanho dos grãos, atitude espacial das camadas (estratificação) e superfícies discordantes (truncamentos).

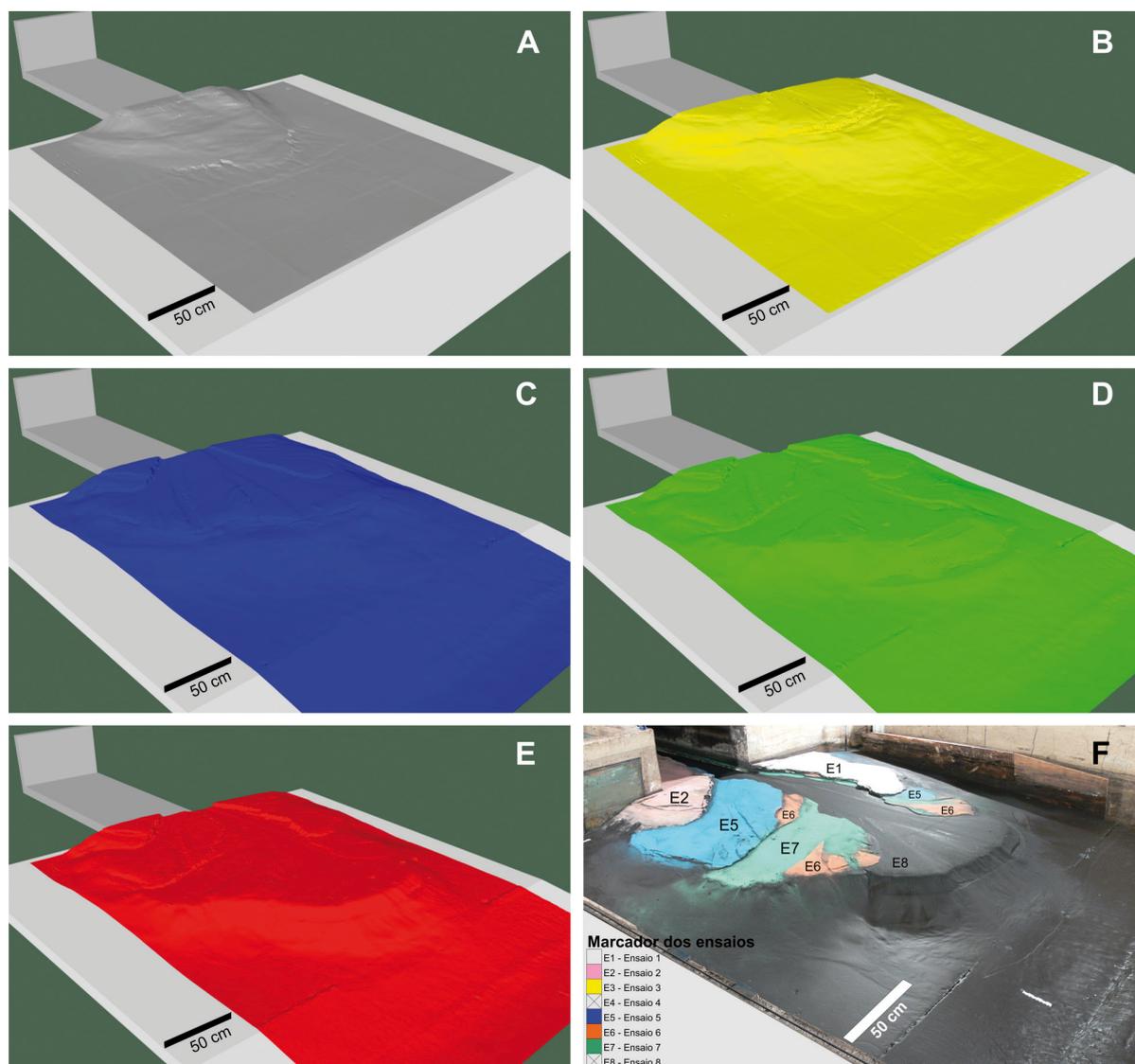


Figura 4. Evolução deposicional do delta simulado. A) Superfície do ensaio E1; B) Superfície do ensaio E3; C) Superfície do ensaio E5; D) Superfície do ensaio E7; E) Superfície do ensaio E8; F) Depósito final.

Figure 4. Depositional evolution of the simulated delta. A) Surface of the simulation E1; B) Surface of the simulation E3; C) Surface of the simulation E5; D) Surface of the simulation E7; E) Surface of the simulation E8; F) Final deposit.

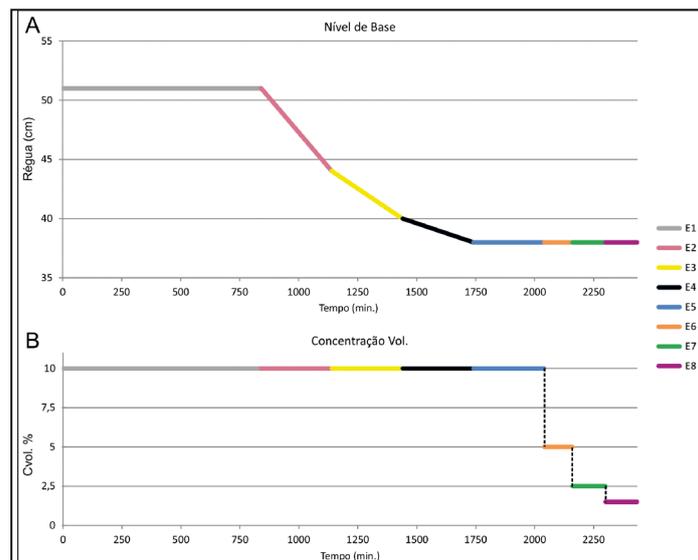


Figura 5. Comportamento dos parâmetros de entrada ao longo do experimento. A) Gráfico do nível de base; B) Gráfico da concentração volumétrica de sedimentos.

Figure 5. Boundary conditions behavior during the experiment. A) Graphic of the base level; B) Graphic of the sediment volumetric concentration.

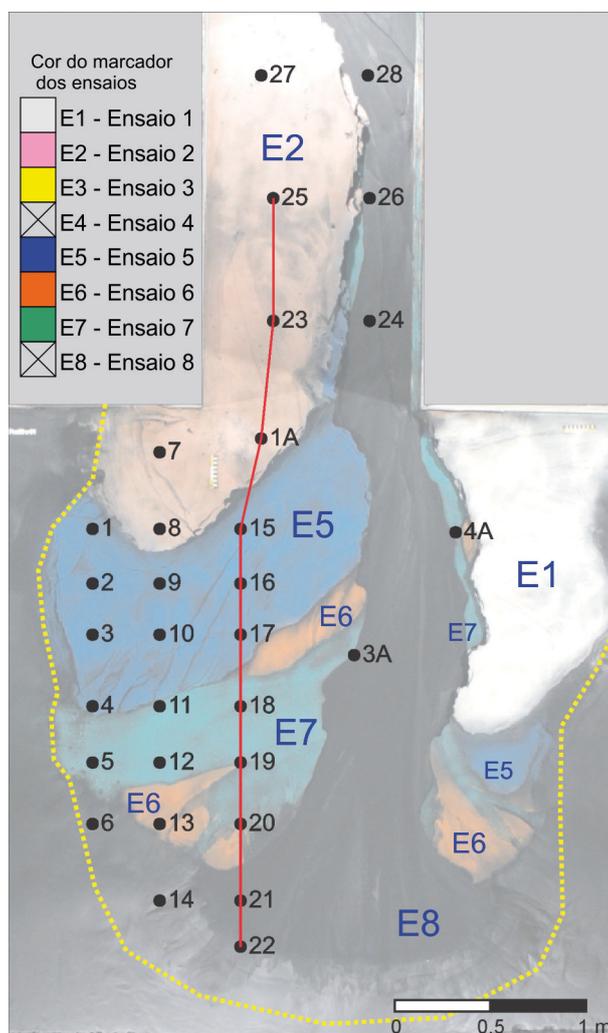


Figura 6. Imagem de superfície após os ensaios realizados. Na legenda, cada cor representa a superfície do depósito ao final de um ensaio; os pontos numerados foram os locais de coleta dos testemunhos, a linha vermelha representa a seção longitudinal gerada com a correlação dos testemunhos e a linha tracejada amarela representa a linha de costa aproximada após o final do experimento.

Figure 6. Image of the experiment surfaces after each experiment. In the legend, the colors represent the deposit surface of an experiment; the numbered points represent the cores places; the red line indicates the longitudinal section generated by the lateral correlation of the cores; the yellow dashed line represents the coastline after the entire experiment.

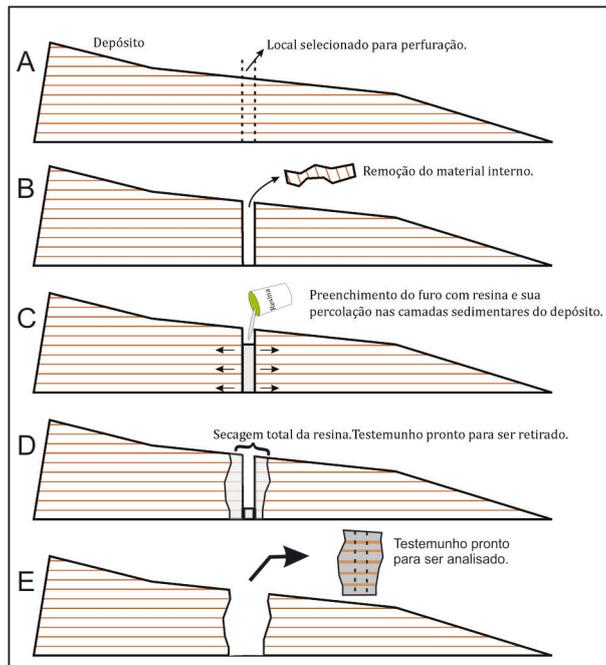


Figura 7. Etapas da coleta de testemunhos. A) Introdução do tubo no depósito; B) Remoção do material sedimentar interno ao tubo; C) Preenchimento do furo com resina e sua percolação lateral no depósito; D) Secagem; E) Remoção do testemunho.
 Figure 7. Steps of the cores collect. A) Pipe insertion on the deposit; B) Pipe sediment remotion; C) Hole filling and lateral percolation of the resin; D) Resin drying; E) Core remotion.

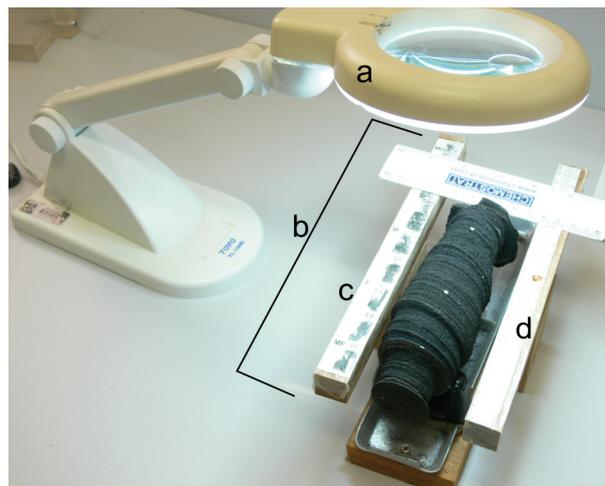


Figura 8. Ferramentas utilizadas na descrição dos testemunhos. A) Lupa; B) Suporte de madeira; C) Escala granulométrica; D) Régua milimetrada.
 Figure 8. Tools used in the cores descriptions. A) Magnifying glass; B) Timber stand; C) Grain size scale; D) Millimetric ruler.

Tabela 2. Espessuras dos testemunhos e espessuras relativas por associação de fácies.
 Table 2. Core thickness and relative thickness for facies association.

Ensaio	Duração (min)	Tempo total (min)	Nível de base (cm)		Volume (l)	Concentração vol. (%)	Vazão média (l/min)
			Inicial	Final			
E1	840	840	51	51	4148.7	10.0	4.6
E2	300	1140	51	44	1440.7	10.0	5.0
E3	300	1440	44	40	1463.5	10.0	5.0
E4	300	1740	40	38	1465	10.0	5.0
E5	300	2040	38	38	1453.6	10.0	5.0
E6	120	2160	38	38	568.7	5.0	5.0
E7	140	2300	38	38	700.4	2.5	5.0
E8	135	2435	38	38	658.7	1.5	5.0

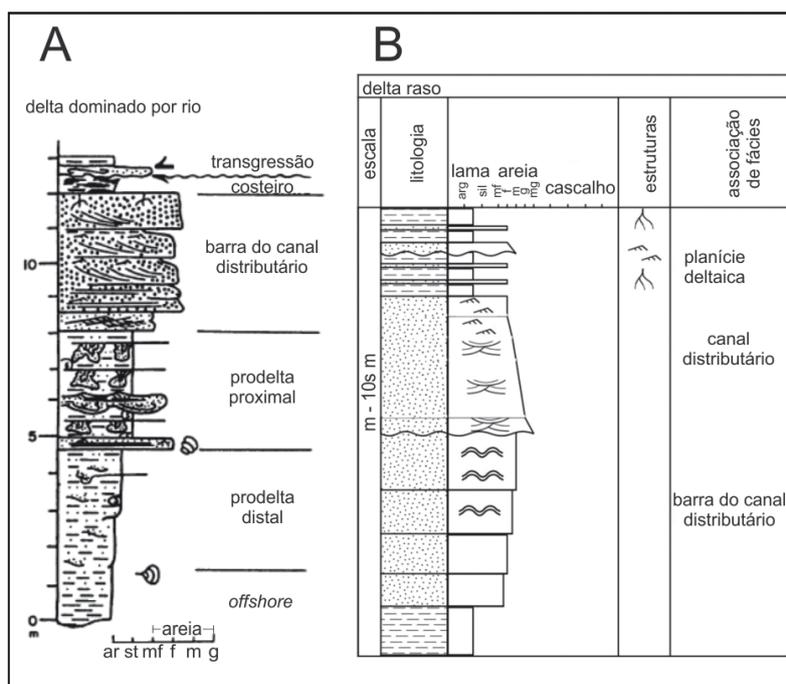


Figura 9. Modelos de perfis verticais de fácies típicos de sistemas deltaicos. A) Modificado de Bhattacharya & Walker (1991); B) Modificado de Nichols (2009).

Figure 9. Deltaic facies associations models. A) Modified of Bhattacharya & Walker (1991); B) Modified of Nichols (2009).

2.5 Correlação lateral dos perfis verticais

Para compreender a evolução estratigráfica, ou seja, a evolução temporal na deposição dos estratos foi necessário considerar todo o trato deposicional, compreendendo o domínio fluvial, deltaico e da bacia. Para isso foi escolhida uma seção *dip* (Fig. 6) que compreendesse uma grande extensão do depósito. Desta correlação lateral obteve-se um arcabouço das associações de fácies, que mostra a disposição litológica lateral, portanto, de um ponto de vista descritivo, e o arcabouço estratigráfico que mostra a evolução do sistema deltaico relacionado com a curva de variação do nível de base durante o experimento.

Na interpretação do arcabouço estratigráfico foram empregados conceitos da estratigrafia de sequências, principalmente no que diz respeito à variação do nível de base e à dinâmica da linha de costa (Fig. 10). Porém, evitou-se identificar tratos de sistemas e superfícies chave, devido à complexidade envolvida nesta representação.

3 Resultados

Os testemunhos coletados no depósito final gerado ao longo do experimento (Fig. 11) apresentaram boas condições de preservação dos sedimentos e de estratificação, permitindo a descrição detalhada de suas características, e tinham a rigidez e resistência suficiente para o manuseio do mesmo, sem risco de quebra e de desagregação

das partículas durante as descrições.

Quanto às características internas das fácies observaram-se apenas texturas maciças, ou seja, sem estruturas sedimentares. Embora não se tenha observado variação no tamanho de grão ao longo de uma camada, verificou-se variações acentuadas ao longo do testemunho, que, inclusive, se tornam evidentes pela própria largura dele: as fácies de grãos mais finos apresentam uma largura menor em consequência de uma infiltração menos acentuada de resina; as fácies de grãos mais grossos apresentam larguras relativamente maiores, pois a resina infiltra mais nos poros maiores destas (Fig. 12 e 13).

Com a interpretação dos perfis verticais (Fig. 12 e 13), foram caracterizadas as associações de fácies típicas de um delta, que compreendem os elementos deposicionais planície deltaica, frente deltaica e prodelta.

O elemento prodelta se diferenciou pela intercalação de silte, areias muito fina e fina, geralmente em estratos delgados, com ângulos de mergulho inferiores a 8° que refletiam basicamente a inclinação do fundo do tanque.

O elemento frente deltaica se caracterizou pela intercalação de areias finas e médias com padrão granoscrecente, geralmente em camadas mais espessas e com declividades superiores a 8°, representando suas clinofórmulas características.

O elemento planície deltaica se distinguiu pela presença de areias muito finas a grossas, num padrão granodecrescente ascendente, principal-

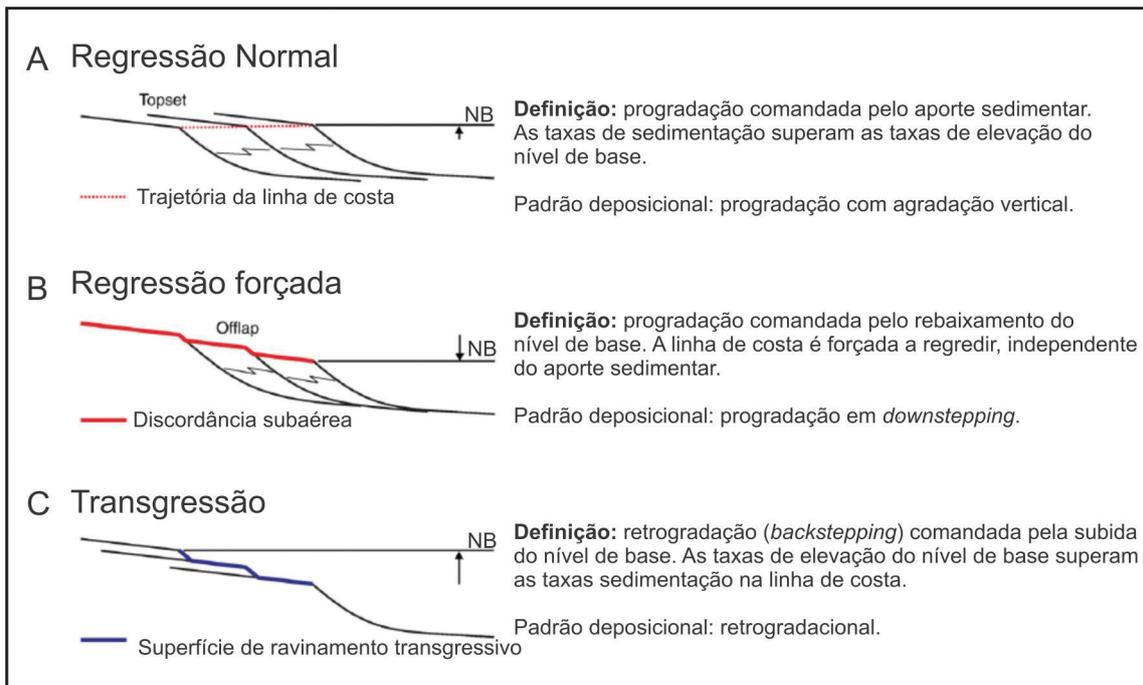


Figura 10. Tipos genéticos de depósitos e suas respectivas trajetórias de linha de costa (modificado de Catuneanu *et al.*, 2009). A) Progradacional com regressão normal da linha de costa; B) Progradacional e degradacional com regressão forçada da linha de costa; C) Retrogradacional com transgressão da linha de costa.

Figure 10. Genetic types of deposits and their coastline trajectories (modified of Catuneanu *et al.*, 2009). A) Progradational with normal regression; B) Progradational and downstepping with forced regression; C) Retrogradational with coastline transgression.

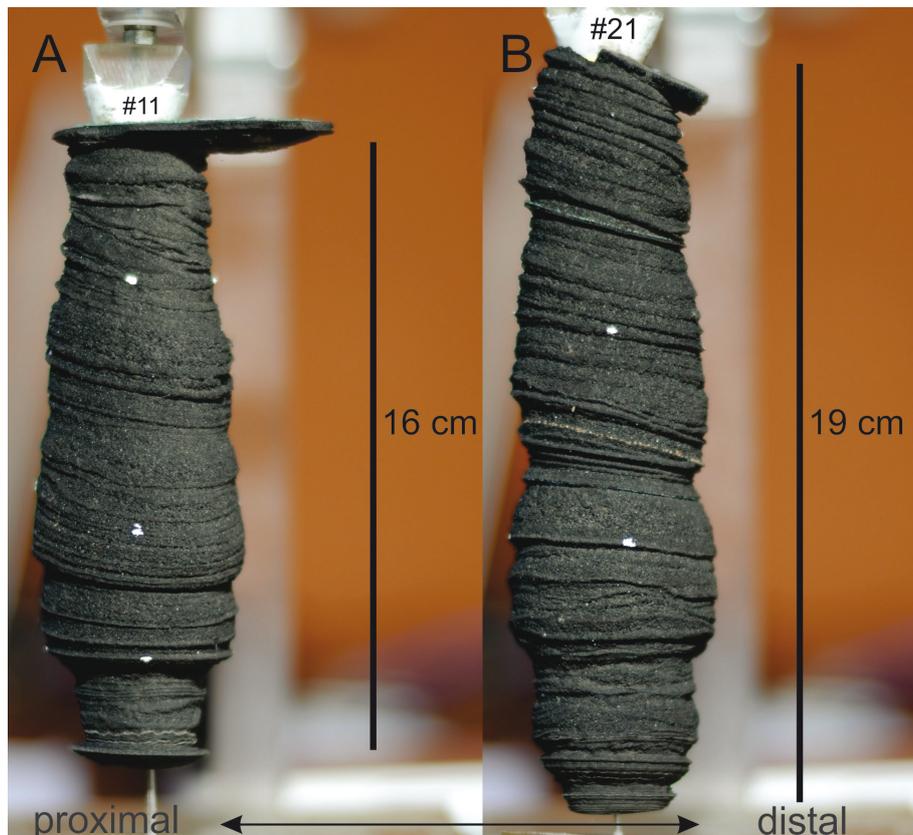


Figura 11. Testemunhos típicos do depósito gerado. A) Depósito proximal (#17); B) Depósito distal (#21).

Figure 11. Collected cores in this study. A) Proximal deposit (#17); B) Distal deposit (#21).

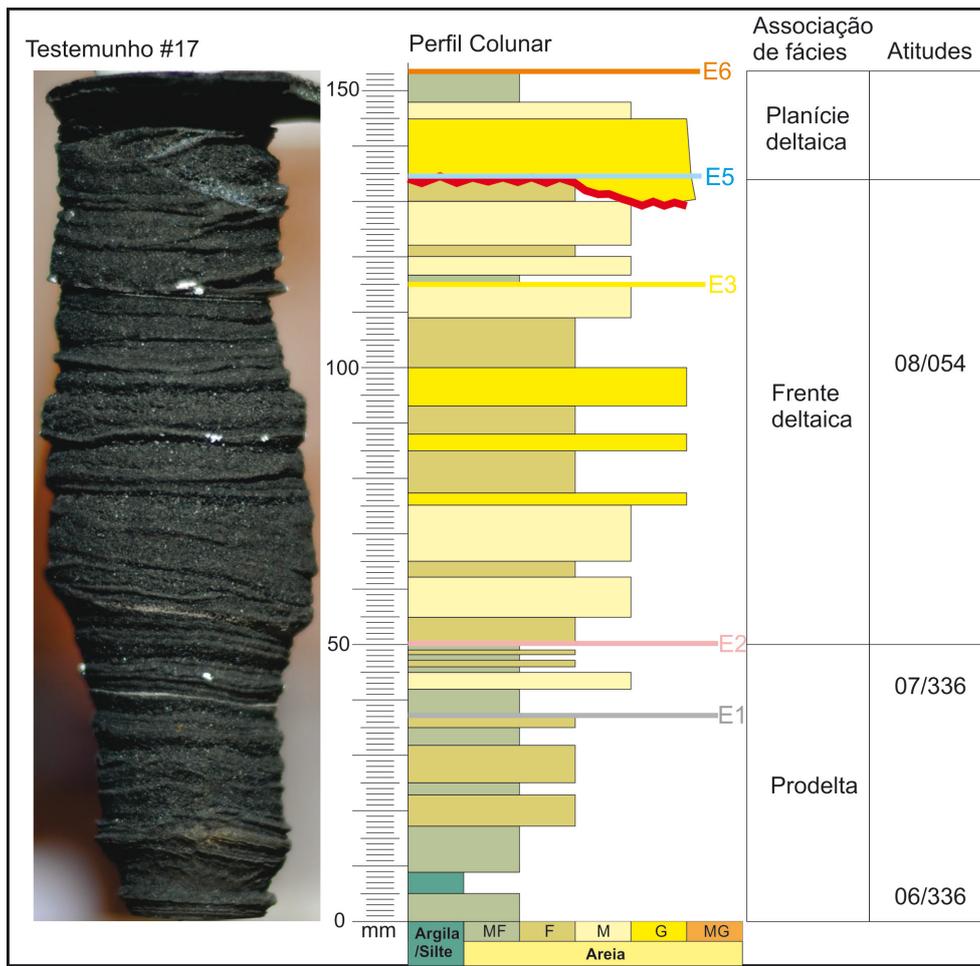


Figura 12. Interpretação das associações de fácies do testemunho #17.
 Figure 12. Facies associations interpretation of the core #17.

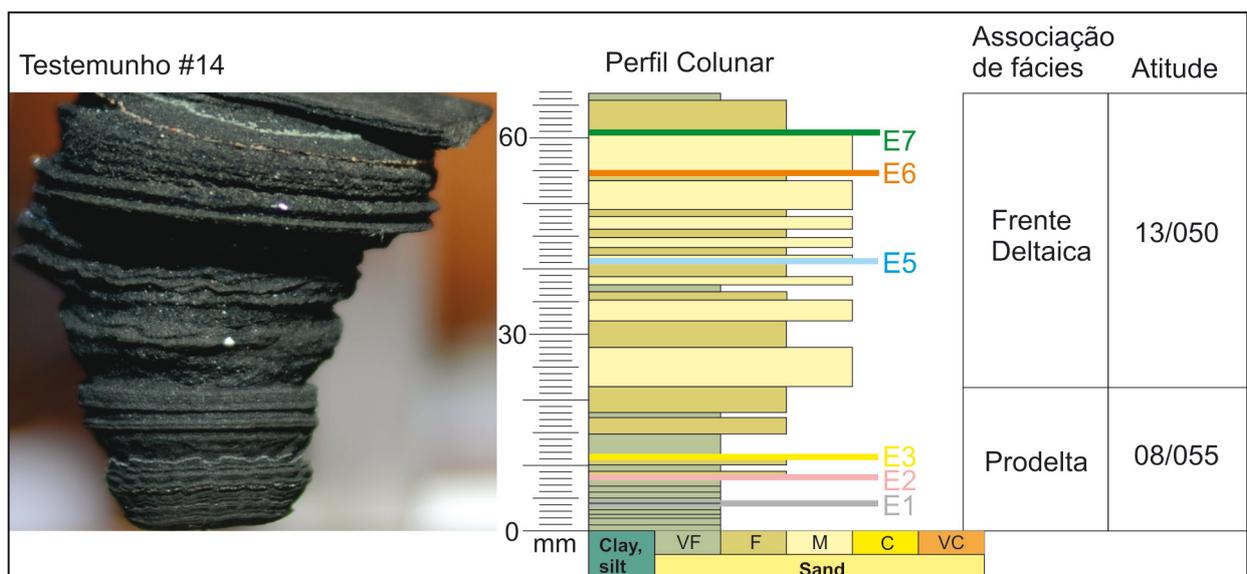


Figura 13. Interpretação das associações de fácies do testemunho #14.
 Figure 13. Facies associations interpretation of the core #14.

mente pela presença de geometrias acanaladas, cujas suas bases truncavam as fácies da frente deltaica (Fig. 14), indicando comportamento erosivo,

sendo interpretadas como segmentos de canais distributários do delta que migravam na planície deltaica durante a progradação do sistema.

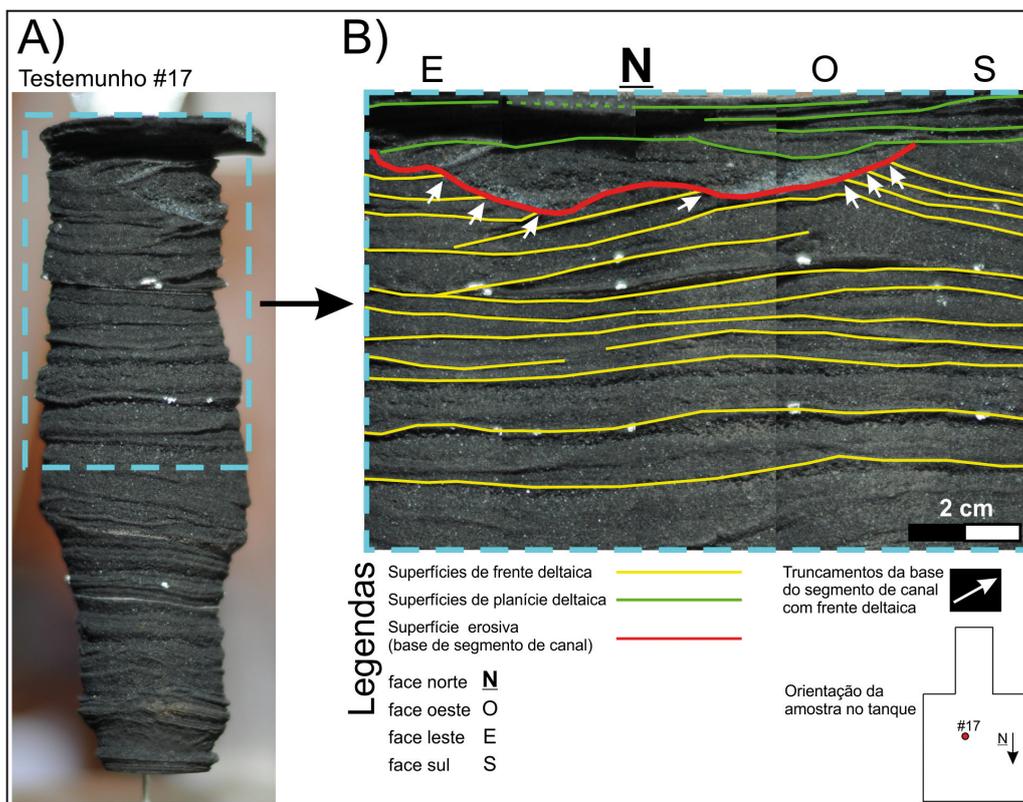


Figura 14. Geometrias acanaladas de topo. A) Testemunho #17; B) Mosaico das faces de topo do testemunho #17. No mosaico é possível observar uma forma acanalada (linha tracejada vermelha) bem definida truncando os estratos subjacentes (linhas amarelas), e estratos horizontalizados preenchendo e capeando esta forma acanalada. A orientação apresentada na figura sugere que o eixo deste canal se dava NE-O (leve meandro), com uma de suas margens a S e a outra margem se projetando para N-NO.

Figure 14. Channel features of the top. A) Core #17; B) Top view mosaic of the core #17. On the mosaic, is possible to observe a well developed channel shape (red dashed line), truncating underlying strata (yellow lines), and horizontal strata over the channel feature. The orientation suggests that the channel axis had NE-W (smooth meader), where a margin was to S and the other to N-NW.

4 Discussão dos resultados

O foco da discussão será a relação entre o comportamento progradacional versus variação do nível de base.

Com base na correlação dos testemunhos descritos obteve-se uma visão longitudinal do arcabouço das associações de fácies representativas e da evolução estratigráfica do modelo ao longo dos ensaios, que juntamente com a curva de variação do nível de base (Fig. 15A) sugerem boa analogia entre as feições do modelo e as principais características dos sistemas deltaicos, conforme consta na literatura.

A distribuição das associações de fácies de planície deltaica, frente deltaica e de prodelta (Fig. 15B) reflete a variação do nível de base imposto ao longo do experimento e consequente posicionamento da linha de costa. Comparando-se a trajetória da linha de costa com a curva de nível de base

ao longo dos ensaios, nota-se que há uma relação direta entre ambas, sendo possível distinguir três estágios de progradação (Fig. 15C): estágio I, entre os testemunhos #25 e #1A, com progradação caracterizada por uma regressão normal, onde a linha de costa avança para a bacia sem haver queda no nível de base, apenas progradação do sistema deltaico; estágio II, entre os testemunhos #1A e #19, com progradação marcada por uma regressão forçada, ou seja, quando há queda do nível de base a linha de costa avança para a bacia em um padrão *downstepping* (“escadaria”) (Catuneanu, 2009); e estágio III, entre os testemunhos #19 e #21, com progradação caracterizada por uma regressão normal, com a linha de costa avançando para a bacia sob do nível de base constante.

Também é possível notar ausência de registro deposicional em alguns pontos da seção (Fig. 15A e B) durante o estágio de regressão forçada, sugerindo a ocorrência de erosão que define o padrão

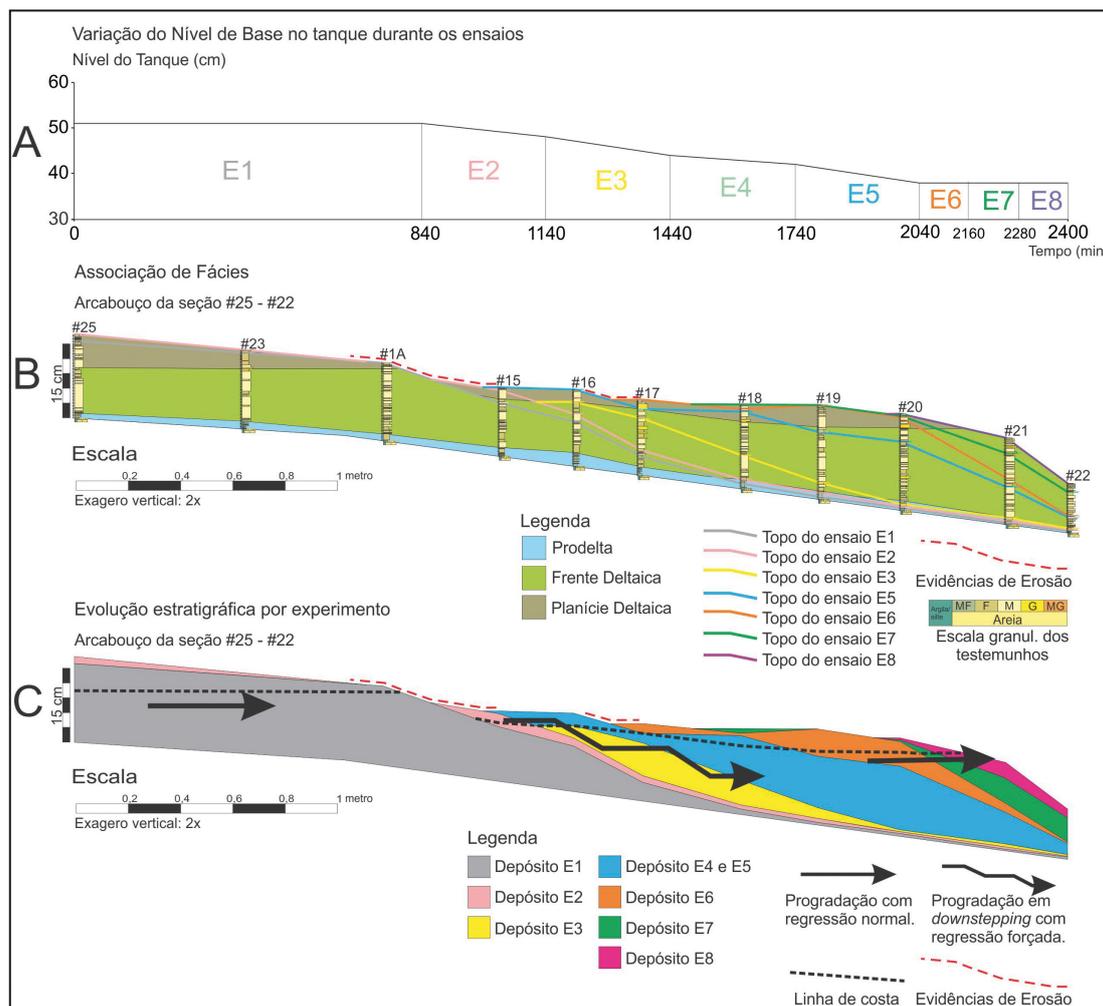


Figura 15. Integração dos dados. A) Variação do nível de base durante o experimento; B) Correlação das associações de fácies de planície deltaica, frente deltaica e prodelta (contatos das associações de fácies foram estabelecidos por inferência entre os testemunhos); C) Arcabouço estratigráfico do sistema deltaico análogo.
 Figura 15. Data integration. A) Base level variation during the experiment; B) Facies associations correlation of delta plain, delta front and prodelta; (between the cores, facies associations boundaries were made by inference); C) Stratigraphic framework of the analog deltaic system.

de *downstepping* deste estágio.

Com base no que foi discutido acima, conclui-se que há um elevado grau de semelhança ou “*unreasonable effectiveness*” (Paola *et al.*, 2009) do modelo análogo com o de um sistema deltaico natural, pois além de apresentar feições geométricas, padrões granulométricos ascendentes e associações de fácies equivalentes, também teve uma evolução estratigráfica semelhante, apresentando estágios de regressão normal e forçada conforme o modelo de Estratigrafia de Sequências de Catuneanu *et al.* (2009).

5 Conclusões

Com o desenvolvimento de um novo méto-

do de amostragem para depósitos simulados em laboratório, que se assemelha ao método de testemunhagem empregado nos estudos geológicos, puderam-se gerar testemunhos preservados que permitiram uma descrição detalhada das características sedimentológicas e estratigráficas do modelo físico deltaico.

A partir da descrição e interpretação dos testemunhos foi possível individualizar as associações de fácies de prodelta, frente deltaica e planície deltaica do modelo físico deltaico, bem como observar feições características, como canais, truncamentos erosivos, padrões granulométricos e estruturais, também encontradas em sistemas deltaicos reais.

A correlação dos testemunhos permitiu visu-

alizer o arcabouço interno e a evolução estratigráfica do depósito, mostrando a evolução da linha de costa ao longo dos ensaios que, de acordo com as variações do nível de base propostas no experimento, apresentou etapas de regressão normal e forçada.

As associações de fácies e a evolução estratigráfica do modelo deltaico sugerem um elevado grau de representatividade, ou seja, boa analogia entre o depósito em escala reduzida e um sistema deltaico real, validando a simulação física realizada.

Agradecimentos - O primeiro autor agradece Rogério Dornelles Maestri, pela oportunidade de desenvolver este trabalho e pelo incentivo na pesquisa; a Leonardo Torres da Silva, pelo auxílio técnico durante as descrições dos testemunhos. Os demais agradecem à toda equipe de funcionários do NECOD, principalmente aos hidrotécnicos que participaram efetivamente na coleta dos testemunhos, à PETROBRAS, pelo incentivo à pesquisa brasileira de qualidade, e aos revisores deste artigo, Felipe Caron e Celso Guirro, pelos comentários e sugestões propostas.

Referências

- Baas, J.H.**, Van Kesteren, W. & Postma, G. 2004. Deposits of depletive high-density turbidity currents: A flume analogue of bed geometry, structure and texture. *Sedimentology*, 51(5): 1053-1088.
- Barker, S.P. 2005. *Spatial And Temporal Evolution Of Deep- Marine Particulate Gravity Currents: An Experimental, Subsurface And Outcrop Investigation*. Dublin, 360p. Tese de Doutorado, Department of Geology, Faculty of Science, University College Dublin.
- Bhattacharya, J. & Walker, R.G. 1991. River- and wave-dominated depositional systems of the Upper Cretaceous Dunvegan Formation, northwestern Alberta. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 39(2): 165-191.
- Cantelli, A., Pirmez, C., Johnson, S. & Parker, G. 2011. Morphodynamic and stratigraphic evolution of self-channelized subaqueous fans emplaced by turbidity currents. *Journal of Sedimentary Research*, 81(3): 233-247.
- Catuneanu, O., Abreu, V., Bhattacharya, J.P., Blum, M.D., Dalrymple, R.W., Eriksson, P.G., Fielding, C.R., Fisher, W.L., Galloway, W.E., Gibling, M.R., Giles, K.A., Holbrook, J.M., Jordan, R., Kendall, C.G.S.T.C., Macurda, B., Martinsen, O.J., Miall, A.D., Neal, J.E., Nummedal, D., Pomar, L., Posamentier, H.W., Pratt, B.R., Sarg, J.F., Shanley, K.W., Steel, R.J.; Strasser, A., Tucker, M.E. & Winker, C. 2009. Towards the standardization of sequence stratigraphy. *Earth-Science Reviews*, 92(1/2): 1-33.
- Del Rey, A.C. 2006. *Simulação física de processos gravitacionais subaquosos: uma aproximação para o entendimento da sedimentação marinha profunda*. Porto Alegre, 229p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Manica, R. 2002. *Modelagem física de correntes de densidade não conservativas em canal tridimensional de geometria simplificada*. Porto Alegre, 161p. Dissertação de Mestrado, Departamento de Hidrologia e Hidráulica, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Manica, R. 2009. *Geração de Correntes de Turbidez de Alta Densidade: Condicionantes Hidráulicos e Depositionais*. Porto Alegre 391p. Tese de Doutorado, Departamento de Hidrologia e Hidráulica, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Manica, R. & Borges, A.L.O. 2015. Caracterização Geométrica de Deltas Dominados por Rios Simulados Experimentalmente Sob Variação de Condições de Aporte Fluvial e Nível de Base. *Geociências*, 34(4): 733-748.
- Nichols, G. 2009. *Sedimentology and stratigraphy*. Oxford, John Wiley & Sons, 419p.
- Paola, C., Straub, K., Mohrig, D. & Reinhardt, L. 2009. The "unreasonable effectiveness" of stratigraphic and geomorphic experiments. *Earth-Science Reviews*, 97(1-4): 1-43.
- Silva, L.T., Manica, R., Viana, A.R., Borges, A.L.O., Maestri, R.D. 2010. Influence of base level variations, flow discharge and concentration in the evolution of deltaic systems: a physical model-based approach. In: INTERNATIONAL SEDIMENTOLOGICAL CONGRESS, 18, Mendoza-Argentina. *Abstracts ...*, La Plata, International Association of Sedimentologists, 2010, p. 280.

Manuscrito 589

Editoras: Maria Luiza Correa da Câmara Rosa & Maria do Carmo Lima e Cunha.

