

Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

A TECTÔNICA DE SAL E A DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS EM ÁGUAS PROFUNDAS NA REGIÃO SUL DA BACIA DE SANTOS

Alexandre Santos de Castro¹, Michael Holz²

¹ Petrobrás/UN– EXP/IABS/PS e PPGGEO-UFRGS, alexandre.castro@ufrgs.br

² Instituto de Geociências, UFRGS, pesquisador CNPq, michael.holz@ufrgs.br

Resumo – Halocinese tem como principais consequências: (1) a criação de pequenas "sub-bacias", gerando espaço de acomodação secundário, que permite sedimentação em áreas preferenciais no assoalho bacinal e que direciona a sedimentação nos sistemas deposicionais pós-pulso halocinético, (2) a criação de relevo pós-halocinese ("altos estruturais" causados pelos domos salíferos), condicionadores da instalação de bancos carbonáticos na plataforma. O presente trabalho desenvolveu-se na parte sul da Bacia de Santos, e visa estudar, utilizando-se da estratigrafia de seqüências, a movimentação salífera sob essa óptica. A metodologia para alcançar os objetivos propostos envolveu análise estratigráfica (base: perfis) e sismoestratigráfica (base: linhas sísmicas). Os resultados até agora obtidos incluem: (1) a aplicação dos métodos da estratigrafia de seqüências na correlação entre a parte do talude superior e plataforma e a parte profunda da bacia, (2) o mapeamento das seqüências deposicionais, demonstrando que em determinados períodos os domos salinos funcionavam como barreiras deposicionais, impedindo a transfêrencia de sedimentos para águas mais profundas, enquanto que em outras épocas os domos salinos favoreciam a sedimentação devido a criação de pequenas sub-bacias no assoalho da bacia, (3) os padrões de falhamentos nas zonas intensamente afetados pela halocinese são completamente distintos dos padrões observados naquelas áreas onde a halocinese foi inexpressiva.

Palavras-Chave: halocinese, estratigrafia de seqüências, Bacia de Santos, águas profundas

Abstract – Halokinesis has two main consequences: (1) creation of accommodation space due to the development of mini-basins which create preferential areas of sedimentation at the sea floor, hence conditioning the sedimentation of the pos-halokinetic depositional systems; (2) creation of post-halokinetic relief (structural highs caused by the saline domes), controlling the installation of carbonate banks at the shelf. The present paper aims on this aspects of halokinesis in a deep water area in southern Santos Basin. The methodology integrating well log and seismic data, evaluated under sequence stratigraphic concepts, led to the following conclusions so far: (1) sequence stratigraphy is a functional key for correlation between the shallow shelf and upper shelfbreak section and the offshore deep water section; (2) mapping the depositional sequences has shown the main times when the saline domes worked as sedimentation barrier, precluding sediment transfer to deeper water settings, and times when domes favored sedimentation due to the creation of small sub-basins at the sea floor; (3) the fault pattern in those zones is also intensely affected by halokinesis and is completely different from the fault pattern shown in areas with little or no halokinetic influence.

Keywords: halokinesis, sequence stratigraphy, Santos basin, deep water

1. Formulação do problema

A tectônica salífera ou halocinese é a movimentação e ascensão de rochas evaporíticas por ação de forças gravitacionais, originados da deformação de depósitos evaporíticos inicialmente tabulares. Ao movimentarem-se, estes corpos intrudem e deformam as camadas adjacentes e sobrepostas. A formação de domos e diápiros de sal é muito mais complexa do que pressupunham os modelos clássicos, sendo dependente não somente da sobrecarga sedimentar, mas também pode ser iniciada por esforços extensionais ou compressionais, ou seja, a tectônica da bacia é tão importante quanto a sedimentação para iniciar um movimento salífero.

Da mesma forma, as geometrias resultantes são mais complexas do que se supunha. Não só o fluxo na vertical que é determinante da geometria resultante, mas o fluxo lateral também é igualmente importante, já que a geração de lençóis tabulares e apófises criam irregularidades na morfologia do fundo da bacia que controlam a sedimentação.

Em suma, a halocinese é um fenômeno complexo e de profundas conseqüências sobre a sedimentação sin- e pós-movimentação salífera, além da reconhecida importância na formação de estruturas, trapas e rotas de migração para petróleo.

Como conseqüência decorrente dessa tectônica adiastrófica, todas de fundamental interesse na exploração petrolífera, podem ser enumeradas:

- a - a formação de estruturas dômicas extensas e expressivas em área (constituindo *plays* em potencial);
- b - a criação de pequenas depressões ou mini-bacias, ou seja, locais com espaço de acomodação secundário ou adicional, que permite a concentração de sedimentos em áreas preferenciais no assoalho da bacia e que direciona a sedimentação nos sistemas deposicionais pós-pulso halocinético;
- c - a criação de relevo pós-halocinese ("altos estruturais" causados pelos domos salíferos), condicionando a sedimentação posterior, no sentido de criar zonas rasas na bacia, condicionadores da instalação de bancos carbonáticos principalmente em regiões plataformas.

A primeira - a estrutura dômica como trapa de hidrocarbonetos - é bem conhecida e um dos principais alvos exploratórios desde as famosas descobertas de petróleo na região do Texas, EUA, em 1901 (Jackson *et al.*, 1995).

Já o papel da criação de "espaço de acomodação secundário", a ressedimentação do material, assim como o direcionamento de correntes litorâneas e outros fatores controladores da sedimentação nesse arcabouço de pequenas bacias secundárias criadas pela halocinese, bem como a relação entre relevo criado pelo sal e a instalação de bancos carbonáticos são assuntos que a geologia de petróleo está apenas iniciando a abordar (*e.g.*, Rowan & Weimer, 1998).

O foco do presente trabalho é desenvolver um estudo sistemático dos diversos aspectos da halocinese, utilizando-se como base a Estratigrafia de Sequências, e gerar um arcabouço conceitual balizador do entendimento da história deposicional. Além disto, será estudada a movimentação salífera como gerador de espaço e condicionador da morfologia bacinal que controlaram a deposição sin- e pós-halocinéticos.

Como área-piloto, escolheu-se uma porção no sul da Bacia de Santos, situada na margem sudeste brasileira. Esta área-piloto encontra-se na porção inferior do talude continental do litoral de Santa Catarina, abrangendo uma área aproximada de 10000 km², tendo como coordenada central aproximada 27°S/46°W (Fig. 1).

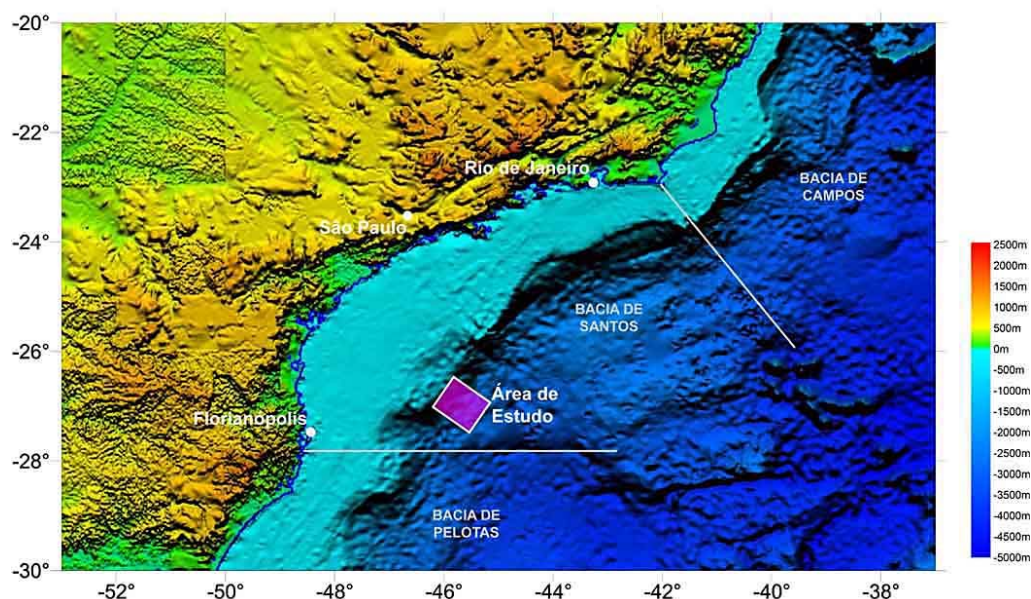


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo (base cartográfica: dados batimétricos do ETopo2 e GLOBE Projects), com malhas de 2min para a batimetria e 5min para a topografia.

A estratigrafia desta bacia está fortemente relacionada à movimentação de camadas de rochas evaporíticas, que formaram o arcabouço onde se depositaram espessos pacotes de rochas geradoras de hidrocarboneto, rochas reservatório carbonáticas e siliciclásticas e rochas selantes às acumulações de óleo e gás, além de permitirem a formação de estruturas que permitiram o aprisionamento dos hidrocarbonetos gerados (Pereira *et al.*, 1986; Chang *et al.*, 1992; Demercian *et al.*, 1993; Pereira *et al.*, 1986). A figura 2 exemplifica as estruturas diapíricas de sal observadas na área de estudo.

A identificação das diversas seqüências deposicionais, e a descrição dos principais elementos externos e internos (como limites de seqüências, tipos de sismofácies, etc) permite a construção de um modelo evolutivo da bacia e da predição da ocorrência de fácies deposicionais em regiões mais distais da bacia sedimentar (Vail, 1987).

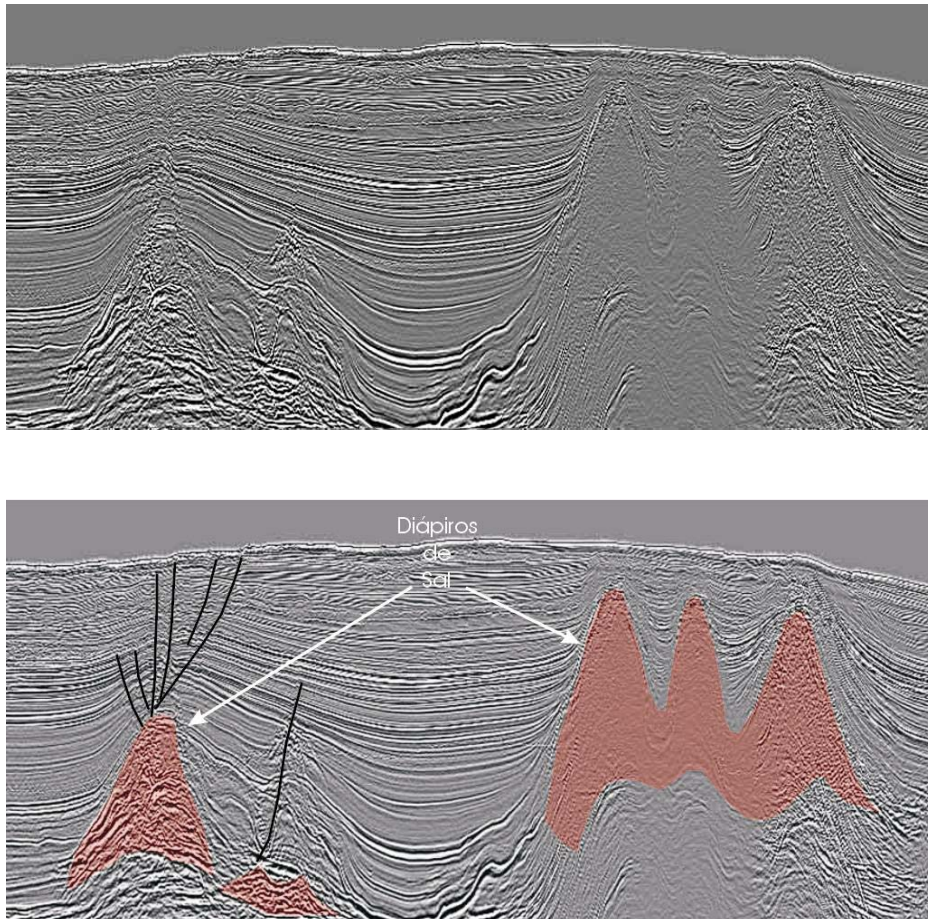


Figura 2 – Exemplo não interpretado e interpretado de seção sísmica disponível para a área de estudo (fonte: Veritas do Brasil): a seção tem orientação *strike* e mostra as estruturas de sal e as sub-bacias geradas pela halocinese. Notar as diferentes escalas de grandeza das mini-bacias criadas pelo movimento do sal, bem como as terminações de refletor contra as estruturas diapíricas.

2. Metodologia

Com base no tratamento de dados em estação de trabalho, com uso do *software* comerciais, o estudo envolveu as seguintes etapas metodológicas:

- correlação do arcabouço estratigráfico seqüencial da parte sul da Bacia de Santos para a porção *offshore* estudada. Os principais horizontes temporais foram traçados, e as seqüências deposicionais de terceira ordem foram delimitadas e descritas;
- mapeamento dos diferentes tipos de estruturas de sal e mini-bacias, que foram correlacionadas dentro do arcabouço estratigráfico seqüencial (Fig.3);
- mapeamento e análise do controle das estruturas dômicas sobre a instalação e continuidade espacial de bancos carbonáticos e sobre a sedimentação siliciclástica (plataform e de talude).

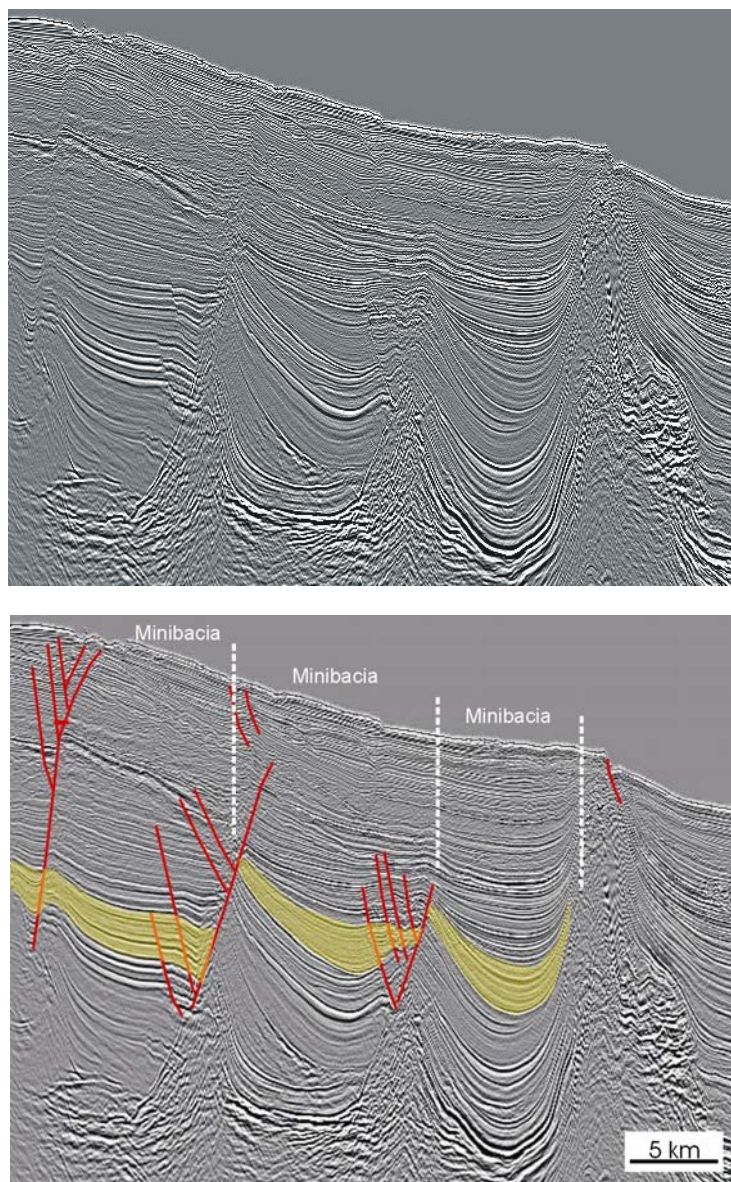


Figura 3 – Exemplo não interpretado e interpretado de seção sísmica disponível para a área de estudo (fonte: Veritas do Brasil): trata-se de uma seção *dip* mostrando (em amarelo) geometrias deposicionais fortemente influenciadas pela presença de diápiros de sal, formando minibacias. Também observa-se a presença de falhamentos extensionais localizados próximos aos ápices dos diápiros de sal (traçados em vermelho). A base da seqüência amarela demarcada representa o limite do Cretáceo na sessão estudada.

3. Resultados e Conclusões

O estudo, planejado para ser desenvolvido em 18 meses, foi iniciado em dezembro de 2004. De modo preliminar, no momento de realização do presente Congresso de P&D os seguintes resultados podem ser apresentados:

- apesar da intensa halocinese na seção estratigráfica estudada, que deforma intensamente a sucessão sedimentar, foi realizada a correlação entre a seção de águas rasas (onde o arcabouço estratigráfico sequencial está bem estabelecido com base em sísmica e poços) e a porção de águas profundas (área do presente projeto). A aplicação do método estratigráfico de correlação, em especial o traçado das discordâncias, permite a predição da ocorrência de fácies de reservatório em águas profundas e ultraprofundas;

- os mapas de isópacas por seqüência deposicional demonstram que em determinados períodos os domos salinos funcionavam como barreiras deposicionais, impedindo a transfêrencia de sedimentos para águas mais profundas, enquanto que em outras épocas os domos salinos favoreciam a sedimentação devido a criação de pequenas sub-bacias no assoalho da bacia (vide exemplo na figura 3, acima). Isso também pode ser observado nas configurações internas dos

refletores dentro das seqüências. Os períodos de passagem de sedimentos são marcados por superfícies erosivas (truncamentos erosionais) claramente mapeáveis.

- os padrões de falhamentos nas zonas intensamente afetados pela halocinese (vide exemplo na figura 3, acima) são completamente distintos dos padrões de falhamentos naquelas áreas onde a halocinese foi inexpressiva.

O estudo ainda está em andamento e os resultados finais deverão ser apresentados em meados de 2006. Contudo, o atual estágio de desenvolvimento permite as seguintes conclusões:

- a estratigrafia de seqüências como ferramenta de correlação entre a parte do talude superior/plataforma e a parte profunda da bacia, ou seja, entre a área conhecida e com boa densidade de dados e a área explorada no presente projeto, mostrou-se adequada e funcional;

- o mapeamento das seqüências deposicionais e a sua representação em mapas de isópacas é uma ferramenta de fundamental importância para o entendimento da evolução da sedimentação frente ao diapirismo;

- é importante mapear a evolução das sub-bacias em cada período de preenchimento conforme registrado pelas sucessivas seqüências deposicionais, para entender o papel da halocinese no controle da sedimentação e com isso estabelecer um modelo exploratório confiável para águas profundas.

4. Agradecimentos

Os autores agradecem a empresa VERITAS do BRASIL pela cessão de dados sísmicos e ao CNPq pela concessão de auxílio a pesquisa (CTPetro 504852/04/3). A.C. agradece a PETROBRÁS pela possibilidade de realização de curso de Pós-Graduação na UFRGS. M.H. agradece ao CNPq pelo renovação de bolsa de produtividade em pesquisa (PQ 302999/04-4).

5. Referências

- CHANG, H.K., KOWSMANN, R.O., FIGUEIREDO, A.M.F. and BENDER, A.A. Tectonics and stratigraphy of the East Brazil Rift system: an overview. In: Ziegler (Ed.), *Geodynamics of Rifting, Volume II. Case History Studies on Rifts: North and South America and Africa. Tectonophysics*, 213: p. 97-138, 1992.
- DEMERCIAN, L. S., SZATMARI, P., COBBOLD, P. R. Style and pattern of salt diapirs due to thin-skinned gravitational gliding, Campos and Santos basin, Offshore Brazil. *Tectonophysics*, v. 228, p. 393-433, 1993.
- JACKSON, M.P.A., ROBERT, D.G. and SNELSON, S., 1995 (eds.), Salt tectonics: a global perspective. *AAPG Memoir* 65, 454 p., 1993.
- PEREIRA, M.J., BARBOSA, C.M., AGRA, J., GOMES, J.B., ARANHA, L.G.F., SAITO, M., RAMOS, M.A., CARVALHO, M.D., STAMATO, M., BAGNI, O. Estratigrafia da Bacia de Santos: análise das seqüências, sistemas deposicionais e revisão litoestratigráfica. in: *Congresso Brasileiro de Geologia, Anais, Goiânia. V.1*, p. 65-79, 1986.
- ROWAN, M.J. & WEIMER, P., Salt-sediment interaction, Northern Green Canyon and Ewing Bank areas, Offshore Gulf of Mexico. *AAPG Bull.*, V. 82, N. 5B, p. 1055-1082. 1998.
- VAIL, P.R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part 1: seismic stratigraphy interpretation procedure. In: Bally, W.A. (ed.) *Atlas of Seismic Stratigraphy*, v. 1, *AAPG Studies in Geology* n.27 p.1-10. 1987.