



Evidências sísmicas de zonas de colapso na porção basal da seqüência carbonática do Albiano da Bacia de Santos. Um modelo genético

Marcos F. Bueno de Moraes, PETROBRAS S.A., Brasil

Copyright 2005, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, 11-14 September 2005.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Ideas and concepts of the text are authors' responsibility and do not necessarily represent any position of the SBGF, its officers or members. Electronic reproduction or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of the Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

Anomalous seismic features in the lowest portion of the Albian carbonate sequence (Guarujá Fm.) of the Santos basin are identified and characterized by using of post stack seismic attributes (RMS amplitude, coherency) and analysis of the high frequency seismic volume. These features show a very characteristic geometry that can be correlated with buried collapsed zones. They tend to be circular in map view, having diameters around 700m and height of more than 200m. In a 3-D seismic profiles these features shows a typical signature of the collapsed structures or "V" structures (Tyrrell & Davis,1989; Pomar,1993 and Esteban,2004). In seismic reflection amplitude response across lowermost horizon of the Albian carbonate sequence (closest to the evaporite sequence), we can observe these seismic features occurring along linear northeast-southwest structural trends, suggesting some type of a genetic relationship between these seismic depressions and deep-origin structures. This structural lineament can be related to a northeast deep fault system in this portion of the Santos basin (Queiroz et.al.,2005). Many processes such as karstification, evaporite dissolution and tectonics can produce these collapsed features. The origin of these Albian carbonate features is interpreted as related to tectonic processes (deep fault systems) and diagenetic processes (evaporite/carbonate dissolution) acting together for the development of the collapsed zones.

Resumo

O presente trabalho está focado na utilização de atributos sísmicos pós-*stack* (amplitude RMS, coerência) e análise do volume sísmico com processamento visando altas frequências para a identificação e caracterização de feições anômalas que ocorrem na porção basal da seqüência carbonática albiana (Fm. Guarujá) da Bacia de Santos. Estas feições apresentam uma geometria bastante característica e diagnóstica da ocorrência de zonas de colapso em profundidade (circulares, com diâmetros em torno de 700m e altura de mais de 200m). Em seções sísmicas 3-D mostram uma típica assinatura de zonas de abatimento com estruturas em "V" (Tyrrell & Davis,1989; Pomar,1993 e Esteban,2004). A resposta da variação de amplitude das reflexões sísmicas para um

horizonte na porção mais basal da seqüência carbonática do Albiano (diretamente acima do topo da seqüência evaporítica), permite observar uma forte correlação entre estas feições anômalas e um lineamento estrutural regional NE-SW, possivelmente relacionado a uma tectônica mais profunda nesta porção da bacia (Queiroz et.al., 2005). Essas feições de colapso podem ter sua origem ligada a vários processos (karstificação, dissolução de evaporitos e tectônica profunda). Este trabalho considera a conjunção de processos tectônicos (falhamentos profundos) e diagenéticos (dissolução de evaporitos/carbonatos) como mecanismo formador dessas feições de colapso na seqüência carbonática sobrejacente.

Introdução

A ocorrência de feições de colapso ou abatimento em plataformas carbonáticas é conhecida e bem estudada no mundo todo. Geralmente elas estão geneticamente associadas a processos diagenéticos pós-deposicionais como, por exemplo, a karstificação. As feições de colapso podem ser decorrentes do abatimento de dolinas ou pelo colapso do teto de cavernas, quando sujeitas a um soterramento mais profundo ou pela própria instabilidade estrutural dessas feições.

Entretanto, essas mesmas feições de colapso também podem ter sua origem relacionada a outros processos de formação ou até mesmo a conjunção de mais de um processo. São conhecidos exemplos de zonas colapsadas associadas à dissolução de evaporitos subjacentes a seqüências carbonáticas (*Edward Gr.*, Cretáceo do Texas e *Oneota Fm.*, Ordoviciano do Wisconsin), dissolução de evaporitos/carbonatos associada a tectônica profunda (*Lackawanna Synclinorium*, Siluriano da Pennsylvania) e feições de colapso relacionadas a dolomitização hidrotermal ou de alta temperatura (*Ladyfern gas field*, Devoniano do Canadá, entre outros).

Estas feições apresentam geometrias características e diagnósticas (arredondadas ou ovaladas), e podem ter dimensões bastante variáveis, desde a escala de dezenas de metros (feições isoladas e pouco desenvolvidas), a centenas de metros até alguns quilômetros (zonas de colapso bem desenvolvidas). Importante ressaltar que elas geralmente estão associadas a um intenso fraturamento, brechação e dissolução dos carbonatos em relação aos carbonatos hospedeiros. Conseqüentemente, podem apresentar modificações de porosidade e permeabilidade em relação às condições iniciais.

Caso as feições de colapso tenham resolução sísmica, elas podem ser identificadas e mapeadas pelas seguintes

características: típica feição de colapso no topo da seqüência afetada (estruturas em “V”), mudança lateral de fácies sísmica (padrão contínuo para padrão caótico), maior descontinuidade dos refletores e variação lateral da velocidade intervalar (provocam efeitos de *pull-ups* e *pull-downs*). Se a zona colapsada estiver acompanhada por um aumento de porosidade da rocha, esta característica pode estar sísmicamente representada pelo contraste lateral de impedância acústica (baixa I.A.) e pela maior absorção de energia sísmica em relação à rocha hospedeira.

Área estudada e objetivos

A área estudada abrange aproximadamente 1400km² da área englobada pelos campos produtores de óleo de Estrela-do-Mar e Caravela, na porção sul da Bacia de Santos (fig.01). A seção estratigráfica analisada corresponde à porção mais basal da seqüência carbonática do Albiano (Fm. Guarujá), imediatamente sobreposta à seqüência evaporítica do Aptiano (Fm. Ariri).

Os principais objetivos deste trabalho foram: (1) identificação e mapeamento de feições anômalas na base da seqüência carbonática, e (2) Proposição de um modelo genético para estas feições.

Base de dados

A base de dados utilizada na avaliação da área estudada é composta de um volume sísmico 3-D em tempo, principais horizontes sísmicos interpretados e mapeados (topo e base das seqüências evaporítica e carbonática e um horizonte sísmico diretamente sobreposto ao topo dos evaporitos) e dados do único poço que atingiu parcialmente a porção basal da seqüência carbonática albiana (>5200m). Para este intervalo foram amostradas fácies carbonáticas típicas de paleoambientes de águas rasas (bancos oolíticos, interbancos e de laguna) e ocorrência de dolomitização seletiva de alguns níveis.

Resultados obtidos

Uma análise preliminar de seções sísmicas 3-D em tempo (*inlines*, *traces* e arbitrárias), possibilitou a identificação de algumas evidências de feições anômalas na base da seqüência carbonática albiana, diretamente sobrepostas aos evaporitos da Fm. Ariri. Estas feições sísmicas assemelham-se muito com feições de colapso presentes em outras seções carbonáticas do mundo e amplamente conhecidas na literatura especializada (estruturas em “V”) (fig.02b e c).

A partir desta constatação, o trabalho convergiu para um melhor entendimento dessas feições: imageamento em mapas sísmicos, verificação da distribuição espacial e definição de um modelo genético. A utilização integrada de alguns atributos sísmicos 3-D pós-*stack* (extração de amplitude RMS e coerência) mais a obtenção de um volume sísmico de altas frequências, foi preponderante para a visualização tridimensional e também em mapa

dessas feições, realçando a semelhança com zonas de abatimento dentro de seções carbonáticas.

O mapa sísmico resultante da extração de amplitude RMS com uma janela de investigação de -14/+20ms, mostrou a ocorrência de feições circulares, bem definidas, com diâmetros próximos de 700m e diretamente associadas a um lineamento principal NE-SW (fig.02a). Este lineamento, muito bem caracterizado nos mapas de amplitude RMS, pode ser resultante de processos tectônicos profundos (Queiroz et.al.,2005). Algumas dessas feições anômalas desenvolvem-se preferencialmente nos cruzamentos de lineamentos NW-SE, com o lineamento principal NE-SW.

A otimização da resolução sísmica 3-D obtida com o volume sísmico que enfatiza o conteúdo de altas frequências (processamento interno Petrobras), permitiu a visualização de possíveis relações estratigráficas entre essas zonas anômalas, zonas de colapso, com os estratos mais jovens. Fica claro o empilhamento vertical de zonas disruptas a partir da feição de colapso e atenuação do processo de abatimento para os estratos mais jovens (fig.02c). Este é um típico perfil de rochas carbonáticas que estiveram sujeitas a processos de abatimentos que resultaram no desenvolvimento de feições de colapso, formação de intenso fraturamento, brechação, dissolução e, conseqüentemente, modificação do espaço poroso original da rocha. Essas zonas de carbonatos colapsados podem vir a constituir potenciais reservatórios.

Vale ressaltar outra característica sísmica que pode ser um indicativo indireto para a ocorrência desses processos em profundidade. São variações no sinal sísmico bastante localizadas e verticalmente empilhadas que ocorrem muito próximas e a partir dos carbonatos Albiano que foram afetados pelos lineamentos estruturais NE-SW. Adicionalmente são observadas fortes variações de amplitude sísmica em estratos mais jovens e estruturalmente acima da área de abrangência destes lineamentos.

Conclusões

Com base nos resultados obtidos, foi proposto um modelo genético para essas zonas de colapso. Considerando as seguintes premissas (1) feições sísmicas anômalas refletem zonas de colapso nos carbonatos e (2) essas zonas de colapso estão fortemente controladas por lineamentos tectônicos, advoga-se uma origem relacionada à conjunção de dois principais processos. Um processo tectônico representado por falhamentos profundos e que controlou o desenvolvimento do segundo processo, relacionado à dissolução preferencial de evaporitos/carbonatos na porção mais basal da seqüência carbonática do Albiano, provocando a formação localizada de zonas de colapso ao longo do *trend* estrutural. A migração de fluidos termobáricos via falhamentos profundos, poderia ser um mecanismo gerador dessa dissolução, entretanto faltam estudos mais detalhados que possam balizar tal afirmação.

Agradecimentos

A Petrobras, pela permissão de publicação deste trabalho. Ao geofísico Edmundo Julio Jung Marques e a geóloga Claudia Lima de Queiroz pelo estímulo e contribuição quanto à caracterização estrutural da área. Ao geofísico José Joaquim Gonçalves Rodrigues pela autorização de uso dos horizontes interpretados.

Referências

Esteban, M., 2004: Paleokarst, Dolomitization and Fractured Reservoirs. Notas de curso técnico, Petrobras.

Pomar, L., 1993: High-Resolution Sequence Stratigraphy in Prograding Miocene carbonates: Application to Seismic Interpretation, in R.G.Loucks and J.F.Sarg, eds., Carbonate Sequence Stratigraphy, Recent Developments and Applications, Am. Assoc. of Petrol. Geol., Memoir 57, 389-407.

Queiroz, C.L.; Damasceno, R.D., Pereira, A., Rodrigues, J.J., Marques, E.J.J., Rigon, F.C., Cortez, M.M.M. & Makoto, este volume: 3D Seismic Interpretation and its Implications to a New Structural Model on the South of Santos Basin, Brazil.

Tyrrell, W.W. and Davis, R.G., 1989: Miocene carbonate shelf margin, Bali-Flores Sea, Indonesia, in A.W.Bally, Atlas of Seismic Stratigraphy, Am. Assoc. of Petrol. Geol., Studies in Geology, vol.27, 174-179.



Fig.01: Mapa de localização do Brasil, da Bacia de Santos, da porção sul da bacia e da área estudada.

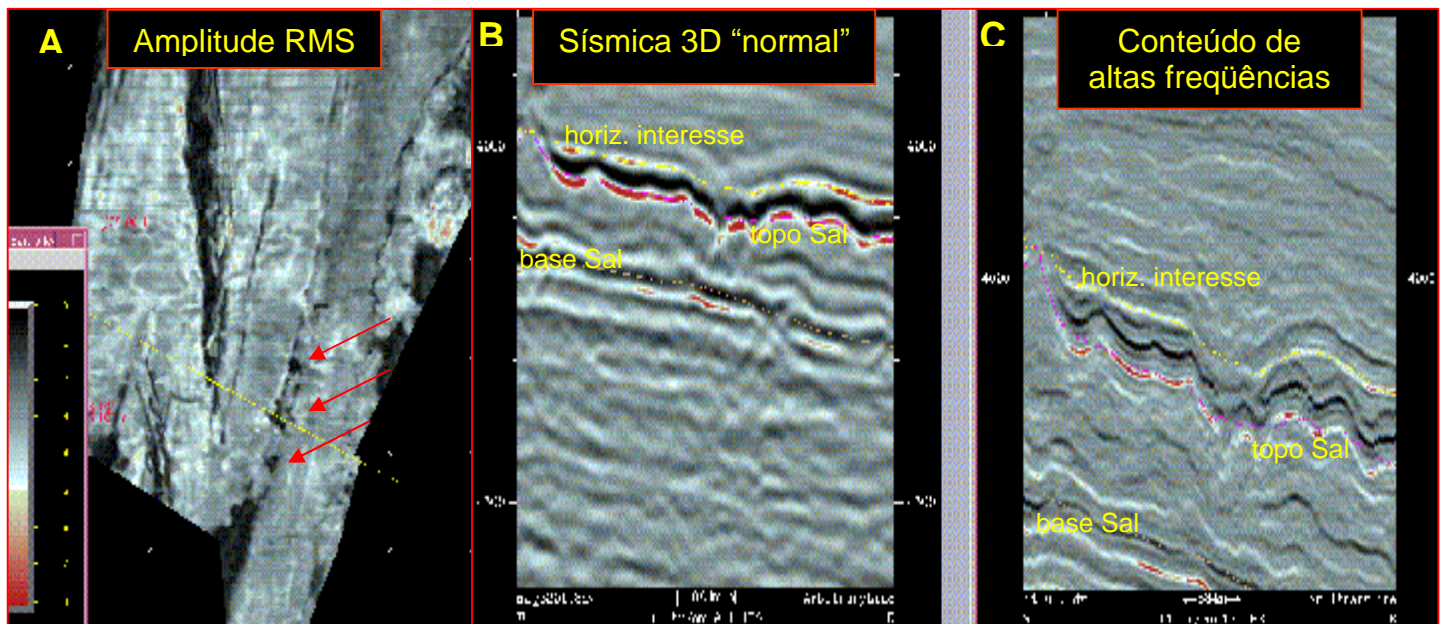


Fig. 02: (A) mapa de amplitude RMS do horizonte de interesse. É possível visualizar zonas de colapso relacionadas preferencialmente a um lineamento NE-SW. (B) seção sísmica arbitrária em tempo cruzando uma dessas feições de colapso (ver localização em A). (C) a mesma seção sísmica de B, ressaltando o conteúdo de altas frequências. Notar maior detalhamento da feição de colapso e condicionamento das camadas mais jovens (estruturas em "V").