



LINEAMENTOS DIAPÍRICOS E PROGRADAÇÕES SEDIMENTARES NO PLATÔ DE SÃO PAULO: EVIDÊNCIAS GEOMORFOLÓGICAS DE MIGRAÇÃO DO SAL.

Marcus Aguiar Gorini^{1,2}, Cleverson Guizan Silva², Eduardo Abreu de Souza¹, Paulo Roberto Maldonado³

¹DSND/CONSUB S.A., ²Departamento de Geologia/LAGEMAR, Universidade Federal Fluminense;
³PETROBRÁS/SEGEN/DENPRO/SETIM

ABSTRACT

The sea-bottom morphology of Campos Basin was interpreted based on side-scan sonar mosaics and swath bathymetry allowing the definition of distinct geomorphological provinces. Prominent NW-SE fault related structures were observed and are controlling the location and orientation of ravines and canyons present on the continental slope and the orientation of salt domes, salt diapirs and salt ridges occurring on the São Paulo Plateau.

On the São Paulo Plateau, these NW-SE structures conditioned avenues for sedimentary bypass and created bathymetric barriers for the post-Miocene sedimentation. Inside the São Paulo Plateau, to the north of the Almirante Câmara Canyon, the sedimentary progradation was responsible for the formation of a North-South salt ridge, which is itself deformed by NW-SE structures, represented by salt domes aligned in this direction. These NW-SE structures are not related to the direction of continental basement structures at Campos Basin neither to obvious oceanic basement structures in this direction. It is suggested that the origin of these structures is transcendent to the basinal processes and probably related to the regional lithospheric stress field.

INTRODUÇÃO

A Bacia de Campos, na margem continental sudeste brasileira, tem uma área aproximada de 100.000 km², principalmente em mar aberto, estendendo-se para profundidades de 3.400 m, englobando inteiramente a plataforma e talude continentais e parte da elevação continental, dominada pelo Platô de São Paulo.

A evolução da Bacia é representada por três fases tectônicas e sedimentares distintas: a mega-seqüência continental, desenvolvida no Eo-Cretáceo, caracteriza-se por um sistema de "rift valleys", com direção NE-SW, onde concentram-se os sedimentos continentais principalmente de origem fluvial e lacustre; a mega-seqüência transicional, desenvolveu-se durante o Aptiano, sendo resultante do invasão marinha inicialmente em um ambiente restrito, onde formaram-se espessas seqüências de sal; com a abertura progressiva do Oceano Atlântico, após o Albiano, estabeleceu-se a mega-seqüência marinha, apresentando, já a partir do Turoniano, depósitos clásticos de águas profundas.

Dentro do programa PROCAP 2000 desenvolvido no início da década de 90, a PETROBRÁS, através de seu departamento de serviços de engenharia (SEGEN), desenvolveu o mapeamento da Bacia de Campos, em áreas prioritárias, na escala 1:50.000, com cobertura do fundo submarino através de sonar de varredura lateral de longo alcance (SYS-09) integrado à batimetria de varredura, desde o talude continental até a isobatimétrica de 2900 m.

A interpretação dos mosaicos sonográficos, juntamente com os dados de batimetria de varredura, integrando-se ainda dados sísmicos pretéritos, permitiu a caracterização geomorfológica detalhada de toda a porção profunda da Bacia de Campos, que foi utilizada na interpretação dos processos deformacionais e sedimentares desta porção da Bacia (Figura 1). Neste trabalho caracteriza-se as divisões geomorfológicas do fundo submarino da bacia de Campos entre Cabo Frio e Itabapoana e analisa-se o significado de falhamentos e lineamentos NW-SE em associação com progradações sedimentares mais recentes e com cadeias de sal dentro do Platô e em sua escarpa limítrofe externa.

MORFOLOGIA E ESTRUTURAS DO TALUDE E PLATÔ DE SÃO PAULO NA BACIA DE CAMPOS

O talude continental e o Platô de São Paulo, na Bacia de Campos, têm duas grandes regiões geomorfológicamente distintas. Ao sul, aproximadamente entre as latitudes de Macaé e Búzios, caracterizam-se, no talude continental, o Grupo Sudeste de cânions submarinos e inúmeras ravinhas. O Platô de São Paulo, nesta mesma área, apresenta-se mais profundo e é interrompido ao norte por curvas batimétricas (>2500 m) na direção ENE-WSW e E-W, que marcam para norte uma porção mais rasa e muito mais acidentada morfologicamente, onde observam-se muitas irregularidades no traçado das curvas batimétricas e encirclamentos numerosos (Figura 1). Esse lineamento se estende tão "offshore" quanto o escarpamento externo limite do Platô de São Paulo. Ao norte desse lineamento marcante das curvas batimétricas, desenvolve-se, no talude continental, o Leque Submarino de São Tomé.

Região ao Sul

A primeira região, ao Sul desse lineamento, corresponde a um talude continental em forte grau de erosão, demonstrado

por inúmeras ravinas, que indentam uma região de quebra e paleo-quebras da plataforma continental em profundidades superiores a 200 m. Essas ravinas, que são frutos de deslizamentos submarinos esporádicos, são inteiramente condicionadas por falhamentos na direção NW-SE (Figura 1). Esses ravinamentos se estendem até a quebra e paleo-quebras da plataforma continental que são limitadas e condicionadas por falhas de crescimento, com direção predominante NE-SW, em toda sua extensão e adentrando o talude continental mais superior da Bacia de Campos. As falhas NW-SE se estendem através de todo o talude continental e formam os escarpamentos laterais das ravinas e de avenidas de passagem dos sedimentos erodidos para as regiões mais profundas. O Grupo Sudeste de Cânions localiza-se na zona de transição entre essa área de predominante canibalização de sedimentos ao Sul e a área de progradação sedimentar ao Norte. Todos os cânions do Grupo Sudeste foram também condicionados pelos falhamentos de direção NW-SE.

A progradação sedimentar dessa área ao sul, não é mais morfológicamente visível como protuberância, mas evidências na plataforma continental de antigas quebras, “topsets” e “foresets” indicam que o canibalismo retraiu a antiga frente de progradação. A ausência de levantamentos impede a visualização da presença, ou não, de falhamentos NW-SE nesta região do Platô de São Paulo.

Região ao Norte

A porção a Norte do lineamento ENE-WSW e E-W, cujo talude corresponde ao Leque de São Tomé, é, por geomorfologia, a feição mais jovem de construção sedimentar da Bacia de Campos na área do talude continental. As seqüências sedimentares mais superiores são pouco espessas e basificadas em um refletor conspícuo denominado de “Marco Cinza” (Mioceno Superior), e seguem uma protuberância na quebra da plataforma continental e no talude continental ao largo do Cabo de São Tomé, com feições de progradação representadas pelo talude entre o Grupo Sudeste de Cânions e o Cânion de São Tomé e entre esse e o Cânion Almirante Câmara ao Norte (Grupo Nordeste de Cânions) (Figura 1).

Talude Continental entre o Grupo Sudeste de Cânions e o Cânion São Tomé

O talude continental entre o Grupo Sudeste de Cânions e o Cânion São Tomé é o mais regular de toda a área estudada e o menos erodido. Termina em escarpamento feito às expensas de afloramentos das seqüências sedimentares pré-Marco Cinza intensamente falhadas (Figura 1).

O cânion mais ao norte do Grupo Sudeste de cânions corta uma zona de deslizamento submarino limitada por escarpas de falha na direção NW-SE que interrompe a suavidade de sua morfologia. O próprio Cânion São Tomé, que é o limite mais ao norte dessa porção do talude continental, tem direção conspícua NW-SE.

Talude Continental entre o Cânion São Tomé e o Cânion Almirante Câmara.

A região entre do Cânion São Tomé e o Cânion Almirante Câmara corresponde ao talude continental mais marcado pela presença de cânions e escarpas de todo o Leque de São Tomé. O Cânion São Tomé tem suas cabeceiras indentando paleo-quebras da plataforma continental entre 200 e 500 m de profundidade. Ao norte do São Tomé, o talude é dividido por uma escarpa central até o Cânion Itapemirim e, ao norte desse, diversos outros cânions e canais estão presentes, sendo alguns desses confinados à porção média e inferior do talude continental.

Falhamentos importantes nessa porção do talude continental são numerosos nas seqüências sedimentares abaixo do Marco Cinza, tendo alguns deles se propagado às seqüências pós-Marco Cinza que constituem o Leque de São Tomé propriamente considerado. A feição progradante mais recente dessa porção do talude continental não foi suficiente para moldar a morfologia do Platô de São Paulo no “offshore” adjacente. As próprias irregularidades batimétricas do Platô é que condicionam a distribuição de sedimentos oriundas do talude.

Feições geomorfológicas que poderiam denotar falhamentos conspícuos na direção NW-SE não são visíveis ao norte do Cânion São Tomé.

Porção ao Norte do Cânion Almirante Câmara

Ao norte do Cânion Almirante Câmara, o talude continental se retrai e é fortemente erodido com exposição de numerosas ravinas formadas por deslizamentos submarinos. No entanto, a curva batimétrica de 2000 m, de forma convexa, mostra uma intensa progradação sedimentar pretérita que cresceu em direção “offshore”. Essa progradação sedimentar de sentido oeste-leste deve ter ultrapassado o que é hoje o limite do Platô de São Paulo antes das irregularidades diapíricas terem sido desenvolvidas e formado parte da elevação continental externa ao Platô. O desenvolvimento dessa progradação sedimentar pode ser relacionado ao período de tempo associado ao hiato de sedimentação e às deformações que viriam a formar o Marco Cinza na área centro-sul da Bacia de Campos.

Região do Platô de São Paulo ao Norte do Lineamento Batimétrico ENE-WSW e E-W

Taxas de sedimentação crescentes, durante o Terciário (pré-Marco Cinza), resultaram em intensa progradação da margem continental, com implicações marcantes na evolução morfológica de toda a Bacia de Campos, resultando na progradação da plataforma e talude continentais e na formação de uma elevação continental (Gorini et al, 1993 e 1998). Esta sedimentação intensa sofreu um hiato significativo, gerando a discordância regional do Mioceno Superior conhecida como Marco Cinza (Vianna, et al., 1990). Esta discordância é transgressiva em tempo e é angular em alguns locais. Durante o tempo geológico em que se formou essa superfície paleo-geomorfológica, o diapirismo de sal foi responsável por falhamentos nas seqüências sedimentares e pela formação de diápiros, onde hoje corresponde a

região do Platô de São Paulo e sua própria escarpa limítrofe externa.

Após este hiato formador da discordância e do diapirismo, que veio a moldar o que é hoje o Platô de São Paulo, a

sedimentação restringiu-se à plataforma, ao talude e a porções do Platô de São Paulo, em áreas confinadas a canais, avenidas de dispersão de sedimentos e a frentes de escarpas sofrendo erosão. Turbiditos distais e proximais e fluxos de detritos espalharam-se então dentro do Platô de São Paulo, em áreas não necessariamente interligadas, limitadas por barreiras de migração formadas por domos ou lineamentos de sal.

Dois lineamentos importantes sul-norte, constituindo cadeias de sal, são representados pelo escarpamento externo do Platô que o limita e por uma cadeia interna ao Platô. Essa cadeia interna ocorre na latitude ao norte do cânion São Tomé, em profundidades em torno de 2500 m. Embora ela seja notoriamente sul-norte, os diápiros de sal que a formam são secundariamente, mas conspicuamente, orientados na direção NW-SE, sugerindo que os falhamentos NW-SE também tiveram papel importante no controle do diapirismo de sal em muitos locais, condicionando-o na mesma orientação para formarem barreiras e avenidas de dispersão sedimentar no talude continental e no Platô de São Paulo. Essa cadeia sul-norte de sal interna ao Platô é paralela ao escarpamento limítrofe do Platô de São Paulo e pode ter tido uma origem posterior a ele, associada ao acúmulo de sedimentos da frente de progradação ao norte do Cânion Almirante Câmara e da sedimentação interior ao Platô, pós-Marco Cinza.

CONCLUSÕES

O talude continental e o Platô de São Paulo, na Bacia de Campos, apresentam duas regiões morforlogicamente distintas, respectivamente ao sul e ao norte de um lineamento marcante, com direção ENE-WSW e E-W, que ocorre aproximadamente entre as latitudes de Búzios e Macaé e que é marcado pela inflexão da isobatimétrica de 2500m.

Ao sul deste lineamento, o talude continental assume caráter erosivo, com inúmeras ravinas cânions e avenidas de passagem de sedimentos, que se orientam segundo a direção geral NW-SE. O Grupo Sudeste de Cânions assume papel preponderante como feição conspícua do talude nesta região, cujos cânions também orientam-se preferencialmente na direção NW-SE.

Ao norte do lineamento, o Platô de São Paulo apresenta-se mais raso e intensamente deformado por diapirismo de sal. No talude continental desenvolve-se uma feição protuberante, progradante, que caracteriza o Leque Submarino de São Tomé. Esta região do talude, por sua vez, mostra porções morforlogicamente distintas: uma zona regular e homogênea, pouco erodida, entre o Grupo Sudeste de Cânions e o Cânion São Tomé; uma zona intensamente marcada por cânions, falhamentos e escarpamentos, onde situa-se o Grupo Nordeste de Cânions; e uma zona intensamente erodida, com inúmeras ravinas, ao norte.

A progradação sedimentar intensa durante o Terciário (pré-Marco Cinza) foi responsável pelo desenvolvimento da plataforma, talude e elevação continental, ultrapassando o que é hoje o limite externo do Platô de São Paulo. Nessa região ao norte do lineamento ENE-WSW e E-W, esta progradação foi interrompida por um hiato deposicional, que deu origem a uma discordância marcante, transgressiva no tempo, formando o Marco Cinza. Durante este hiato, o diapirismo de sal foi responsável pela deformação intensa das seqüências sedimentares superiores, dando origem a extensas cadeias de sal, domos e diápiros originando a morfologia atual do Platô de São Paulo. A sedimentação posterior a este hiato deposicional, ficou restrita ao talude continental e a avenidas de passagem e regiões isoladas por diápiros e cadeias de sal no Platô de São Paulo.

Os falhamentos NW-SE só não estão presentes na porção do talude ao norte do Cânion São Tomé. Na região mapeada aparecem marcantemente no Platô de São Paulo ao norte do lineamento ENE-WSW e E-W onde condicionaram diapirismo que é hoje mostrado por feições alongadas na direção NW-SE e que condicionaram avenidas de passagem de sedimentos e individualizaram barreiras batimétricas. Também marcaram a cadeia sul-norte de sal interna ao Platô, com estruturas dômicas NW-SE.

As falhas NW-SE não seguem estruturas notáveis do embasamento continental da Bacia de Campos e nem a crosta oceânica tem óbvias estruturas nessa orientação. No entanto, como as falhas são conspícuas no Platô e em áreas do talude continental onde há muito a morfogênese sedimentar não atua, admite-se que a origem dessas falhas são transcendentais aos processos bacinais e podem estar relacionadas ao estado de "stress" litosférico. Essa orientação NW-SE tectônica na Margem Continental Brasileira, à luz dos dados atualmente disponíveis, é representada pelo Lineamento Cruzeiro do Sul (de Souza, 1991) e pelos Montes Submarinos da Bahia (Gorini et al., 1984).

A cadeia sul-norte de sal, interna ao Platô, é paralela ao escarpamento limítrofe do Platô de São Paulo e acredita-se que sua origem seja associada à migração lateral do sal em função da carga isostática causada pela frente de progradação ao norte do Cânion Almirante Câmara e pela sedimentação intra-Platô, pós-Marco Cinza. Acredita-se que essa frente de progradação, ao norte do Cânion Almirante Câmara, tenha sido o único local de considerável volume de sedimentação terrígena na Bacia de Campos, durante o hiato de sedimentação que viria a desenvolver o Marco Cinza.

REFERÊNCIAS

DE SOUZA, K.G., 1991, *La marge sud-orientale brésilienne et les domaines océaniques adjacents: structure et evolution*. Thèse de Doctorat de L'Université P. et M. Curie – Paris VI (24 Juin), 230 pp.

GORINI, M.A.; FLEMING, H.S.; CARVALHO, J.C.; BROZENA; GRIEP, G.H.; CHERCKIS, N.S.; MELLO, S.L.M., 1984, *Características morfotectônicas da zona de fratura dupla de Bode Verde e o seu traçado em direção aos Montes Submarinos da Bahia*. Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, vol. IV, 1615 – 1628.

GORINI, M.A.; SOUZA, E.A.; REIS, A.T.; CASTRO, J.R.C. & FACURI, M.T., 1993, *Geomorfologia e aspectos evolutivos do Complexo do Leque Submarino de São Tomé – RJ*. In: Congr. Intern. Soc. Bras. Geof., 3, Rio de Janeiro. Anais, Rio

de Janeiro, SBGf, Vol. 2: 1294_1299.

GORINI, M.A.; MALDONADO, P.R.; SILVA, C.G.; SOUZA, E.A.; BASTOS, A.C., 1998, Evaluation of deep water submarine hazards at Campos Basin, Brazil. Offshore Technology Conference, Houston, Texas, EUA, 133 – 141.

VIANNA, A.R.; KOWSMANN, R.O.; CASTRO, D.D., 1990, A discordância do Mioceno Médio/Superior: Um marco regional no talude da Bacia de Campos. In: Anais do XXXVI Congresso Brasileiro de Geologia, SBG, Natal, Vol.1, p. 313 - 323.

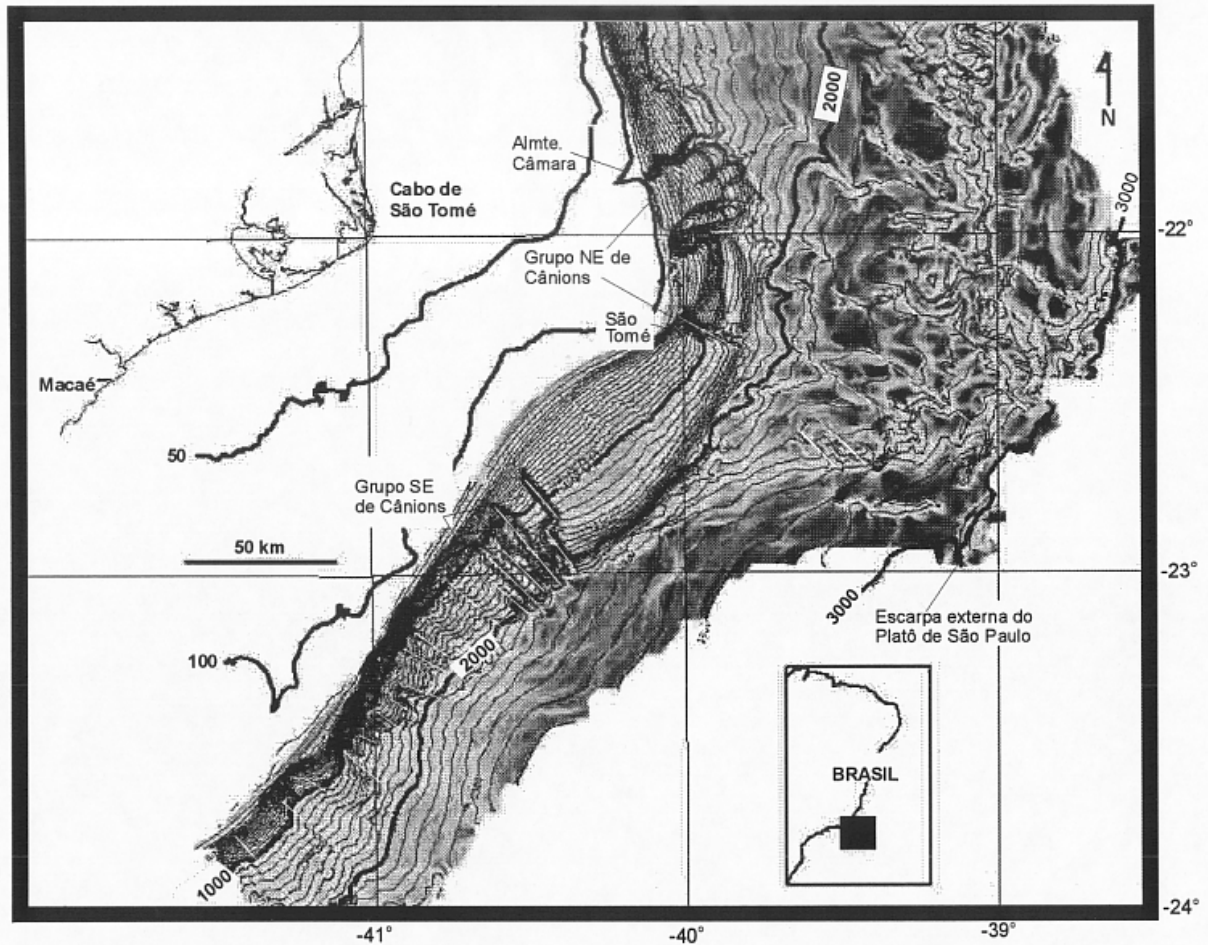


Figura 1- Mapa batimétrico (isóbatas em metros) e de gradientes (sombreado) da Bacia de Campos, mostrando as duas áreas com morfologias distintas a nordeste e a sul de um lineamento E-W aproximadamente na latitude de Macaé. Ao norte, a morfologia irregular do Platô de São Paulo contrasta com o Platô mais profundo a sul. O talude continental a sul é caracteristicamente erosivo e a norte mostra uma protuberância sedimentar que forma o Leque Submarino de São Tomé. Estruturas NW-SE ocorrem no talude e no Platô de São Paulo, condicionando a orientação dos cânions e ravinas no talude a sul, e dos lineamentos de diápiros de sal no Platô de São Paulo a norte.