



## Uso da batimetria multifeixe para a caracterização morfológica do talude continental adjacente à Bacia Potiguar, RN

Narelle Maia de Almeida, Helenice Vital, PPGG-GGEMMA-UFRN

Copyright 2013, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 13<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, August 26-29, 2013.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 13<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society 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

**The lack of data of continental slope regions and the perspective to oil explorations in these areas stimulated this study. Multibeam data was collected in continental slope of the Potiguar basin with the aim of modeling the seafloor. Thirteen submarine canyons were mapped and classified as Type I and II. We believe that canyons a1, a4 and d1 originated due to the influence of incised valleys Apodi-Mossoró and Açu when the sea level was lower than presently. Landslide structure and gullies were mapped in the walls of these canyons indicating erosional depositional style.**

### Introduction

Grande parte do que se conhece acerca da evolução das plataformas e taludes continentais tem como base a batimetria. A batimetria da plataforma e talude fornece informações importantes acerca das estruturas subjacentes (Pratson e Haxby, 1997), distribuição de fácies sedimentares (Posamentier et al., 1988), e processos que afetam a margem continental (Driscoll et al., 2000).

Apesar do avanço no conhecimento da plataforma continental do Rio Grande do Norte (Testa e Bosence, 1998; Pessoa Neto, 2003; Vital et al., 2005; Lima e Vital, 2006; Schwarzer et al., 2006; Vital et al., 2008; Gomes e Vital, 2010), dados da região do talude, zonas de transição entre os continentes e bacias oceânicas, são praticamente inexistentes. Tendo em vista a quase ausência de dados em ambientes profundos na porção submersa da Bacia Potiguar e a perspectiva futura de exploração petrolífera nestes ambientes, faz-se necessário a caracterização geomorfológica do Talude Continental desta bacia, sendo este, portanto, o objetivo desta pesquisa.

Entre as feições da morfologia do talude, aquela que tem recebido maior atenção são os canyons submarinos (Pratson et al., 2007), assim, a escolha da área adjacente aos dois principais sistemas de vales incisos da região

(Açu e Apodi-Mossoró) (Fig.1) se deu devido a aparente continuidade dessas incisões no talude.

As incisões que persistem até o talude continental são conhecidas como canyons submarinos. Canyons submarinos têm sido um enigma geológico. Suas possíveis origens e idades têm sido objetos de controvérsias desde seu reconhecimento já em 1983 (Von Der Borch, 1968). Canyons submarinos são profundas e íngremes incisões no fundo oceânico das plataformas e taludes continentais que atuam como condutos para o transporte de grandes quantidades de sedimentos do continente para o mar profundo na forma de fluxos sedimentares gravitacionais (Shepard and Dill, 1966; Gardner, 1989).

Os canyons submarinos são considerados áreas de risco por terem a cabeceira muito instável e suas paredes estarem sujeitas a falhas e fraturas que podem provocar deslizamentos submarinos e correntes turbidíticas ao longo dos seus talwegues. A caracterização fisiográfica do talude continental e mapeamento destas estruturas são de extrema importância, pois possibilita a determinação de zonas de risco à instalação de estruturas submarinas.

Neste contexto, os resultados oriundos da presente pesquisa fornecerão subsídios para melhoria contínua da gestão ambiental da região, já que o conhecimento gerado poderá ser utilizado para o desenvolvimento mais sustentável das atividades de E&P na região.

### Method

Os dados batimétricos foram levantados no Navio Hidrográfico Sirius (NH21) da Marinha do Brasil com o ecobatímetro multifeixe EM 302 fabricado pela empresa norueguesa Kongsberg utilizando a frequência de 30 kHz. Todos os métodos usados foram os preconizados pelas Instruções Técnicas da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

Durante toda a sondagem multifeixe foi utilizado o equipamento Seatex Seapath 200 que fornece informações de *roll*, *pitch*, *heave*, *heading*, posição e velocidade. A posição utilizada é referente à antena nº. 1 do sistema com sinal DGPS.

Para aquisição automática dos dados batimétricos multifeixe, foi utilizado o programa SIS (*Seafloor Information System*).

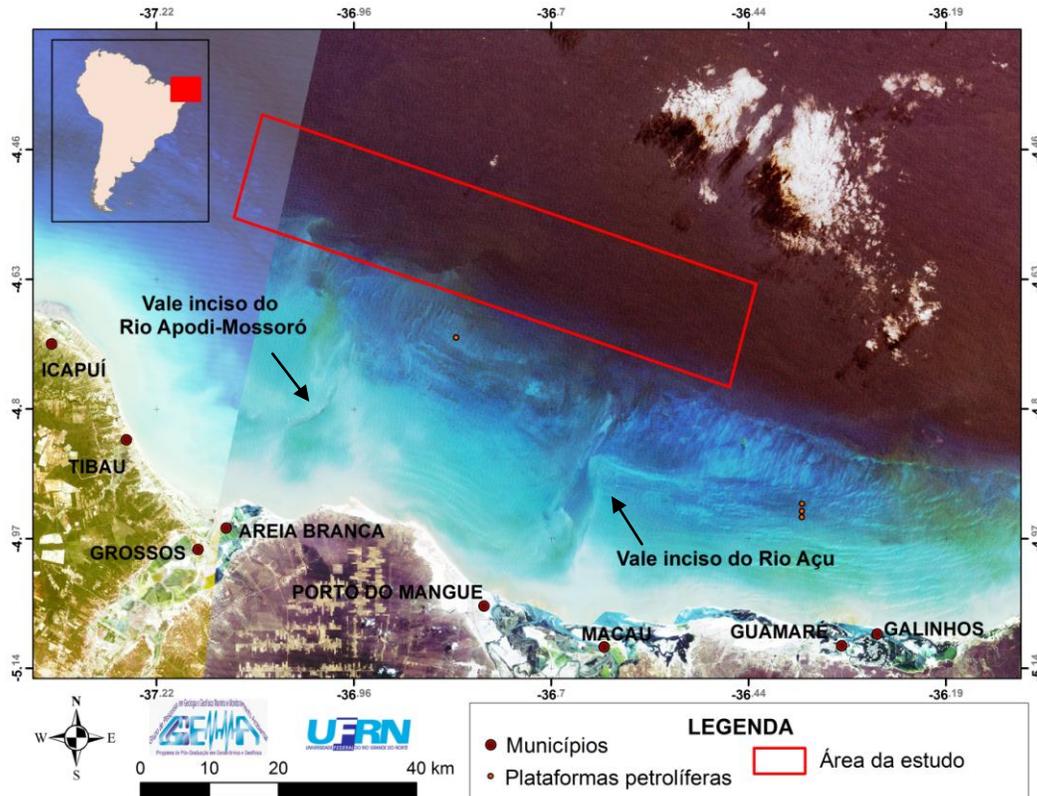


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo adjacente aos vales incisos dos Rios Açu e Apodi-Mossoró.

Foi adotado afastamento médio de 1.315 metros entre as linhas de sondagem da área, sempre visando à obtenção da superposição entre faixas de sondagem adjacentes.

Durante as sondagens, foram utilizados os seguintes parâmetros:

- Taxa de atualização dos dados no Seapath 200: > 100 Hz;
- Time offset: 0,0 s;
- Ping rate no ecobatímetro EM 302: < 10 Hz; e
- Abertura média do setor de cobertura: 150°.

Foi efetuado lançamento de XBT (*Expendable Bathythermograph*), tipo T-7, para o cálculo do perfil da velocidade de propagação do som na água do mar. Para a realização do lançamento de XBT, foram cumpridas as determinações da NAVEMARINST nº. 10-01A. A estação foi realizada quando a qualidade do dado obtido se apresentava insatisfatória.

Os perfis de velocidade do som foram aplicados no software de aquisição SIS (*Seafloor Information System*) que coletou os dados no datum WGS-84 e na projeção *World Mercator*.

Os arquivos brutos foram gerados com os offsets dos sensores aplicados durante o processo de aquisição.

O processamento dos dados batimétricos foi realizado no software CARIS HIPS&SIPS 7.0. Antes do início do processamento, foi gerada uma embarcação no referido programa com todos os offsets iguais a zero, sendo lançados somente os valores do campo TPE (ERRO TOTAL PROPAGADO) de forma a possibilitar a execução do processamento automático. Foi aplicado o arquivo *zerotide* em virtude de não se considerar o efeito de maré na área de sondagem.

O processamento dos dados batimétricos foi realizado a partir do método de processamento automático CUBE (50 metros de *grid*), utilizando o valor das profundidades médias, verificando-se a navegação assim como os pontos da sondagem onde o método estatístico apresentou “dúvida” quanto à aceitação das hipóteses, sendo, então, excluídas as informações consideradas como *spikes*.

Os modelos batimétricos foram gerados no próprio CARIS e exportados como imagens *\*GeoTIFs* que foram importadas no ArcGis versão 9.3 para finalização dos mapas.

## Results

Após o processamento dos dados gerou-se um suporte de amostragem contido na área definida para o estudo, segundo os valores de  $X_{\min} = -37^{\circ} 09.29'$ ,  $X_{\max} = -36^{\circ}$

15.14',  $Y_{\min} = -04^{\circ} 51.55'$  e  $Y_{\max} = -04^{\circ} 03.29'$ , com valores de profundidades entre 40,67 e 1.415,67 metros, chegando-se a um total de 61.304.688 pontos dispostos em coordenadas UTM, datum WGS 84.

O talude continental da área de estudo se estende por aproximadamente 58km e 10,5km de largura. Compreende o talude superior (até 500m) e o talude inferior (500-1.300m) com diferentes gradientes de declividades ( $7,5^{\circ}$ - $11^{\circ}$ , média  $8,6^{\circ}$ , e  $4,6^{\circ}$ - $10,2^{\circ}$ , média  $6,8^{\circ}$ , respectivamente), sendo portanto o talude superior mais íngreme que o inferior.

Foram identificados 13 vales submarinos que dissecam o talude continental da área em estudo (Fig. 2).

De modo a facilitar suas descrições, os canyons foram separados em grupos relacionados às suas origens e/ou morfologias e nomeados de oeste para leste como mostra a Fig. 2.

Os canyons da Fig. 2a, em detalhe na Fig. 3, foram classificados conforme Jobe et al. (2011) segundo o tipo I, pois acredita-se que todos eles tenham se originados por influência do paleocanal Apodi-Mossoró em períodos em que o nível do mar estava mais baixo que o atual, sobretudo os canyons a1 e a4 que possuem suas cabeceiras mapeadas na zona da quebra da plataforma continental, a partir de 163 e 106m de profundidade respectivamente. Justifica-se tal classificação, pois segundo os dados de batimetria e altimetria integrados de Gomes e Vital (2010), pôde-se reconhecer direções das principais feições estruturais que interligam o paleocanal do Rio Apodi-Mossoró aos rios correspondentes no continente. Além disso, Lima (2006) afirma que a sul do canal há um braço do canal na direção NE-SW que funciona como a ligação do canal com o continente. Pesquisas em andamento do Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental (e.g. Nogueira, 2011) já confirmam a conexão deste canal plataformal com o talude.

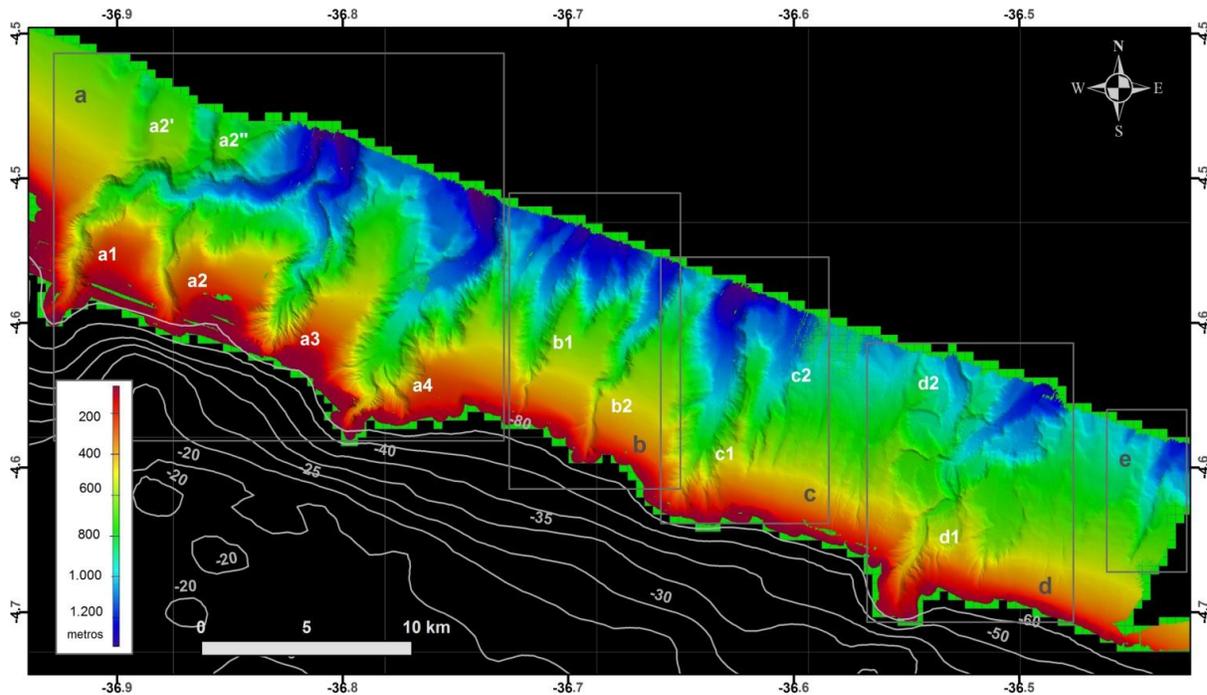


Figura 2: Morfologia do talude continental da Bacia Potiguar com 13 vales submarinos modelados.

O canyon submarino a1 das Figs. 2 e 3 é meandrante, mas parece ter seus trends principais controlados por tectônica já que inicia com uma orientação NE-SW, muda abruptamente para E-W e finaliza com *trend* aproximadamente N-S. Este *trend* E-W da parte intermediária do canyon possivelmente é controlado por uma extensa falha normal E-W que acompanha paralelamente toda a costa do Rio Grande do Norte próxima a zona da quebra da plataforma mapeada por Bizzi et al. (2003) ou até mesmo pela Falha de Pescada que também segue este *trend*. É o canyon mais sinuoso da área de estudo (1,30) e mais extenso, apresentando 20km de comprimento, iniciando-se na profundidade de

163m a 37km da costa e finalizado-se a 1.383m. Tem uma profundidade média de 331m, podendo chegar a 390 m, e uma largura média de 1.563m, podendo chegar a 3.507m quando se considera os terraços formados às suas margens. Somente a incisão do talvegue pode chegar a 2.546m de largura. Na parede mais a leste próximo à sua cabeceira observa-se uma estrutura de deslizamento de massa (*landslide*) que é uma evidência da instabilidade da parede do canal, sendo então uma região considerada propícia a *geohazards*. Estruturas semelhantes a marcas de ondas com cristas orientadas segundo SSW-NNE foram mapeadas também na parede leste do canyon a1 (Fig. 3).

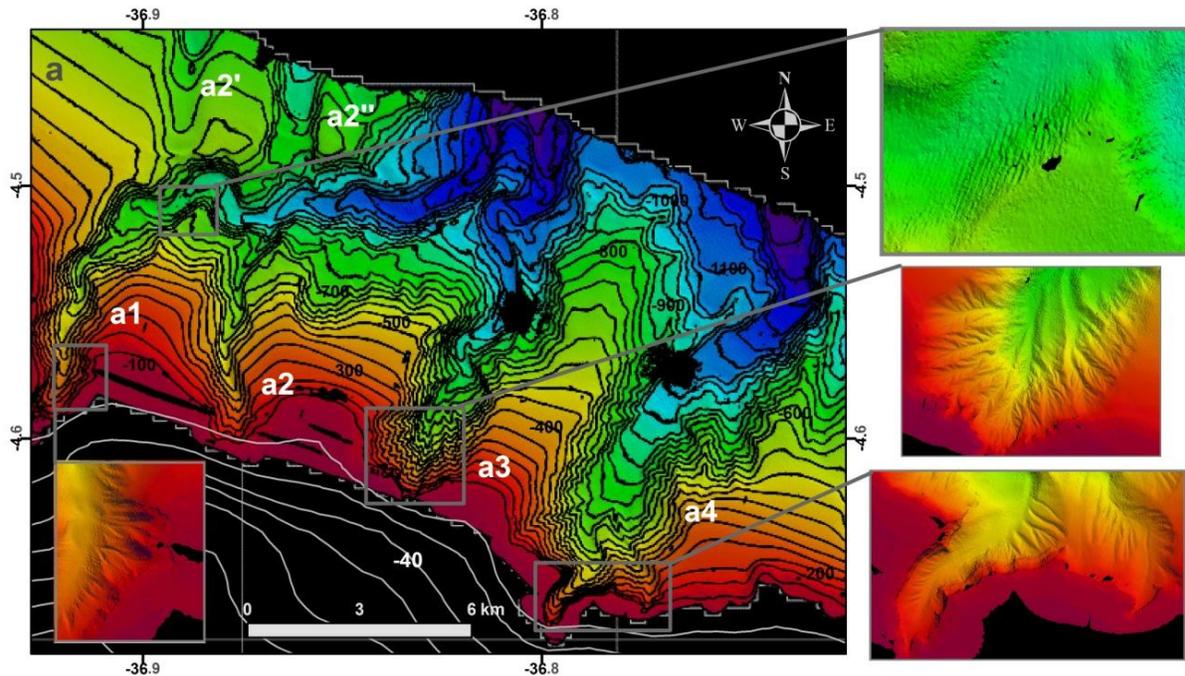


Figura 3: Canyons submarinos formados por influencia do paleocanal Apodi-Mossoró em períodos em que o nível do mar estava mais baixo que o atual. Em detalhe estruturas de *landslide* e marcas de ondas no canyon a1, ravinas erosivas (*gullies*) nas cabeceiras e paredes dos canyons a3 e a4.

O canyon a1 possui um canal tributário (a2) e dois distributários (a2' e a2''). O canal tributário se inicia a 115m e encontra o canal principal a aproximadamente 950m de profundidade. Possui uma largura média de 1.357m, podendo chegar a 1.929m. A medida que vai se aproximando do canal principal vai se alargando e a parede mais a leste vai se tornando menos íngreme. Possui uma profundidade média de 264m. Os antigos canais distributários (a2' e a2'') localizados mais a norte do canal principal seguem exatamente o *trend* de duas falhas paralelas mapeadas na porção terrestre e plataformal da Bacia Potiguar. Possuem confluência com o canal principal a1 a 642 e 796m, respectivamente. Os canais a2' e a2'' apresentam respectivamente 142m e 216m de profundidade média, e parecem ter sido abandonados. A morfologia atual destes canyons é resultado de processos erosivos, de subsequentes deposição e transporte de sedimentos e de um controle tectônico herdado da região.

O canyon a3 já inicia-se com uma cabeceira larga com 2.309m, alargando-se até 3.445m. Seu talvegue vai se tornando mais raso a medida que o canal vai tomando águas mais profundas e presumivelmente encontra com canal a1, tornando-se um só, onde é observado o limite dos dados. Possui um comprimento de 13,2km e a segunda maior sinuosidade encontrada (1,22). É caracterizado por inúmeras ravinas nas suas paredes o que indica um estilo deposicional erosivo. Processos sedimentares gravitacionais como fluxo de detritos podem ser os responsáveis pela origem destas estruturas.

O canyon a4 tem sua cabeceira mapeada na zona da quebra da plataforma continental sendo bastante estreita (637m) quando se compara com a largura que o canal adquire quando avança ao talude (até 5.010m). Ravinas também são características deste canyon, sendo observado uma cabeceira proeminente. Afloramentos rochosos estão expostos nas paredes da cabeceira do canyon tais como observado por Gibson and Schlee (1967) *apud* Shepard (1972). Inicia-se a 106m de profundidade e vai até 1.415m, onde se observa a região mais profunda da área de estudo.

As feições b1 e b2 das Figs. 2b e Fig. 4 são confinadas ao talude e são feições erosivas que se alargam no limite entre o talude superior e o talude inferior. Ambas iniciam-se a 115m. O canyon b1 inicia-se com 387m de largura e pode chegar até 2.260 metros, com uma média de 1436m. Já o b2 inicia-se com 573m e alargando-se até 1.906m, com uma média de 1.232m. As profundidades médias são 293 e 261m respectivamente, podendo o b1 chegar a 486m. Possuem valores de sinuosidade iguais a 1,05 para b1 e 1,07 para b2 sendo estes valores mais baixos que a média encontrada (1,10).

O canyon c1 da Fig. 2c, também ilustrado na Fig. 4, inicia-se a 120m e tem uma profundidade média de 360m. É o canyon mais largo (média de 3.094m) e com a cabeceira mais larga (2.413m). Segue a direção principal de incisão do talude da área de estudo que é SW-NE. Sua cabeceira não tem conexão com a plataforma. A leste do canyon c1 observa-se a feição c2 que se inicia na transição entre o talude superior e inferior e em águas mais profundas conflue-se com canal principal.

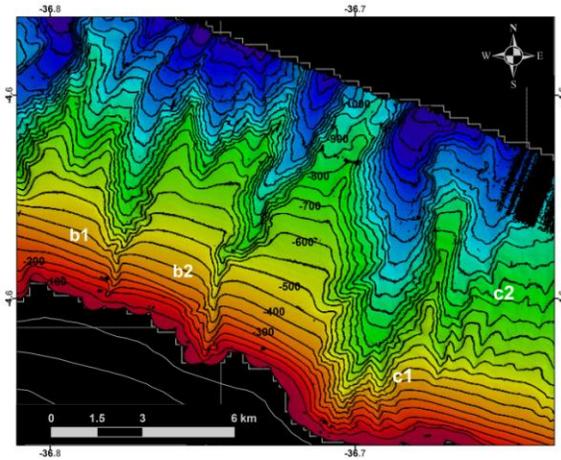


Figura 4: Cânions b1, b2, c1 e c2 em detalhe.

O canyon d1 das Figs. 2d e 5 tem uma morfologia bastante diferenciada e interessante. É a continuação em águas mais profundas da incisão plataformal do Rio Açu. Possui sua cabeceira mapeada na zona da quebra da plataforma continental a 108m com uma largura de 1000m. Pode chegar até 319m de profundidade. É o canal com o segundo maior comprimento (14.502m) e com a terceira maior sinuosidade da área de estudo (1.15). Em 858m de profundidade do canyon d1 há uma bifurcação onde se observa o canal distributário d2 que parece abandonado atualmente, da mesma forma que a2' e a2'' anteriormente descritos. Este canyon destaca-se devido aos extensos terraços que foram formados às suas margens, formando o que parecem superfícies planas a suavemente inclinadas. Se levados em consideração o canyon chega a ter 6.210m de largura. Gomes e Vital (2010) afirmam que o vale inciso plataformal do Açu apresenta um forte controle tectônico. Provavelmente, este controle estrutural também se estende ao talude continental, pois o canyon d1 segue o *trend* regional SW-NE.

O canyon e da Fig. 2e e 5 inicia-se no talude inferior (613m) e possui medidas morfométricas bem menores quando comparadas as dos outros cânions da área de estudo. Possui apenas 6,2km de comprimento e uma profundidade máxima de 191m. Possui uma largura média de 903m e uma sinuosidade igual a 1.02.

Tendo como base as características descritas e a classificação bipartida de cânions submarinos proposta por Jobe et al. (2011), pode-se afirmar que os cânions do talude continental adjacente aos vales incisos Apodi-Mossoró e Açu tem, em geral, um estilo deposicional mais erosivo. Certamente, os cânions a1, a4 e d1 podem ser classificados como Tipo I, pois apresentam suas cabeceiras entalhadas na borda da plataforma, as maiores sinuosidades da área de estudo, formas em 'V', terraços nas margens (sobretudo o canyon d1) e são associados à grandes sistemas fluviais. O canyon a1 ainda possui evidências de feições erosivas como deslizamento de massa e um canal tributário.

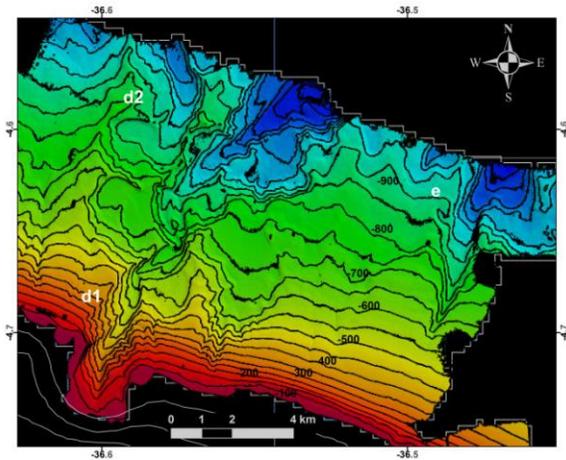


Figura 5: Cânions d1 e seu distributário d2 (em detalhe os extensos terraços formados) e o canyon e formado a partir do talude inferior.

Os cânions 'c2' e 'e' são classificados como tipo II já que não possuem entalhe na borda da plataforma, pois suas cabeceiras iniciam-se no talude inferior, o que indicaria um suprimento sedimentar baixo por não haver associação com sistemas de drenagem fluvial. Possuem baixa sinuosidade e forma em 'U' com fundo plano.

Os outros cânions submarinos da área de estudo não foram interpretados segundo os tipos I e II de Jobe et al. (2011) já que possuem características de ambos os tipos.

Para os cânions do tipo I (a1, a4 e d1) pode ser inferida uma sedimentação areno-cascalhosa provocada por correntes turbidez ricas em areia já que possuem um alto suprimento sedimentar devido à conexão com sistemas fluviais principais. Por isso são intimamente associados a deposição de grandes sistemas de leques submarinos que têm sido considerados reservatórios de hidrocarbonetos altamente permeáveis. (Stow and Mayall, 2000; Dailly et al., 2002; Posamentier, 2003).

Enquanto os cânions do tipo II geralmente tem sedimentação hemipelágica através de correntes de turbidez diluídas e morrem na base do talude, não tendo então associação com leques submarinos. Estes cânions do tipo II ('c2' e 'e') podem formar intervalos selantes e/ou produtores (Jobe et al., 2011).

Os depósitos de leques submarinos são formados por turbiditos e, de acordo Pellizzon (2005) e Souza Cruz (1995), constituem os principais reservatórios petrolíferos dos campos gigantes de águas profundas da Bacia de Campos (Barracuda, Marlim e Albacora).

Segundo Pires (1993) em várias partes do mundo os leques submarinos constituem importantes reservatórios de hidrocarbonetos. Conseqüentemente, a necessidade de entender suas geometrias e fácies associadas tornou-se fundamental para efetuar a exploração desses depósitos.

## Conclusions

Os resultados obtidos com o uso do sistema batimétrico multifeixe permitiu o avanço do conhecimento do talude continental brasileiro, mais especificamente na porção norte do Rio Grande do Norte.

A análise morfométrica dos canyons mapeados no talude continental da bacia potiguar permitiu classificar os canyons dessa plataforma em Tipo I e Tipo II.

De acordo com a literatura canyons do tipo I são intimamente associados à deposição de grandes sistemas de leques submarinos que têm sido considerados reservatórios de hidrocarboneto permeáveis. Já canyons do tipo II podem formar intervalos selantes e/ou produtores.

As morfologias dos canyons e interpretações apresentadas podem auxiliar nas decisões pré perfurações sobre reservatórios de depósitos de canyons submarinos bem quanto à prospecção em águas ultraprofundas.

## Acknowledgments

Este trabalho é uma contribuição ao Projeto Interinstitucional REDE Geo-Imageamento 2011 (FINEP/DHN/SECIRM/PGGM/MARINHA DO BRASIL). Os autores agradecem ao PRH-ANP22 (FINEP/CTPETRO/PETROBRAS) pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor e ao CNPq (Grant 303481/09-9) pela bolsa de PQ ao segundo autor; a tripulação do navio Sirius e equipe do GGEMMA pelo auxílio e solicitude durante a aquisição dos dados; e a UFRN, pela infraestrutura necessária ao processamento dos dados.

## References

Bizzi, A.; Schobbenhaus, C.; Vidotti, R. M. & Gonçalves, J. H. 2003. *Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil*. (eds.) CPRM, Brasília.

Dailly, P., Lowry, P., Goh, K., Monson, G., 2002. Exploration and development of Ceiba field, Rio Muni basin, Southern Equatorial Guinea. *The Leading Edge* 21, 1140e1146.

Driscoll, N.W.; Wissel, J.K. e Goff, J.A. 2000. Potential for large scale submarine slope failure and tsunami generation along the US Mid-Atlantic coast. *Geology*, 28:407-40.

Gardner, W.D., 1989. Baltimore Canyon as a modern conduit of sediment to the deep sea. *Deep-Sea Research* 36, 323–358.

Gomes, M. P.; Vital, H. 2010. Revisão da Compartimentação Geomorfológica da Plataforma Continental Norte do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Geociências*. Volume 40(3): 321-329.

Jobe, Z.R., Lowe, D.R., Uchytel, S.J. 2011. Two fundamentally different types of submarine canyons along the continental margin of Equatorial Guinea. *Marine and Petroleum Geology* 28 (2011) 843e860.

Lima, S. F. 2006. Caracterização geomorfológica e paleogeográfica da plataforma continental adjacente à foz do rio Apodi-Mossoró, RN. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 109 p.

Lima, S.F. e Vital, H. 2006. Geomorphological and paleogeographic characterization of continental shelf of the

Apodi-Mossoró River, RN-Brazil. In: Brebbia, C.A. (ed.). *Environmental problems in coastal regions VI: Including oil spill studies*. Wessex Institut of technology, Cambridge printing, p. 351-360.

Nogueira, M.L.S. 2011. Caracterização Geofísica Marinha do Vale inciso do rio Apodi-Mossoro na Plataforma Continental adjacente a Bacia Potiguar. Exame de Qualificação. Programa de Pós Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 27p.

Pellizzon, M. M. Caracterização das Unidades Sísmicas, Processos Sedimentares e Idade do Cânion Almirante Câmara, Bacia De Campos. Dissertação de Mestrado. Orientador: Prof. Dr. Alberto Garcia De Figueiredo Jr. Universidade Federal Fluminense (UFF). Niterói, 2005. 84 pp.

Pessoa Neto, O.C. 2003. Estratigrafia de sequencia da plataforma mista neogênica na Bacia Potiguar, margem equatorial brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, 33:263-278.

Pires, F. A. O "ESTADO DE ARTE" DOS DEPÓSITOS DE TURBIDITOS. *Revista do Instituto de Geologia da Universidade de São Paulo (USP)*. São Paulo, 14(1), 55-64, jan/jun1993.

Posamentier, H.W.; Jervey, M.t.; Vail, P.R. 1988. Eustatic controls on clastic deposition, II, Sequences and systems tract models. In: Wilgus, C.K.; Hastings, B.S.; Ross, c.A. (eds.). *Sea-level changes, an integrated approach*. SP 42 SEPM p.125-154.

Posamentier, H.W., 2003. Depositional elements associated with a basin floor channel-levee system: case study from the Gulf of Mexico. *Marine and Petroleum Geology* 20 (6e8), 677e690.

Pratson, L.F. e Haxby, W.F.1997. Panoramas of the seafloor. *Sci. American*, 276:82-87.

Pratson, L.F.; Nitrouer, C.A.; Wiberg, P.L.; Steckler M.S.; Cacchione, D.A.; Fulthorpe, C.S.; Driscoll, N.W.; Paola, C.; Fedeles, J.J. 2007. Seascape evolution on clastic continental shelves and slopes. In: Nitrouer, C.A.; Austin, J.A.; Field, M.E.; Kravitz, J.H.; Syvitski, J.P.M.; Wiberg, P.L. (eds). *Continental Margin Sedimentation*. SP 37 IAS. Blackwelç Publishing. p. 339-380.

Schwarzer K., Stattegger K., Vital H., Becker M. 2006. Holocene coastal evolution of the Rio Açu area (Rio Grande do Norte, Brazil). *Journal of Coastal Research*, SI 39:141-145.

Shepard, F.P., Dill, R.F., 1966. Submarine Canyons and Other Sea Valleys. Rand McNally, Chicago, Il., 381 pp.

Shepard, F.P. 1972. Submarine Canyons. *Earth-Science Reviews*. Rev., 8:1, 12.

Souza Cruz, C. E. 1995. Estratigrafia e Sedimentação de Águas Profundas do Neogeno da Bacia de Campos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Tese de doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 186p.

Stow, D.A.V., Mayall, M., 2000. Deep-water sedimentary systems: new models for the 21st century. *Marine and Petroleum Geology* 17 (2), 125e135.

Testa, V.; Bosence, D. W. J. 1998. Carbonate-siliciclastic sedimentation on highenergy, ocean-facing, tropical ramp, NE Brazil. In: Wright, V.P. & Burchette, T.P. (eds). *Carbonate Ramps*, Geological Society, London, Special, 149, 55-71.

Vital, H., Silveira, I.M. & Amaro, V.E. 2005. Carta Sedimentológica da Plataforma Continental Brasileira – Área Macau (NE Brasil). Utilizando Integração de Dados Geológicos e Sensoriamento Remoto. *Revista Brasileira de Geofísica*. 23(3): 233-241.

Vital H., Stattegger K., Amaro V. E., Schwarzer K., Frazão E. P., Tabosa W. F., Silveira I.M. 2008. A modern high-energy siliciclastic-carbonate platform: Continental shelf adjacent to northern Rio Grande do Norte State, northeastern Brazil. In: *Recent advances in models of siliciclastic shallow-marine stratigraphy*, SEPM, 90, Spec. Pub., p.175-188.

Von Der Borch, C. C. 1968. Southern Australian Submarine Canyons: Their Distribution and Ages. *Marine Geology*, 6 (1968) 267-279. Elsevier Publishing Company, Amsterdam.