



## Identificação de estruturas tectônicas pós-rifte na porção *offshore* da Bacia Potiguar usando sísmica 2D

Tavares, A.C. (UFRN); Castillo, G. (Unesp); Silva, C.C.N. da (UFRN); Bezerra, F.H.R. (UFRN); Castro, D.L. de (UFRN); Gomes, M.P. (UFRN)

Copyright 2015, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica.

This paper was prepared for presentation at 14<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society, held in Rio de Janeiro, Brazil, 3-6 August 2015.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 14<sup>th</sup> 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

This study investigates faults that affect the offshore part of the Potiguar Basin in northeastern Brazil using a 2D seismic interpretation. We focus on the post-rift units, which include the Açú, Jandaíra, Tibau, and Guamaré formations. Based on seismic and well data, we conclude the following: (1) faults of the rift phase were reactivated and affect stratigraphic units of the post-rift period; (2) these faults include normal, strike-slip, and reverse faults; (3) some of the faults reach the shelf surface and influence the topography of a few valleys.

### Introdução

A maioria dos estudos relacionados à evolução tectônica das bacias sedimentares brasileiras não enfatizava a atividade tectônica no período pós-rifte, concentrando suas análises apenas no período rifte. Atualmente, é crescente o número de trabalhos mostrando que as unidades litoestratigráficas da porção pós-rifte de bacias sedimentares estão deformadas (Bezerra *et al.*, 2014; Gomes *et al.*, 2014). Neste contexto, este trabalho investigou, através da interpretação de seções sísmicas e dados de poços, a porção *offshore* da Bacia Potiguar.

No nordeste do Brasil, a Bacia Potiguar situa-se entre os paralelos 4°50' e 5°50' sul e os meridianos 35° e 38°, na porção leste da margem equatorial do país, estendendo-se pelos territórios dos estados do Rio Grande do Norte e Ceará. A Bacia Potiguar limita-se a nordeste com a Bacia do Ceará, a leste com a Bacia de Pernambuco-Paraíba, a norte é limitada pelo Oceano Atlântico, até a isóbata de 2.000 m e a sudoeste pelo embasamento cristalino (Bertani *et al.*, 1990) (Figura 1).

A Bacia Potiguar faz parte do Sistema de Riftes do Nordeste do Brasil (Matos, 1992). Ela é composta por uma sequência rifte (formações Pendência e Pescada), sequência transicional (formação Alagamar) e sequência drifte (formações Açú, Jandaíra, Ponta do Mel, Quebradas, Jandaíra, Ubarana e Guamaré) (Bertani *et al.* (1990). Esta última sequência é tratada neste trabalho como pós-rifte (Figura 2).

O objetivo principal do presente estudo foi identificar feições estruturais que evidenciam a ocorrência de falhas e seus diferentes regimes tectônicos, especialmente no período pós-rifte.

Para realizar o objetivo deste trabalho, os seguintes procedimentos foram executados: (a) mapeamento das principais unidades litoestratigráficas na porção *offshore* da Bacia Potiguar; (b) identificação de deformações que afetam estas diferentes unidades, principalmente no período pós-rifte; (c) identificação de estruturas de inversão tectônica, e em que períodos ela ocorreu; e (d) Identificação de feições estruturais (especialmente falhas) que se prolongam até superfície da plataforma continental e talude.

### Métodos empregados

A exemplo dos outros métodos geofísicos, a sísmica de reflexão é costumeiramente dividida em três etapas: aquisição, processamento e interpretação (Yilmaz, 2001). Neste trabalho foi realizada a terceira etapa, voltada para a análise estrutural da área de estudo, buscando a identificação de feições tectônicas através da análise de refletores que se destaquem nas seções sísmicas.

A metodologia deste trabalho seguiu três fases. A primeira fase consistiu na compilação de informações bibliográficas do acervo geofísico e geológico existente, análise de cartas estratigráficas, perfis geológicos e perfis de poços (para a região *offshore* das linhas sísmicas que serão utilizadas).

A segunda etapa consistiu na interpretação das seções sísmicas. Esta etapa demandou análise integrada dos dados de sísmica, poços e geológicos, considerando-se aspectos geofísicos e geológico-estruturais, no intuito de enfatizar feições estruturais. Ela foi realizada em dois passos. O primeiro passo foi a análise e interpretação das seções sísmicas e poços com o uso do software OpendTect (versão 4.6) e também manualmente. No segundo passo foram reinterpretadas as seções sísmicas.

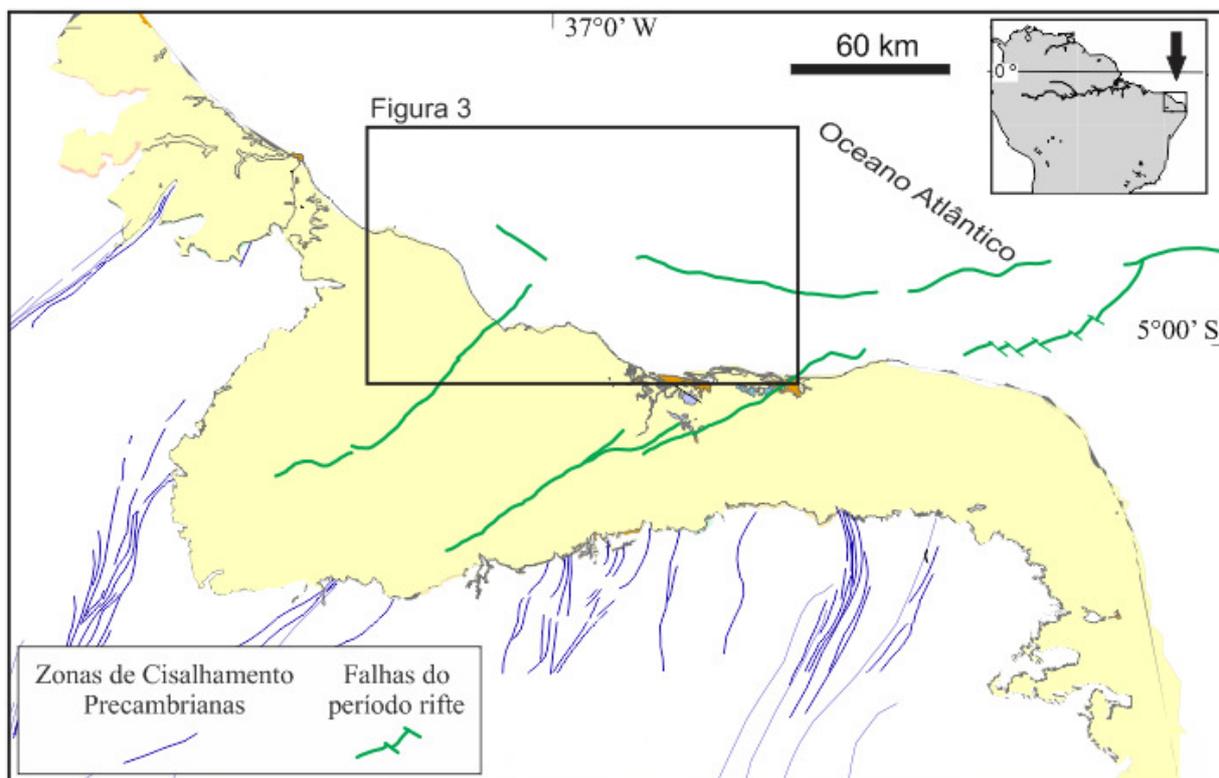
A terceira etapa da metodologia consistiu na integração dos resultados obtidos através da interpretação sísmica com aqueles já existentes sobre a Bacia Potiguar com o intuito de contextualizar as informações obtidas neste trabalho com as de estudos anteriores sobre as sequências sedimentares rifte e pós-rifte.

### Banco de dados do presente trabalho

As seções sísmicas e os dados de poços utilizados nesse trabalho foram fornecidos pelo Banco de Dados de Exploração e Produção da Agência Nacional do Petróleo (BDEP-ANP), na categoria uso acadêmico para universidades, disponibilizados em padrão SEG-Y (seções sísmicas) e formato las (poços). Os dados de poços contam com a profundidade das medições e os logs de raio gama, densidade, indução e sônico. Nos dados de poço encontram-se ainda os valores de profundidade das formações, listadas na Tabela 1. Os

dados são referentes a dez seções sísmicas e quatro poços. A localização das seções e dos poços é

apresentada na Figura 3.



**Figura 1** - Mapa da localização da Bacia Potiguar (área em amarelo claro) com a área de estudo indicada pelo retângulo preto ao centro (modificado de Reis *et al.*, 2013).

**Tabela 1** – Tabela das formações geológicas contidas nos poços com as respectivas profundidades dos topos em cada poço.

Formação	Profundidade (m)			
	Poço A	Poço B	Poço C	Poço D
Pendência	---	4102	3992	2764
Pescada	---	3187	---	---
CPT	---	---	---	2532
Alagamar	---	3065	2984	2374
Açu Inferior	2121	---	---	---
Açu Médio	1686	---	---	---
Açu	---	---	---	2077
Ponta do Mel	---	---	---	1609
Quebradas	---	2641	---	1576
Jandaíra	1349	2600	---	---
Ubarana	857	1034	1019	527
Guamaré	572	42	37	---
Embasamento	2219	---	---	---

## Resultados

Os topos das formações geológicas identificadas nas seções sísmicas com auxílio dos dados de poços, da mais rasa à mais profunda, foram:

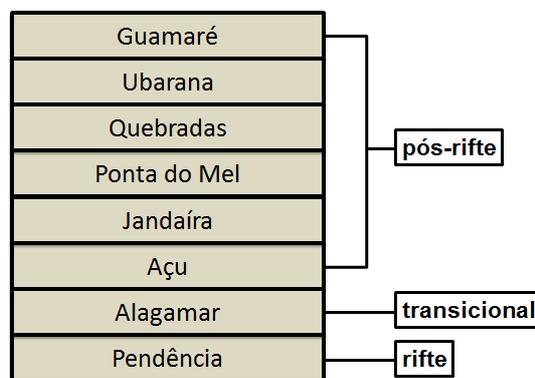
**Formação Pendência:** aparece em três poços (B, C e D) e seu topo foi identificado em cinco seções. Ela ocorre com topo praticamente plano-paralelo nas seções sísmicas e forma relativamente plana, mergulhando suavemente em alguns pontos devido à falhas ou próximo do talude.

**Formação Pescada:** essa formação aparece no Poço B. O horizonte que corresponde ao topo dessa

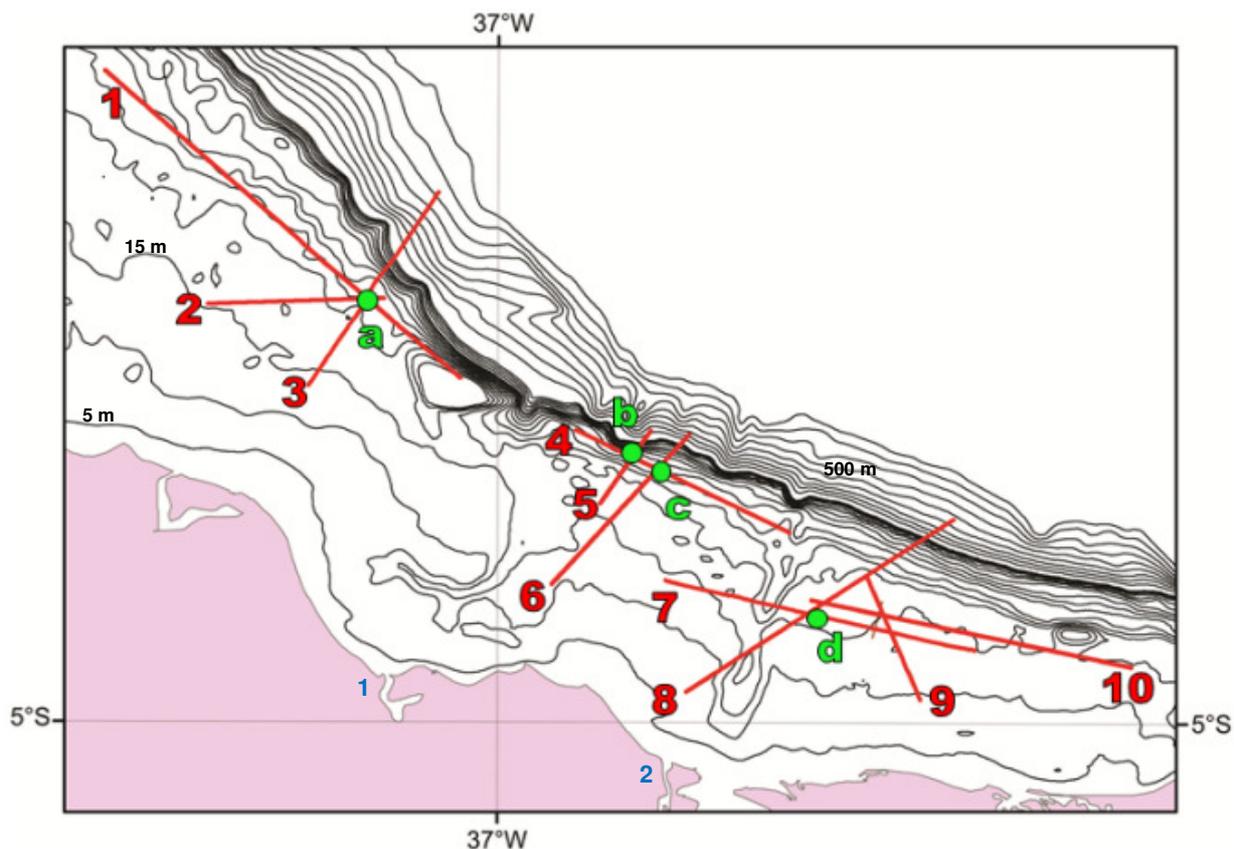
formação não foi identificado na Seção 7, interceptada por este poço.

**Camada Ponta do Tubarão (CPT):** embora apareça no Poço D, seu topo não foi traçado na Seção 7 porque ele encontra-se logo abaixo do topo da Formação Alagamar. Como este poço intercepta apenas esta seção sísmica, e esta seção intercepta outras duas seções, a CPT não foi traçada em nenhuma delas.

**Formação Alagamar:** aparece em três poços e teve seu topo identificado em duas seções. Esta formação apresenta horizontes de reflexão contínuos nas duas seções onde foi identificada e sua varia de 122 m (Poço B) a 1.008 m (Poço C), afinando em direção ao talude.



**Figura 2** - Esquema das fases de evolução sedimentar-tectônica na Bacia Potiguar de acordo com as unidades litoestratigráficas mapeadas nas seções sísmicas.



**Figura 3** - Mapa de localização das seções sísmicas e dos poços. A quebra da plataforma é onde as isolinhas da batimetria se adensam (linhas pretas). Os traços vermelhos indicam as seções sísmicas; os pontos verdes indicam os poços; a parte *onshore* da bacia está em rosa e a parte *offshore* da bacia está em branco. (1) foz do Rio Apodi e (2) foz do Rio Açu.

**Formação Açu:** aparece em dois poços (A e D) e teve o horizonte sísmico correspondente a seu topo identificado em seis seções sísmicas. O topo desta formação apresenta seu refletor contínuo em todas as seções onde foi mapeado e apresenta diversas alterações de mergulho. Esta formação tem espessura pouco variável, mas com afinamento em direção ao talude. As espessuras desta unidade, no Poço a, variam de 870 m (Poço A) e 297 m (Poço D).

**Formação Ponta do Mel:** aparece apenas no Poço D (468 m de espessura) e foi identificada em três seções sísmicas.

**Formação Quebradas:** aparece em dois poços (B e D), mas não foi identificada em nenhuma seção sísmica. Tem espessuras de 424 m e 33 m.

**Formação Jandaíra:** o topo desta unidade esta unidade ocorre em dois poços (A e B) e foi identificada em três seções. Sua espessura é de 337 m no Poço A e de apenas 41 m no Poço B.

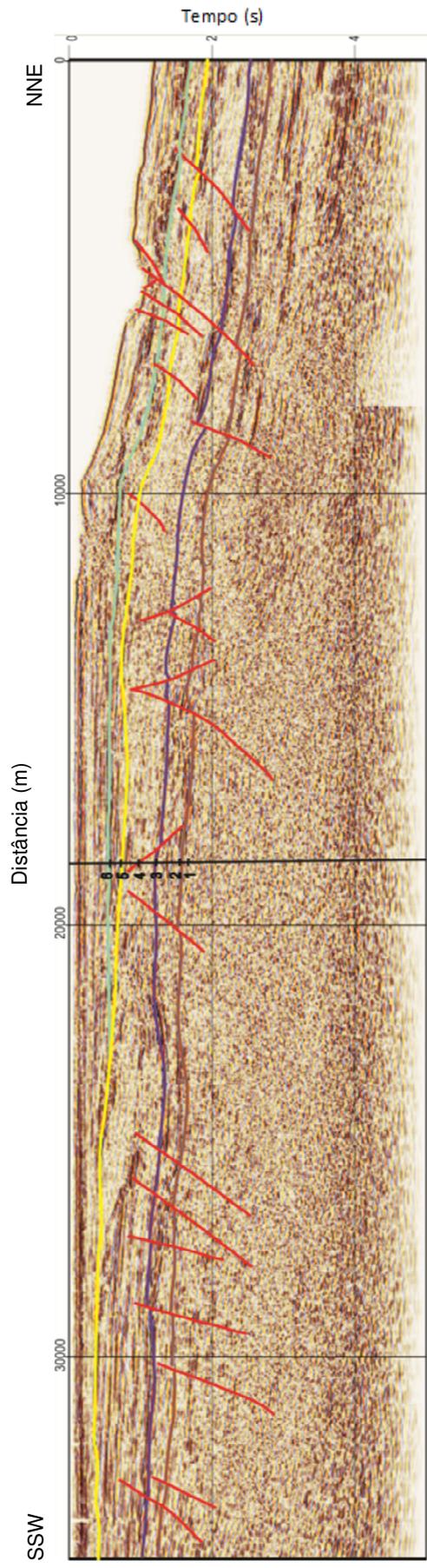
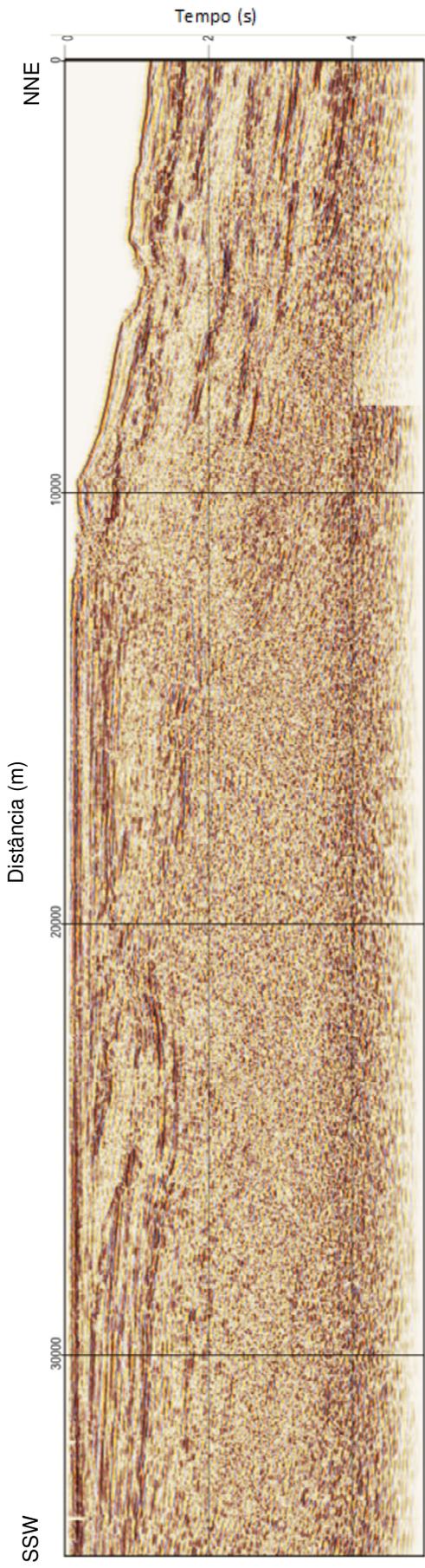
**Formação Ubarana:** única formação que aparece nos quatro poços, tendo seu topo identificado em seis seções sísmicas. Esta unidade tem seu topo contínuo na maioria das seções e geralmente plano. Sua espessura varia de 492 m (Poço A) até 1.965 m (Poço C).

**Formação Guimarães:** presente em três poços (A, B e C), foi traçada em duas seções sísmicas. Esta unidade possui espessuras que variam de 285 m (Poço A) a 992 m (Poço B). De acordo com a carta estratigráfica

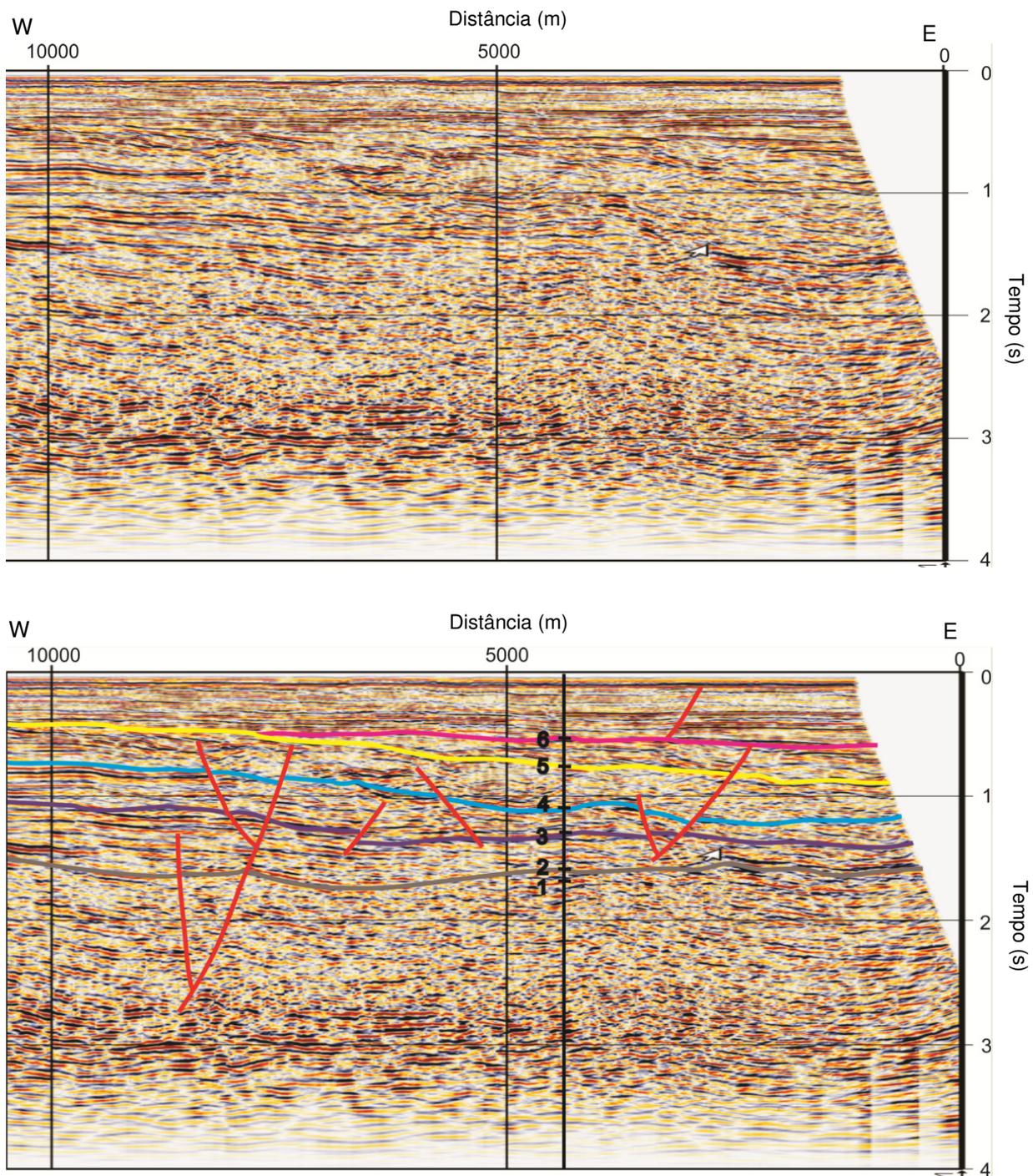
da Bacia Potiguar, interdigitada a esta unidade encontra-se a Formação Tibau (na costa), que não consta nos poços, e a Formação Ubarana (na plataforma e em águas profundas).

A interpretação das seções sísmicas permitiu identificar a presença de três tipos de falhas: normais, reversas e transcorrentes. A seção sísmica na Fig. 4 apresenta predomínio de falhas geológicas normais, com presença de algumas falhas reversas. Foram identificadas, como estrutura geral, estruturas em dominó e *horsts* e *grabens*. Os mergulhos aparentes das falhas normais associadas a estruturas em dominó são no sentido SSW e os mergulhos aparentes das falhas associadas à *horsts* e *grabens* são nos sentidos SSW e NNE. As falhas afetam desde o embasamento cristalino até as camadas mais superficiais, atingindo principalmente as formações Ubarana e Açu. São falhas do período pós-rifte e algumas atingem a superfície (recente), como as falhas que controlam um cânion na região do talude (Figura 4). Além das falhas geológicas, foram identificadas dobras abertas, relacionadas à algumas falhas, e rotação de blocos, indicada pela mudança de mergulho das camadas, causada também por falhas.

O trecho da seção sísmica na Figura 5 apresenta predomínio de falhas transcorrentes. Foram identificadas principalmente estruturas em flor. Os mergulhos aparentes são nos sentidos E, W e subverticais. Essas falhas também são do período pós-rifte, atingindo do embasamento cristalino às formações Ubarana e Guimarães, basicamente.



**Figura 4** - Seção sísmica (Seção 3) sem interpretação (acima) e interpretação (abaixo). (—) Poço A; e (—) falhas geológicas. (1): embasamento cristalino (não traçado); (2): topo da Formação Açú Inferior (marrom); (3) topo da Formação Açú Médio (roxo); (4): topo da Formação Jandaíra (não traçado); (5): topo da Formação Ubarana (amarelo); (6): topo da Formação Guamaré (verde claro).



**Figura 5** - Trecho de seção sísmica (Seção 2) sem interpretação (acima) e interpretada (abaixo); ( — ) Poço a; e ( — ) falhas geológicas. (1): topo do embasamento cristalino (não traçado); (2): topo da Formação Açu Inferior (marrom); (3): topo da Formação Açu Médio (roxo); (4): topo da Formação Jandaíra (azul); (5): topo da Formação Ubarana (amarelo); (6): topo da Formação Guimarães (verde claro).

### Conclusões

Uma porção *offshore* da Bacia Potiguar, entre os meridianos 4°S e 5°S e as latitudes 36°W e 38°W, foi analisada com base na interpretação de dez seções sísmicas 2D e com o auxílio de dados de quatro poços. A metodologia envolveu o mapeamento de unidades estratigráficas, identificação de deformações que afetam tais unidades, além da identificação de estruturas como dobras e falhas que afetam a topografia da plataforma continental.

Os resultados mostraram a ampla ocorrência de deformação em unidades estratigráficas, especialmente em formações geológicas pertencentes à fase pós-*rifte* da bacia.

Os dados aqui mostrados são compatíveis com um campo de esforços com compressão NW-SE, já descrito em trabalhos anteriores (Lima et al., 1997; Reis et al., 2013), deixando seu registro não apenas em subsuperfície, mas também na superfície e controlando feições topográficas.

## **Agradecimentos**

Ao Banco de Dados de Exploração e Produção da Agência Nacional do Petróleo (BDEP-ANP) por ceder os dados de sísmica e de poços.

Ao Programa de Formação em Geologia, Geofísica e Informática no Setor de Petróleo e Gás da Agência Nacional do Petróleo (PRH-22-ANP/UFRN).

Ao projeto “Mapa Tectônico do Brasil - escala 1: 5.000.000”, sob responsabilidade da Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho (Unesp - Rio Claro), coordenado por Norberto Morales.

## **Referências**

Bertani, R.T.; Costa, I.G.; Matos, R.M.D. 1990. Evolução tectono-sedimentar, estilo estrutural e habitat do petróleo na bacia potiguar. In: RAJA GABAGLIA GP & MILANI EJ (Ed.). Origem e Evolução de Bacias Sedimentares. PETROBRAS/SDRH, Rio de Janeiro, 291-310.

Dore, A.G.; Lundin, E.R.; Kuszniir, N.J.; Pascal, C. 2008. Potential mechanisms for the genesis of Cenozoic domal structures on the NE Atlantic margin: pros, cons and some new ideas. In: The Nature and Origin of Compression in Passive Margins. Geological Society, London, Special Publications, 306, 1-26.

Lima, C.C.; Nascimento, E.; Assumpção, M. 1997. Stress orientations in Brazilian sedimentary basins from breakout analysis: implications for force models in the South American plate. Geophysical Journal International 130, 112–124.

Lugt, I.R.; Wees, J.D.; Wong, T. H. 2003. The tectonic evolution of the southern Dutch North Sea during the Palaeogene: basin inversion in distinct pulses. Tectonophysics, 373, 141-159.

Williams, G.D.; Powell, C.M.; Cooper, M.A. 1989. Geometry and kinematics of inversion tectonics. Geological Society, London, Special Publications 1989, v. 44, p. 3-15.

Reis, A.F.C.; Bezerra, F.H.R.; Ferreira, J.M.; Do Nascimento, A.F.; Lima, C.C. 2013. Stress magnitude and orientation in the Potiguar Basin, Brazil: Implications on faulting style and reactivation. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 118, doi:10.1002/2012JB009953.

Yilmaz, O. 2001. Seismic data analysis: processing, inversion, and interpretation of seismic data, nº 10 In: Investigations in Geophysics, Society of Exploration Geophysicists.