



## Interpretação Estrutural de Dados Sísmicos 3D e de Poços da Bacia Pará-Maranhão.

LUZ JUNIOR, Luiz Otavio da Silva, Universidade Federal do Pará (UFPA).

Copyright 2023, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 18<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 16-19 October 2023.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 18<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

This work aims to make analysis and structural description of 3D seismic data and correlate to data from seismic wells in the Pará-Maranhão basin

### Introduction

A localização da Bacia Pará- Maranhão fica na porção norte da plataforma continental brasileira, na costa do estado do Pará e do Maranhão, e é exclusivamente marítima, seu meridiano está aproximadamente 47°O e 44°O e os paralelos 11°S e 10°N (FARIAS, 2021), faz divisa com as Bacias Foz do Amazonas e Barreirinhas, sua batimetria varia entre 400m a 3000m com uma área total 48.000 m<sup>2</sup>, seus limites noroeste com a Bacia foz do Amazonas e a sudeste da Bacia de Barreirinhas são imprecisos visto que não se conhece configuração tectônica 'considerável' que segmente tais Bacias (SOARES *et al.*, 2007). É uma bacia de muito interesse para o mundo energético devido a sua relevância exploratória. O interesse na área é devido a grande quantidade de óleo leve. Segundo a classificação API (American Petroleum Institute), tem-se uma classificação para os tipos de óleos, os menores de 22°API são considerados pesados e os maiores que 30°API são leves com menores viscosidade e baixa densidade, sendo mais acessível sua exploração (ROCHA, 2017).

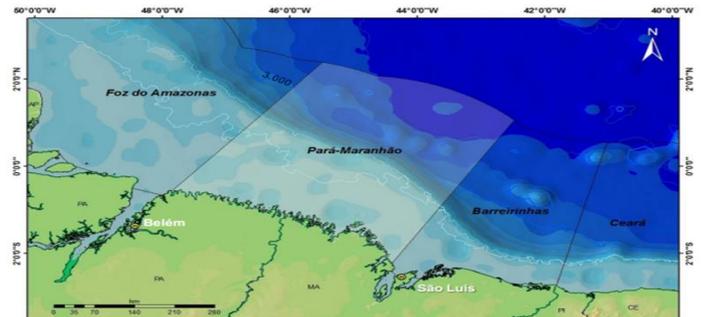


Figura 1. Mapa da Bacia Pará-Maranhão ao lado das Bacias da foz do Amazonas, Barreirinhas e Ceará

### Materiais e Métodos

Os métodos utilizados para esse estudo foram os sísmicos. São métodos que estudam a propagação de ondas no meio de interesse, as quais podem ser estimuladas artificialmente ou de forma natural. Sua interpretação depende da impedância (densidade e velocidade) do meio, e os dois principais métodos utilizados na sísmica são, a refração e a reflexão. A densidade do terreno e as constantes elásticas definem a velocidade de propagação das ondas. O contato com variadas estruturas geológicas com diferentes velocidades de transmissão de ondas sísmicas define a refração e/ou reflexão produzida. (LAVERGNE, 1989; ASSAAD, 2009).

O processo de exploração sísmica é dividido em três etapas; aquisição dos dados sísmicos, podendo ser **on shore** ou **off shore**; processamento sísmico, filtragem e correções de erros que possa surgir na etapa de levantamento e a interpretação sísmica, todas essas etapas são de suma importância para um excelente resultado. após essas etapas é possível fazer um modelo do dado que possa caracterizar a estrutura de interesse.

### Geotectônica da Bacia Pará-Maranhão

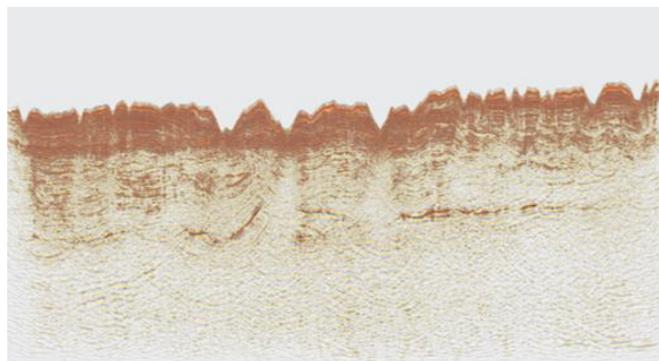
A Bacia Pará-Maranhão formou-se no terceiro momento distensivo logo após a abertura do oceano atlântico equatorial a partir do extremo leste da placa Sul - Americana no sentido sudeste (SE)- Noroeste (NW) (CONTE,2021). O preenchimento sedimentar da Bacia é bem complexo devido a ter duas etapas de rifteamento da idade Aptiana e Albina no intervalo dessas etapas ocorreram um crescimento de espessuras homogêneas formada por refletores plano-paralelas.

A Bacia Pará-Maranhão possui uma espessa camada carbonática de idade cenozoica que predominam na parte das águas rasas, após a separação dos continentes teve uma ruptura ortogonal, dessa separação teve a geometria de meio graben com sua separação na plataforma de Santana e sua borda falhada ao nordeste (CONTE,2021).

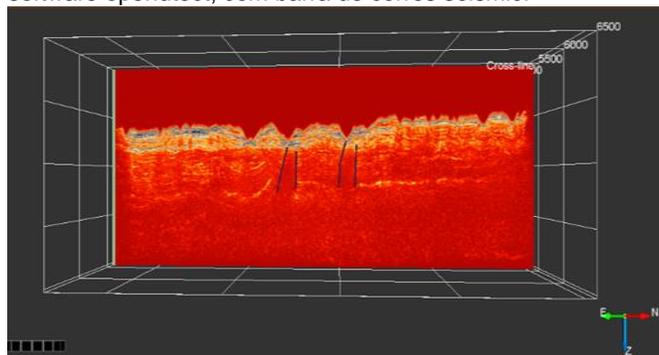
### Resultados

Foram analisados setes poços sísmicos, fazendo a correlação entre os relatórios dos poços sísmicos e as estruturas da região e mais a utilização do modelo de possíveis falhas sísmicas elaborado no software opendtect. Em todos os poços estudados (fora e dentro do levantamento sísmico) um destaque para a ausência de sal nas regiões perfuradas, além de arenito, siltitos e folhelhos, e da forte presença de perfis de porosidade e baixas densidade. Gerando um forte indicativo para a presença de hidrocarbonetos.

As análises do dado no software, foram divididas em dados carregado na direção **in line**, onde as resoluções não ficaram eficaz para a realização de uma boa análise e a direção **crossline** o qual foi obtido uma melhor resolução e foi possível a marcação de possíveis falhas sísmicas. A utilização do atributo sísmico que melhor realçou as regiões de possíveis falhas sísmicas foi a amplitude instantânea, possibilitando assim uma melhor leitura do dado.



**Figura 2.** Dado carregado na direção crossline 5394, no software opendtect, com barra de cores seísmic.



**Figura 3.** Dado carregado na direção crossline 5394, no software opendtect, com barra de cores seísmic, utilizando o atributo amplitude instantânea.

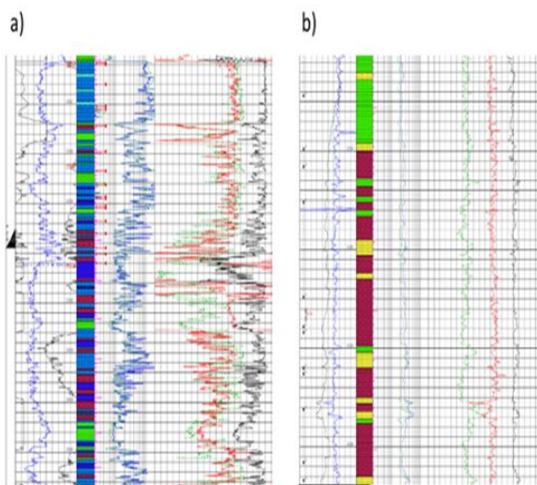
Na direção **crossline**, foi possível uma melhor identificação de regiões de falhas, devido a presença de pontos com grandes quantidades de energias. O dado bruto carregado nessa direção é possível visualizar pontos de destaques no modelo interpretativo sísmico e a utilização do atributo amplitude realça as localidades as quais estão sendo analisadas. O modelo litológico e mais a união com os dados do poço. As falhas sísmicas são muito importantes para o trabalho de análise exploratória, isso é devido ao seu perfil histórico, estrutural, geológico comumente essas falhas são utilizadas como reserva de hidrocarbonetos (CONTE, 2021).

Fazendo uma correlação com o modelo do software e a litologia da região, analisou-se os levantamentos dos poços sísmicos. Os Poços analisados dentro da área do levantamento e adjacências são: 1MAS 0005 MA, 1MAS 0008 MA, 1MAS 0011 MA, 1MAS 0017 MA, 1MAS 0022 MA, 1MAS 0026 MA, 1MAS,0031MA.

### Poços Perfurados Dentro levantamento.

No poço 1Ma-0005-Ma, essas características foram identificadas nas demarcações das metragens de 2600 a 2750 metros de profundidade, onde verificou-se granulometria muito fina e fino, e sub arredondados, com altas taxas de porosidades e baixa resistividades, e o espaço entre esses perfis sugere a presença de óleo, onde no mesmo perfil de 3000 a 3500 metros de profundidade a leitura de porosidade apresentou uma alta taxa e a de densidade uma baixa leitura mantendo os espaçamentos largos entre eles, com as mesmas características das aferições acima registradas. Potencializando as chances de presenças de hidrocarbonetos.

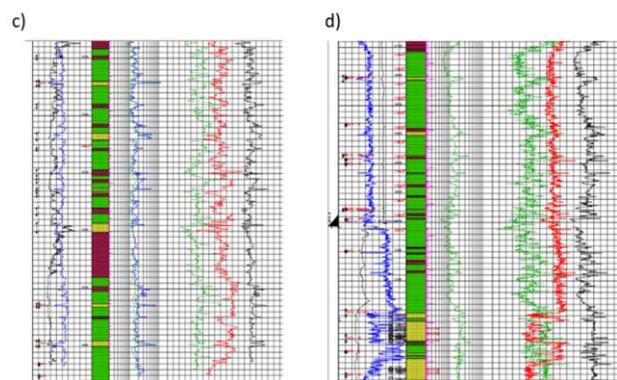
No poço 1-Ma-0011-Ma, foi possível registrar leitura de interesse em algumas profundidades, de 2090 a 3000 metros, 3000 a 3100 metros, 3180 a 3700 metros e de 3900 a 3950 metros. Durante análises minuciosa nessas regiões foi possível constatar praticamente as mesmas propriedades com a presença marcante de siltito, arenito e folhelhos, em alguns casos grãos finos ou muito finos e com a forte presença de porosidade e baixa resistividade, e o possível indicativo da presença de óleo. em alguns casos calcarenito, mas com características similares entres elas.



**Figura 4.** Perfis compostos dos poços perfurados dentro do levantamento, sendo eles o poço a) 1Mas - 0005- Ma e b) 1Mas 0011- Ma.

Na análise do poço 1-Ma-0017-Ma, chegou-se as seguintes conclusões os registros com possíveis indicativos de hidrocarbonetos aconteceram nas profundidades, 2700 a 2750 metros, 2800 a 2830 metros e 3330 a 3620 metros. Suas características demonstraram-se muito comum nessas profundidades citadas acima, com a presença de arenitos, folhelhos e siltito, além de um alto perfil de porosidade.

Durante as intepretações do poço 1Ma-0026-Ma, constatou-se diversos perímetros com grande riqueza porosa em variadas profundidades a partir de 2000 metros até 4250 metros, intercalando propriedades física e químicas nesses espaços, com a forte presença de arenitos, folhelhos, siltito em algumas áreas calcarenitos e marga. Um dos poços mais ricos em porosidades e baixa resistência, existindo potencial locais com óleo e outros com gás.

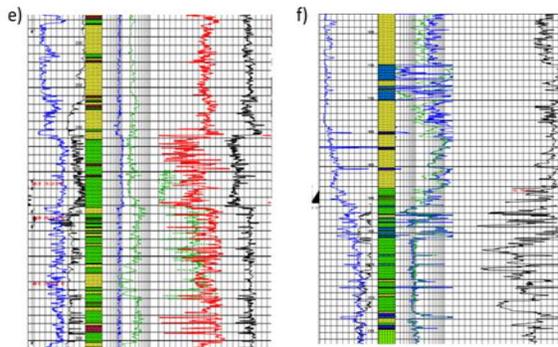


**Figura 5.** Perfis de poços dentro do levantamento sísmico da bacia Pará-Maranhão, sendo eles: c) 1Mas-0017-Ma e d) 1Mas-0026-Ma

### Poços Perfurados adjacentes ao levantamento.

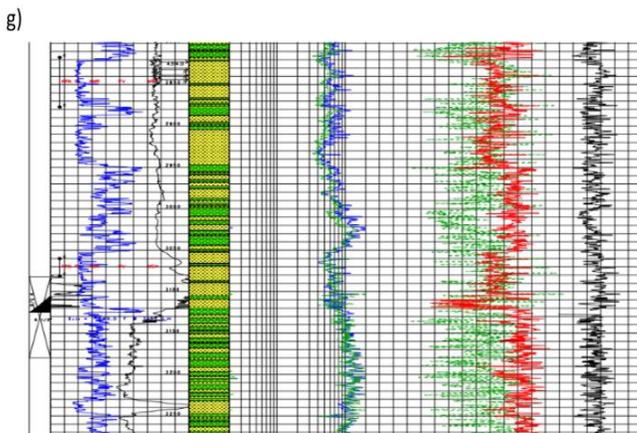
O poço 1Mas-0008-Ma, durante sua perfilagem foi identificado uma grande resistência em praticamente toda a perfuração, entretanto manteve-se as rochas e profundidade análogas as dos poços dentro do levantamento, a exemplo da presença de arenitos, folhelhos e siltitos com grão finos e sub arredondados. o destaque fica de 2350 a 2500 metros os espaços entre os perfis de densidade e porosidade sugere a presença de óleo.

O poço 1Mas 0022-Ma, encontrou-se a presença de arenitos, folhelhos e siltitos, todavia não foi identificado ou na época não existia tecnologia suficiente para a descrição mais avançada.



**Figura 6.** Perfis de poços perfurados adjacentes ao levantamento sísmico da Bacia Pará-Maranhão, sendo eles: 1MA- 0008 -MA e 1MA-0022- MA

E o último poço próximo ao levantamento o 1Mas 0031-Ma, foram identificadas em variadas profundidades altas taxas de porosidades em boa parte da sua perfuração, com a existência de folhelhos, arenitos, e siltitos com uma granulometria crescente. Mas no geral do poço, muitas áreas com possíveis regiões de gás devido a característica dos perfis de densidade e porosidades com pequenos espaços.



**Figura 7.** perfis do poço g) 1MAS – 00031 -MA, perfurado próximo ao levantamento sísmico de interesse na Bacia Pará-Maranhão

## Conclusão

O objetivo desse trabalho é analisar as estruturas geológicas e estruturais da bacia Pará – Maranhão, e verificar a possibilidade de existência de hidrocarbonetos. Algumas observações devem ser levadas em conta, como o relatório do poço o qual foi fundamental para descrição da região. Assim como o contexto histórico sedimentar da Margem equatorial, que se dividiu em margem equatorial Sul - americana e Africana e o sucesso exploratório na margem Africana.

As características estruturais na região e as propriedades das distintas camadas sedimentares ajudaram na interpretação de provavelmente existir a presença de hidrocarbonetos. Tanto na margem equatorial Africana com a confirmação de óleo e gás.

A Bacia Pará- Maranhão, tem forte indicio de óleo e gás em suas estruturas, foi possível chegar a essa definição devido a constatação da presença de muito arenito e folhelho fino escuro, característica da presença de restos orgânicos, além da alta densidade e resistividade do arenito. A importância dessa Bacia alcança diversos setores da sociedade local e mundial. Uma região com o possível potencial exploratório é de suma importância em investimentos de muitas e melhores tecnologias, as quais sejam possíveis uma confirmação mais segura. O que precisa ser feito é um melhor direcionamento de setores responsáveis (tanto público como privado) para a aquisição dessas energias não – renováveis.

Por fim, o direcionamento do trabalho foi voltado para a obtenção das informações estruturais disponíveis para chegar a uma definição satisfatória que visa repassar o conhecimento para os cientistas e/ou comércio exploratório.

## Acknowledgments

Primeiramente gostaria a Deus pela ddiva da vida e pela novas oportunidades oferecidas as quais foram essencial para as conquistas de novos horizontes. Gostaria de agradecer a Petrobras por disponibilizar dados para uma excelente realização de estudos e pesquisas visando um melhor retorno academico e possivelmente Industrial.

A Minha familia que sempre esteve prostada para oferecer ajuda sempre que possivel. Minha mãe, guerreira. Mãe solteira, de quatros filhos e todos formados, onde sempre efatizou. “estudo é a principal saida para o sucesso”.

A minhas irmãs pelo companheiros e disponibilidade em ajudar. A minha esposa e filho, meus turbo extras pela busca de futuro melhor.

Não poderia deixa de agradecer ao meu orientador, João Carlos, com a sua vasta riqueza intelectual e disponibilidade em ajudar, além da minha co-orientadora Karina Caetano, pelas inumeras ajudas diárias e pela parceria.

E agradecer a oportunidade oferecida pela SBGF de apresentar meu trabalho para o mundo e assim ajudar ainda mais nas pesquisas.

## Referências Bibliográficas

ASSAAD, F. A. Surface Geophysical Petroleum Exploration Methods. Field **Methods for Petroleum Geologists**. p. 21–23, 2009

CONTE, K. G; OLIVA, P. A. C. Interpretação Sísmica e Modelagens 3D Estrutural na Bacia de Barreirinhas (Maranhão, Brasil), **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó, v. 7, n. 2, p. 80-91, jul./dez. 2021.

FARIAS, K. C. C. Grupo de Trabalho Petróleo e Gás natural. Fiepa. **Nota Técnica Sobre a Margem Equatorial Brasileira**, 2021.

LAVERGNE, M. **Seismic Methods**. Paris: Éditions Technip, 1989. 173 p.

SOARES, E. F. *et al.* Bacia Pará-Maranhão, **B. Geoci. Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 321-329, maio/nov. 2007.

ROCHA, J. W. S. **Investigação das Propriedades elétricas em petróleo por espectroscopia de impedância**. 138 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Energia) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2017.