



## Estudo Estatístico da Velocidade dos Sais na Camada Evaporítica na Bacia de Santos

Pedro J. T. Amaral\* (Petrobras), Alexandre R. Maul (Petrobras), Livia Falcão (Petrobras), Nathalia M.S. M. Cruz (Petrobras), Maria A. Gonzalez (Paradigm) and Gerardo González (Paradigm)

Copyright 2015, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

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

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 14<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 evaporitic section that acts as a seal of the Pre-Salt section reservoirs in Santos Basin, Brazil, has a significant thickness and several types of salt layers with high velocity contrasts.**

**Therefore, a more realistic definition of the topography and the bedding inside this section concerning velocities could reduce the problems during the seismic processing stage as well as when building the velocity models for time-depth conversion for instance.**

**This study portrays the first stage of a methodology in development (Maul *et al.*, 2014) that tries to model in detail, the salt beds and understand how they change the interval velocity.**

**In this study we intend to build a statistical summary from well logs (sonic) and sample cuttings description in order to understand the salt-section behavior and give some inputs for advanced studies, regarding model velocity building.**

### Introdução

Com o desenvolvimento das áreas do pré-sal, nas bacias de Campos e Santos, e o avanço da campanha de perfuração dos poços é necessário desenvolver técnicas de correlação rocha-perfil-sísmica capazes de diminuir as incertezas nas profundidades trazidas pelos modelos de velocidades atualmente disponíveis.

Mesmo sísmicas processadas com modelos de velocidade mais complexos, muitas vezes do tipo anisotrópico sofrem com a estratificação e relevo do sal adjacente. Somam-se ainda problemas de iluminação, cobertura em azimutes e offsets e direções inadequadas de levantamento sísmico.

Existem diversas maneiras de construir um modelo de velocidade que variam dependendo do objetivo desejado. A maioria deles utiliza como insumo de entradas todas as informações disponíveis, como: antigos levantamentos sísmicos, horizontes interpretados, funções de

velocidades, amarrações sísmica\poço, velocidades de migrações, etc.

Entretanto em áreas pouco exploradas a falta de dados leva a incorporação de muitas incertezas nos modelos que acabam por não representar totalmente a realidade geológica.

Com o desenvolvimento da produção uma grande quantidade de poços é perfurada resultando em uma melhor distribuição destas informações. Isto torna possível uma análise e correlação das informações rocha-perfil-sísmica que podem ser incorporadas nos modelos de velocidades.

O presente trabalho levou em consideração o resultado obtido a partir das informações de 18 poços perfurados em uma área de 200 Km<sup>2</sup> na Bacia de Santos (Figura 1).

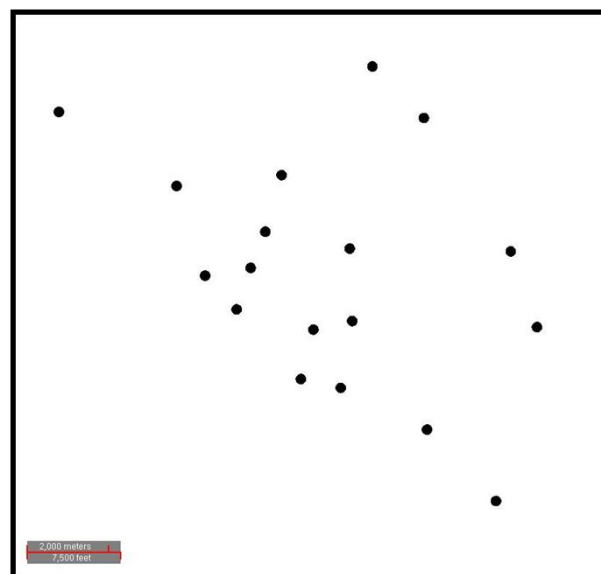


Figura 1 – Distribuição dos 18 poços na área de estudo.

### Objetivos

O objetivo deste estudo é a integração das velocidades instantâneas derivadas do perfil sônico com as descrições litológicas interpretadas pelo geólogo através das amostras de calha, buscando, a partir de uma análise estatística, definir a posição, a velocidade e a proporção dos principais sais presentes na camada evaporativa.

Este faz parte de um estudo maior, iniciado por Maul *et al.*, 2014 onde se busca através de informações oriundas de poços perfurados um melhor entendimento das heterogeneidades dentro da seção evaporítica. Este

mesmos autores propõem uma metodologia de distribuição destas velocidades utilizando como critério as amplitudes sísmicas.

Os primeiros resultados da aplicação desta metodologia vêm sendo apresentados pelos seguintes autores: Maul *et al.*, 2014, Jardim *et al.*, 2014, Maul *et al.*, 2015, Meneguín *et al.*, 2015.

### Metodologia

O método proposto neste estudo foi sugerido quando se tentava identificar e quantificar as diferenças entre as profundidades dos marcadores estratigráficos dos reservatórios pré-sal nos poços com o correspondente evento sísmico.

Percebeu-se que estas diferenças variavam controladas pela topografia e estratificação interna da camada de sal adjacente ao reservatório. Com isso foi identificada a necessidade de se qualificar e quantificar os sais presentes na seção evaporítica a partir dos poços para distribuí-los de uma forma realista nos modelos de velocidade.

Para o desenvolvimento deste estudo foram consideradas as informações dos perfis sísmicos, os marcadores estratigráficos do topo e base da seção evaporítica e as descrições da coluna litológica a partir das amostras de calha.

Os perfis sísmicos foram adquiridos durante a perfuração (LWD), uma vez que não é realizado perfilagem a cabo no pacote de sal. Os marcadores estratigráficos e a descrição da litologia na coluna do poço são realizados por geólogos que trabalham na sonda e utilizam além dos perfis disponíveis as amostras de calha retiradas ao longo da perfuração.

Apesar de trazerem informações mais confiáveis e com melhor resolução a maioria dos poços utilizados neste estudo não possui perfilagem completa (LWD ou a cabo) ao longo de toda a seção evaporítica.

Por outro lado as descrições do PAG estão completas em todos os poços nos fornecendo, apesar de forma não precisa em função da amostragem, eventuais desabamentos, posicionamento e a própria interpretação em si, uma descrição de toda a camada evaporítica.

Ao descrever as amostras de calha, o geólogo atribui códigos para classificar as diferentes rochas: 1. Halita, 2. Anidrita, 3. Taquidrita, etc. Com essas informações é possível quantificar, na seção evaporítica, a porcentagem e posição de cada sal. Esta descrição poderá ser utilizada, posteriormente, para extrapolar as informações dos perfis sísmicos para toda a coluna de sal.

Baseado no trabalho de Justen *et al.*, 2013 (Tabela 1), onde foram compilados resultados de alguns pesquisadores sobre as velocidades dos principais sais, definiram-se limites máximos e mínimos de velocidade para cada sal.

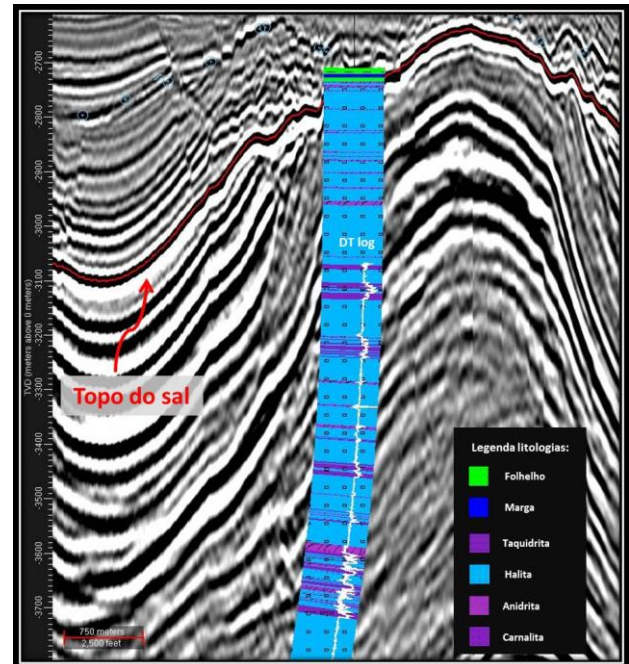
A boa concordância entre as respostas do perfil sísmico com as litologias interpretadas nas amostras de calha

(Figura 2) permitiu fazer uma análise da velocidade mais representativa para cada tipo de sal.

Realizou-se então uma análise estatística das velocidades instantâneas derivadas do perfil sísmico para encontrar as proporções dos sais presentes. Utilizando todos os poços, agruparam-se os valores das velocidades instantâneas para cada sal correspondente do perfil litológico e a partir da sua distribuição média definiu-se a velocidade dos sais.

	Crain, 2001		Mavko, et al., 2003		Mohriak, et al., 2008	
	Vp (m/s)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Vp (m/s)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Vp (m/s)	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )
Taquidrita	3313	1,66	-	-	-	-
Carnalita	3858	1,57	-	-	3908	1,57
Silvita	4119	1,87	3858	1,99	4119	1,86
Halita	4549	2,04	4549	2,16	4549	2,03
Gipsita	5751	2,35	5751	2,35	5806	2,35
Anidrita	6096	2,98	5976	2,98	6096	2,98

**Tabela 1** – Compilação do estudo de outros autores sobre a velocidade e densidade dos principais sais (Justen, *et al.*, 2013).



**Figura 2** – Exemplo da correlação entre as informações do perfil sísmico, descrição litológica e sísmica.

### Resultados

O principal objetivo deste estudo foi correlacionar informações do perfil sísmico com a interpretação litológica descrita a partir das amostras de calha, pretendendo-se melhor entender o comportamento da velocidade dentro da seção evaporítica.

Desta forma, utilizando as descrições de litologia (PAG), as proporções de sais estimadas considerando todos os poços foram:

Anidrita: 9,1%

Halita: 80,5%

Sais solúveis (baixa velocidade): 10,4%

Já considerando as velocidades do perfil sônico estimou-se:

Anidrita: 8,4%

Halita: 84,0%

Sais solúveis (baixa velocidade): 7,6%

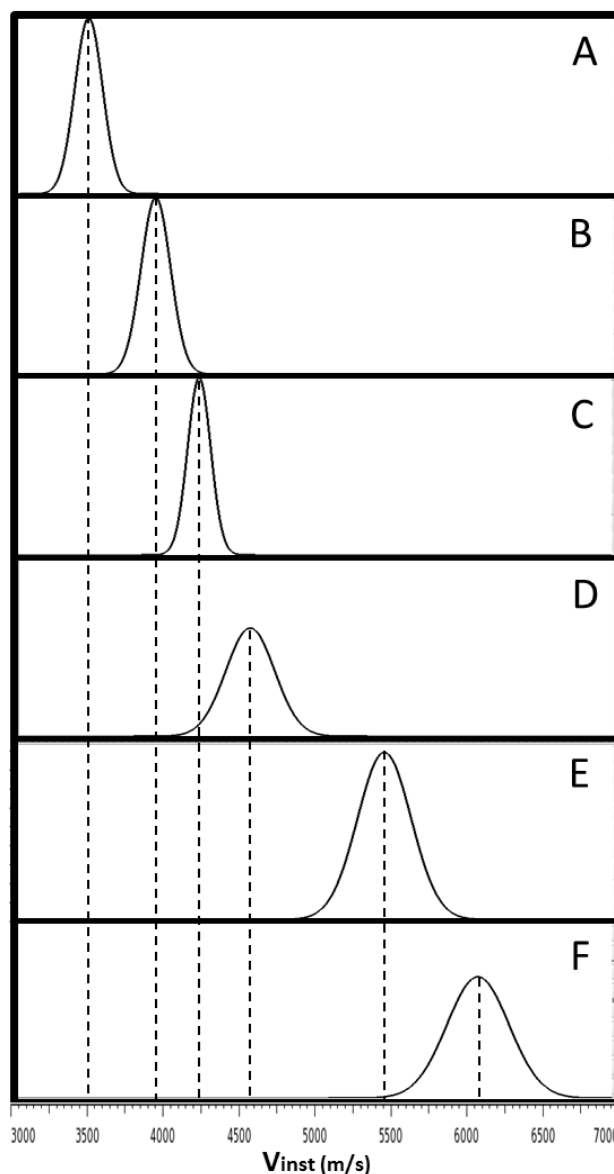
Os resultados obtidos demonstram uma boa correlação entre a descrição litológica e o perfil sônico.

Entende-se que o perfil sônico consegue identificar os principais sais presentes na camada evaporítica, em função de seu alto contraste de velocidade instantânea.

Assim, de forma a completar as informações dos perfis que, em sua maioria, não estão completas dentro da seção evaporítica a descrição do PAG se torna uma importante ferramenta.

De acordo com o estudo realizado através dos perfis sônico foi possível a separação de 6 famílias de sais dentro da seção evaporítica (Figura 3).

Ao analisar, separadamente, o histograma de cada família de sal, observamos que os valores da velocidade variam em torno de uma média. Considerou-se então a média como o valor mais representativo da velocidade de cada sal. Desta forma chegamos a valores de velocidade mais realistas para os sais nas condições de soterramento e temperatura que estão submetidos dentro da camada evaporítica.



**Figura 3** – Resultado das velocidades obtidas a partir da análise estatística desenvolvida neste estudo: A) Taquidrita, média da velocidade instantânea = 3480 m/s; B) Carnalita, média da velocidade instantânea = 3930 m/s; C) Silvita, média da velocidade instantânea = 4240 m/s; D) Halita, média da velocidade instantânea = 4560 m/s; E) Gipsita, média da velocidade instantânea = 5470 m/s e F) Anidrita, média da velocidade instantânea = 6100 m/s.

## Conclusões

Comparando os valores das velocidades obtidas nas análises estatísticas dos perfis com as informações apresentadas pelos autores citados, baseados em estudos de laboratório (tabela 1) é possível concluir que todas estão na mesma faixa de valores, ou seja, que a metodologia de análise está adequada.

Os resultados obtidos através da aplicação da metodologia proposta permitiu obter uma boa correlação entre os perfis sísmicos e a descrição litológica oriunda do acompanhamento geológico.

Dado que a perfilagem geralmente não é completa em todos os poços e, principalmente dentro da seção evaporítica no estágio de desenvolvimento dos campos, a informação da descrição de amostra de calhas se apresenta como um valioso complemento nesta metodologia, pois propicia uma melhor distribuição areal das informações que subsidiarão a construção dos modelos de velocidades para as mais variadas proposições.

Desta forma, os resultados deste estudo podem servir de insumo para a modelagem da camada evaporítica aprimorando o modelo de velocidade.

## Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a Petrobras por todo o suporte oferecido e pela oportunidade de publicar este trabalho.

## Referências

Jardim, F. Maul, A.R., Falcão, L. & Gonzalez, G., 2014 – Análise de Incertezas de Reservatórios da Seção Pré-Sal utilizando Estudo de Iluminação (Hit-Maps). XIV SIMGEF (Simpósio de Geofísica da Petrobras – Evento Interno), Vitória – ES – Brasil.

Justen, J. C. R., Vargas, E. A., Alves, I. & Souza, A. L. S., 2013 – Análise das propriedades elásticas de rochas e minerais evaporíticos. 13<sup>th</sup> International Congress of Brazilian Geophysical Society, Rio de Janeiro, Brazil, 2013.

Maul, A.R., Falcão, L., Oliveira, F.C. & González, M. L. A. 2014 – Modelagem Geológica de Velocidades Sísmicas Utilizando o GoCad/SKUA (Apostila Interna - Petrobras).

Maul, A.R., Jardim, J.S., Falcão, L. & Gonzalez, G., 2015 – Observing Amplitude Uncertainties for a Pre-salt Reservoirs Using Illumination Study (Hit-maps). 77<sup>th</sup> EAGE Conference and Exhibition 2015 in Madrid, Spain (aprovado).

Meneguim, T.B., Mendes, S.C., Maul, A.R., Falcão, L., Gonzalez, M.A., Gonzalez, G. 2015. Combining seismic facies analysis and well Information to guide new interval velocity models for a Pre-Salt study, Santos Basin, Brazil. 14<sup>th</sup> International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Rio de Janeiro, Brazil (submetido).