

## Utilização de Colour Blend de Atributos sísmicos na Exploração e Desenvolvimento da Produção – Redução de Riscos

Moises Calazans Muniz, Petrobras

Thomas Proença, ffA

Pavel Jilinski, ffA

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 exploration target of the pre-salt region from Brazilian offshore basins pose requires extensive use of pre- and post-stack processing and visualization techniques. In the post-stack domain extracting information from seismic data is generally associated with seismic attribute generation.

In this research a methodology of seismic interpretation though the ability to examine and compare the response of different attributes combined in blend volumes is presented. Input volumes for blending used in this research were generate from frequency decomposition and structural attributes using RBG (Red-Blue-Green) and CMY (Cyan-Magenta-Yellow) color schemes.

Significant amount of information seen in colour blended images relates to geological structures whose geometry cannot be easily extracted by horizons, for example, carbonate build-ups, channels, fan systems, salt bodies, gas chimneys, karsts, injectites, etc. Results from sandstone and carbonate depositional settings are presented.

### Introdução

No novo ciclo de exploração da Petrobras nas bacias da costa leste brasileira constatou-se a dificuldade na caracterização sísmica de reservatórios carbonáticos porosos e de arenitos erráticos. Desde então tem se buscado melhorias para visualização e caracterização dos alvos exploratórios através de processamento e pós-processamento sísmico e utilização de diversos softwares de atributos sísmicos que evidenciem características geométricas, litológicas e estruturais dos reservatórios.

Os dados utilizados neste trabalho são caracterizados pelo baixo conteúdo de altas frequências e a presença de ruídos coerentes e aleatórios, traduzidos em baixa resolução sísmica, especialmente na seção do pré-sal. Por esses motivos os fatores de risco exploratórios são altos principalmente onde não há poços perfurados.

A metodologia apresentada utiliza o *colour blending* de atributos sísmicos. Com o avanço nas tecnologias de visualização, estes fluxos têm se tornados viáveis em escalas de exploração. O processo de *colour blend* mescla até três volumes associando-os a canais de cor

em esquemas RGB, CMY ou HSV, possibilitando maior eficiência na interpretação (Henderson et al., 2008; Henderson et al., 2007). Os volumes de *colour blend* permitem identificar as relações entre diferentes atributos assim como fazer a análise individual de cada um deles. Neste trabalho foram usados filtros estruturalmente orientados para melhorar a relação sinal-ruído dos dados e balanceamento espectral para melhorar a resolução das reflexões de alta frequência.

### Metodologia

O pós-processamento de dados sísmicos permite condicionar os dados para atender as necessidades específicas do intérprete diminuindo o tempo de interpretação, redução de riscos e geração de prospecto.

### Condicionamento dos Dados Sísmicos (Cancelamento de Ruído e Balanceamento Espectral)

#### Cancelamento de Ruído

Algoritmos estruturalmente orientados e adaptativos de cancelamento de ruído permitem atenuar ruídos aleatórios e coerentes mantendo uma variação detalhada de amplitudes (Szafian et al, 2014) e descontinuidades ao longo das camadas (Figura 1).

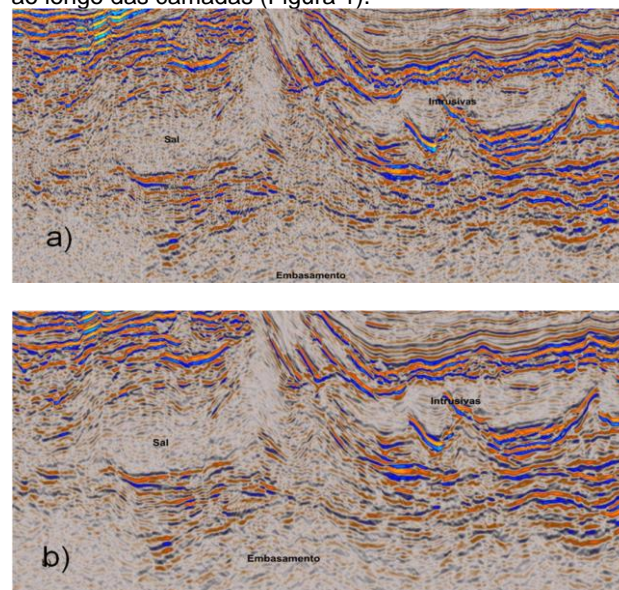
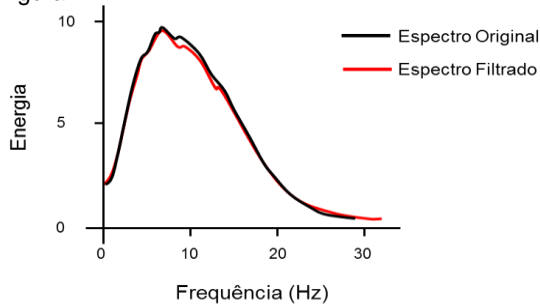


Figura 1 - a) Seção sísmica antes e b) após a atenuação de ruído.

Assim não são introduzidos artefatos na estrutura local e regional dos dados aumentando a relação sinal/ruído. Como consequência da redução do ruído se tem a diminuição considerável do tempo de interpretação.

O resultado da atenuação de ruídos feita através de filtros estruturalmente orientados não altera de forma significativa o espectro de frequência como pode ser visto na Figura 2.

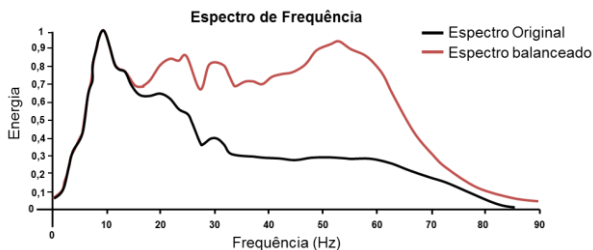


**Figura 2 - Espectro original em preto e em vermelho o espectro da sísmica com ruído atenuado**

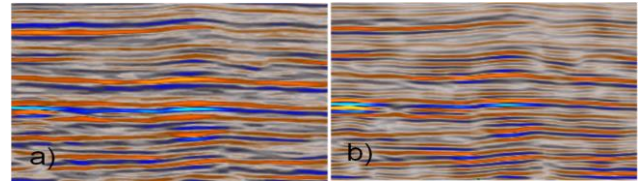
### Balanceamento Espectral

O processo de balanceamento espectral consiste em reequilibrar a alta frequência que é atenuada mais rapidamente que a baixa frequência com a profundidade. Visualmente o objetivo do processo é recuperar as altas frequências para obter o aumento da resolução vertical e resolvendo algumas reflexões que antes sofriam *tuning*, por exemplo.

O processo se inicia fazendo a decomposição do dado sísmico em bandas de frequência. Os cubos de frequências são multiplicados por um escalar visando equalizar as amplitudes das bandas que se deseja restaurar e então somados ao dado original de ruído atenuado para se obter o cubo com espectro balanceado. É importante ressaltar que o processo de balanceamento espectral, feito pelo processo de decomposição frequências, visa restaurar a relação de energia entre baixas e altas frequências (figura 3) perdida devido à propagação das ondas através da terra, possibilitando o aumento de resolução vertical e imageamento de estruturas sub-sísmicas (figuras 4ª e 4b) (Henning & Paton, 2012).



**Figura 3 - Relação de amplitudes entre espectro original e balanceado**



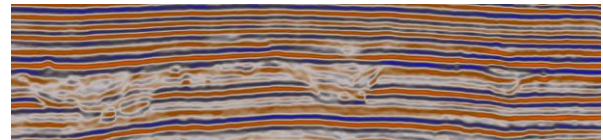
**Figura 4 - Resultado do balanceamento espectral. a) espectro original. b) espectro balanceado.**

O resultado do balanceamento espectral diminui as incertezas encontradas no dado sísmico original devido a sua resolução vertical aprimorada, assim pode-se diminuir o tempo de interpretação e o risco exploratório.

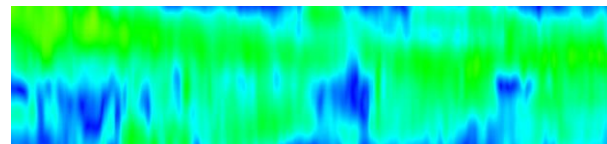
### Decomposição Espectral

Na decomposição de frequências é usada a conhecida transformada discreta de *wavelet*. A forma da *wavelet* utilizada é o Átomo de Gabor por sua forma melhor corresponder aos eventos sísmicos e ter melhor resolução tempo-frequência. Os diferentes métodos de decomposição espectral são caracterizados pela relação entre largura de banda e resolução vertical. Os resultados da decomposição espectral incluem volume de passa-banda refletividade e fase.

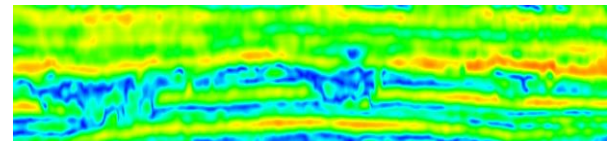
Alguns dos diferentes métodos são comparados nas figuras 5 a 8:



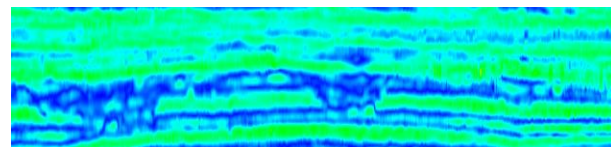
**Figura 5 - Série de refletividade (dado de entrada)**



**Figura 6 - Método Constant Bandwidth - Envelope correspondente a 40 Hz**



**Figura 7 - Método Constant Q - Envelope correspondente a 40 Hz**



**Figura 8 - Método Matching Pursuit - Envelope correspondente a 40 Hz**

Estruturas geológicas com espessura, litologia e conteúdo de fluido distintos possuem diferentes respostas de frequência (Partyka, 1999). Assim, muitas vezes, se torna complicado interpretar variações



estruturais e estratigráficas em volumes de amplitude pós-stack devido à sobreposição de frequências. Volumes de envelope gerados através da decomposição espectral permitem determinar as bandas de frequências individuais que melhor respondem a certas características geológicas. O processo de *colour blend* permite combinar em um mesmo volume as respostas de três magnitudes de bandas de frequência que são escolhidas de acordo com a análise do espectro. O volume resultante contém informações das três respectivas bandas associadas uma a cada canal de cor de esquemas conhecidos de combinação: RGB, CMY ou HSV. O esquema usado para decomposição espectral foi RGB.

Os métodos comparados da figura 9 a figura 12 combinados no esquema RGB revelam o contorno de canais e seus conteúdos internos de acordo com respostas destes às frequências:

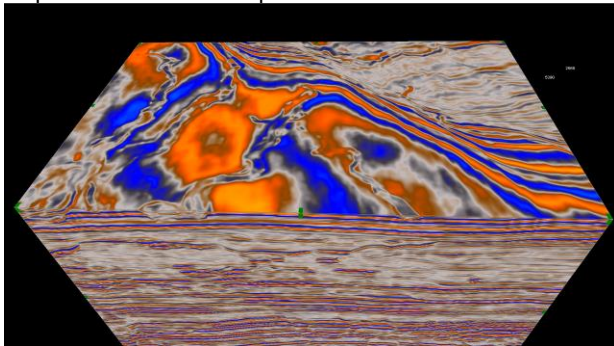


Figura 9 - Amplitude Sísmica

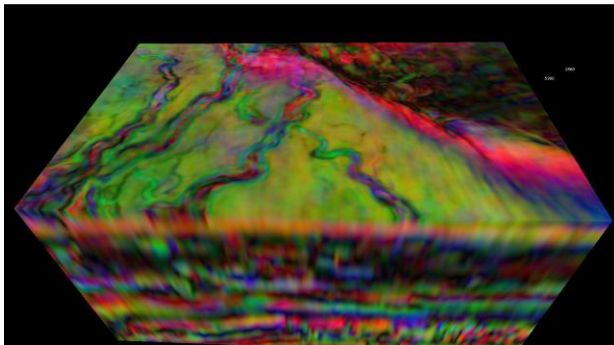


Figura 10 - Método Constant Bandwidth usando as frequências 20Hz (R), 40Hz (G) e 60Hz (B)

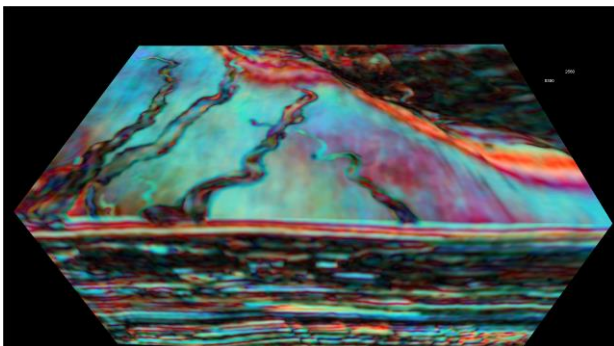


Figura 11 - Método Uniform Constant Q usando as frequências 20Hz (R), 40Hz (G) e 60Hz (B)

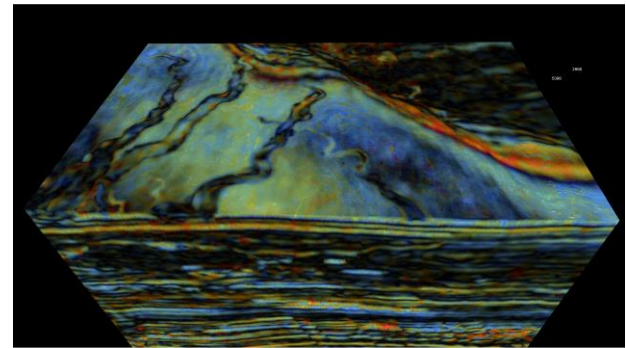


Figura 12 - Método Matching Pursuit usando as frequências 20Hz (R), 40Hz (G) e 60Hz (B)

## Resultados

### Calha de arenitos

A área estudada apresenta uma calha do Terciário com uma estrutura deposicional alongada NE-SW, na Bacia de Campos, infletindo para leste. A calha principal pode ser mapeada com extração de atributo sísmico de amplitude máxima negativa e também extração de amplitude RMS (Figura 13a).

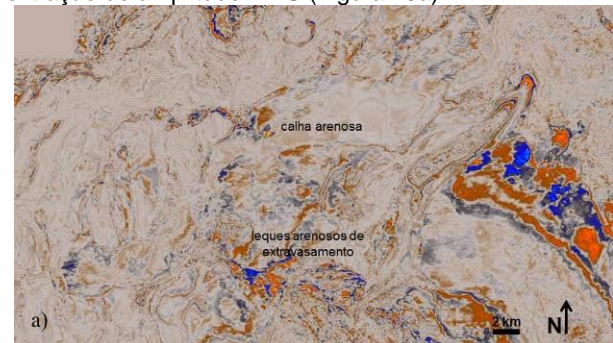


Figura 13 – a) Slice comparando amplitude sísmica com b) *colour blend*.

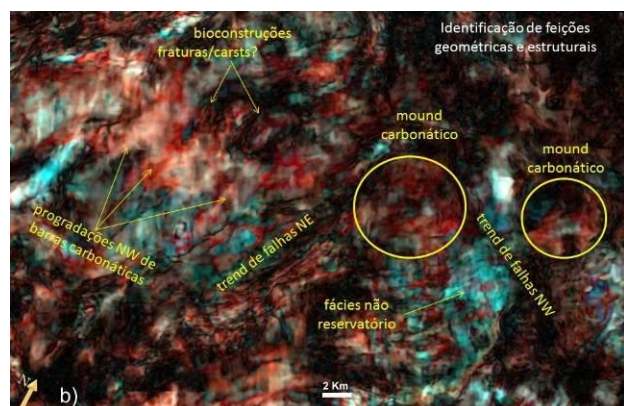
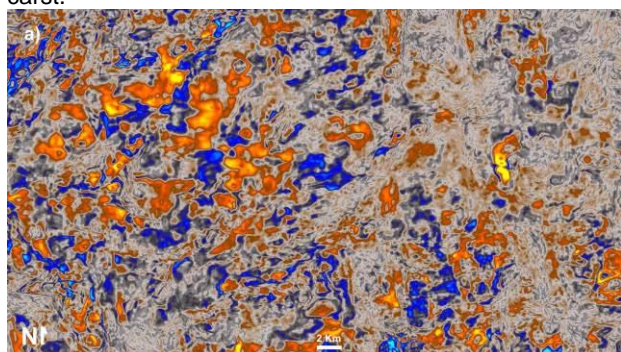
Porém a variação interna que ocorre nos lobos de extravasamento das areias não é identificada por esses atributos. Usando a decomposição espectral com a combinação das magnitudes de frequência no esquema RGB pode-se identificar as diferentes respostas na porção curva da calha principal, onde certamente houve redução na velocidade dos fluxos transportadores das



areias e uma série de leques progradantes (Figura 13b). Nessa mesma área é possível ver com detalhe canais distributários menores e falhas.

### Carbonatos do Cretáceo

A Figura 14<sup>a</sup> mostra uma superfície mapeada ao nível dos carbonatos do Cretáceo Inferior, em volume sísmico de amplitude. As feições geométricas e estruturais são pouco evidentes. Porém, utilizando o método de *colour blending* foi possível identificar progradações e mounds carbonáticos, segmentos de falhas bem definidos, zonas/*trends* de falhas em estilo *echelon*, evidenciando uma movimentação dextrogiro (Figura 14). Observa-se também áreas preferenciais para o desenvolvimento de carst.



**Figura 15 – a) superfície mapeada em volume sísmico de amplitude b) blend de frequências RGB mostrando na superfície mapeada feições geométricas e estruturais em carbonatos. As cores vermelhas são interpretadas como pacotes mais espessos (reservatórios carbonáticos). As cores verdes e azuis são camadas mais delgadas.**

### Atributos de falha

O fluxo de interpretação de falhas usado neste trabalho é uma abordagem diferenciada. Tendo em vista que falhas se apresentam com diferentes assinaturas sísmicas, a ideia é tentar reunir essas respostas utilizando diferentes atributos estruturais em um mesmo volume. Assim não é

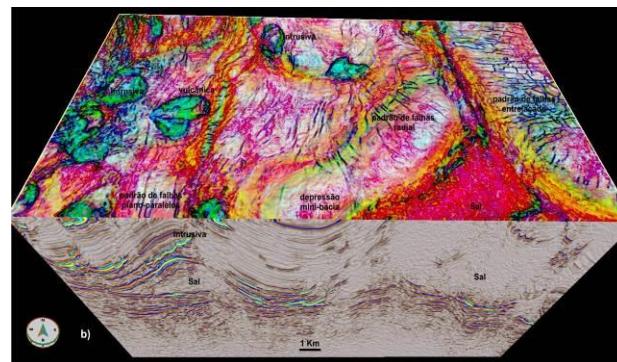
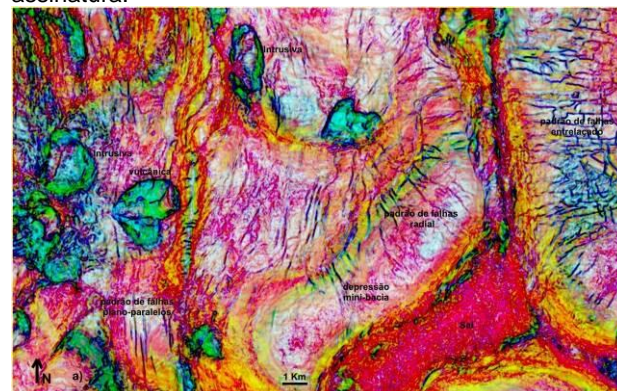
necessário analisar vários volumes de atributos sísmicos separadamente para fazer a interpretação de falhas.

As assinaturas sísmicas das falhas podem ser acentuadas utilizando atributos de curvatura, descontinuidade, coerência, etc.

Neste fluxo foram calculados três atributos sísmicos (tensor, *semblance* estruturalmente orientado e *dip*) que foram mesclados no *colour blend* usando o esquema CMY.

O trabalho apresentado foi feito com o objetivo de identificar a densidade de falhas e dimensionar o risco de perda durante a perfuração no intervalo dos microbialitos do pré-sal. Utilizando o *colour blend* estrutural é possível identificar padrões e domínio de diferentes estilos de falha no pós-sal (Figura 15). Também é possível identificar diferentes tipos de rochas ígneas, vulcânicas e intrusivas com suas respectivas geometrias.

Variações de cores do sistema CMY indicam as diferentes respostas das falhas aos atributos sísmicos possibilitando a sua classificação de acordo com a sua assinatura.

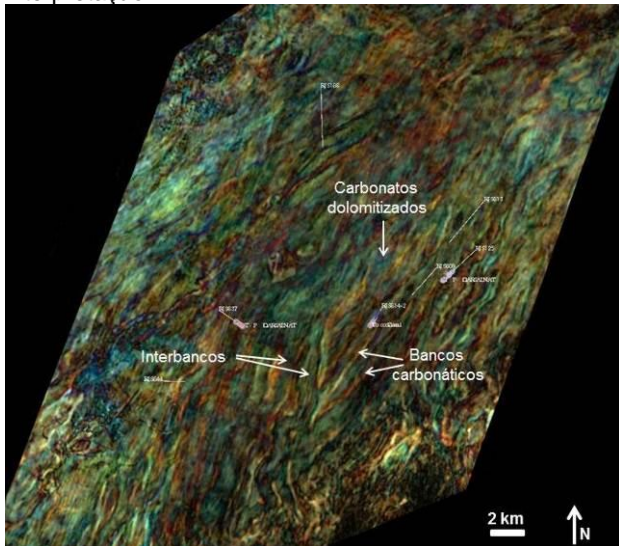


**Figura 16 – a) slice de colour blend no esquema CMY para identificação de falhas b) bloco diagrama com amplitude na visão lateral.**

### Carbonatos marinhos

Nesta área foram interpretadas três litologias principais através da decomposição espectral usando colour blend RGB. Na Formação Macaé observa-se bancos carbonáticos orientados na direção NE (estruturas de coloração amarelo-amarronzado), interbancos (esverdeados) e algumas áreas dolomitizadas (azuladas)

como mostra a figura 16. O grande número de poços perfurados proporcionou uma calibração segura da interpretação.



**Figura 17 – decomposição espectral no esquema RGB projetado no horizonte topo dos carbonatos marinhos.**

### Conclusão

A combinação de diferentes atributos sísmicos utilizando o *colour blend* tem se mostrado uma metodologia eficaz e alternativa para investigação de camadas de rocha em sub-superfície. Trabalhando com os atributos sísmicos e tendo noção dos modelos geológicos é possível diminuir riscos exploratórios e ajudar na caracterização de reservatórios e no desenvolvimento da produção. O mapeamento de falhas e zonas de carst permite reduzir os riscos da perfuração, como perda de circulação, evitando perda de poços.

### Agradecimentos

Agradecemos à Petrobras pela permissão da utilização de algumas figuras para a publicação desse trabalho.

### Bibliografia

Henderson, J., Purves, S.J. and Leppard, C., 2007, Automated delineation of geological elements from 3D seismic data through analysis of multi-channel, volumetric spectral decomposition data. *First Break*, 25(3), 87-93.

Henderson, J., Purves, S., Fisher, G. and Leppard, C., 2008, Delineation of geological elements from RGB color blending of seismic attribute volumes. *The Leading Edge*, 27(3), 342-350.

Henning, A., Paton G., 2012, Understanding Thin Beds Using 3D Seismic Analysis Workflows, *Attributes: New Views on Seismic Imaging - Their Use in Exploration and Production: 31st Annual GCSSEPM Foundation Bob F. Perkins Research Conference*, February 2012, v. 1, p. 322-341, doi:10.5724/gcs.11.31.0322

Partyka, G., Gridley, J. and Lopez, J., 1999, Interpretational application of spectral decomposition in reservoir characterization: *The Leading Edge*, 353-360.

Szafian, P., Cauquil, E., and Piazza, J.L., 2014, Detailed Imaging of Seabed and Sub-seabed Geology from 3D Seismic Data Using Frequency Decomposition, *First Applied Shallow Marine Geophysics Conference 2014*.