

Figura 13. Linha Strike 4000 PSDM

3.2 Poços analisados

Uma restrição encontrada na confecção desta dissertação, se refere a quantidade/qualidade dos dados de poços disponibilizados, já que o governo indiano atua de forma restritiva na divulgação e disponibilização dos dados, o que dificultou a amarração dos poços com a sísmica (Figura 9). Deste modo, foi utilizada uma tabela publicada (Tabela 3) pela *Directorate General of Hydrocarbons* (DGH) em seu material para o leilão de áreas exploratórias em 2005 (NELP V). Com isso, foi possível reconstruir os topos litológicos e as idades para os poços que estão próximos às seções sísmicas (Figura 9).

Tabela 3. Poços utilizados para correlacionar as idades com a sísmica

<i>Poço</i>	<i>MND-3</i>	<i>MND-6</i>
	Profundidade (m)	
Base do Plioceno	991	1052
Base do Mioceno	1755	1760
Base do Oligoceno	-	-
Base do Eoceno	1992	2029
Base do Paleoceno	2558	2248
Base do Cretáceo Superior	2801	-
Base do Cretáceo Inferior	2825	-
Profundidade Final	3284 (emb)	2248

Fonte DGH (Agência de Hidrocarbonetos da Índia); emb=embasamento; Profundidade abaixo da mesa rotativa.

3.3 Conceitos empregados

Deltas segundo Bhattacharya (1996), são protuberâncias discretas na linha de costa onde o rio entra no corpo aquoso e fornece sedimentos de forma que sua deposição seja mais rápida que o retrabalhamento por processos bacinais (ex. marés, ondas, etc). De um modo geral todos os deltas são dominados por rios e fundamentalmente regressivos na natureza (DALRYMPLE, 1999). A arquitetura das fácies e morfologias são controladas pelo balanço entre ondas, marés, processos fluviais onde a diferença de densidade causado pela salinidade do corpo aquoso em relação a do meio que recebe o fluxo sedimentar, também influência na

forma final do delta, assim como, a quantidade de sedimentos, tamanho dos grãos, profundidade do leito e geometria da bacia que irá receber o fluxo aquoso.

Os deltas são classificados segundo a granulação de seus sedimentos (READING E COLLINSON, 1996) e pelo domínio do meio aquoso em que é retrabalhado (GALLOWAY, 1975), podendo ser controlados por rios, marés e por ondas (Figura 14). Neste contexto o Delta de Bengala (Ganges Brahmaputra) é classificado como sendo de areia fina a silte e tipicamente controlado por marés.

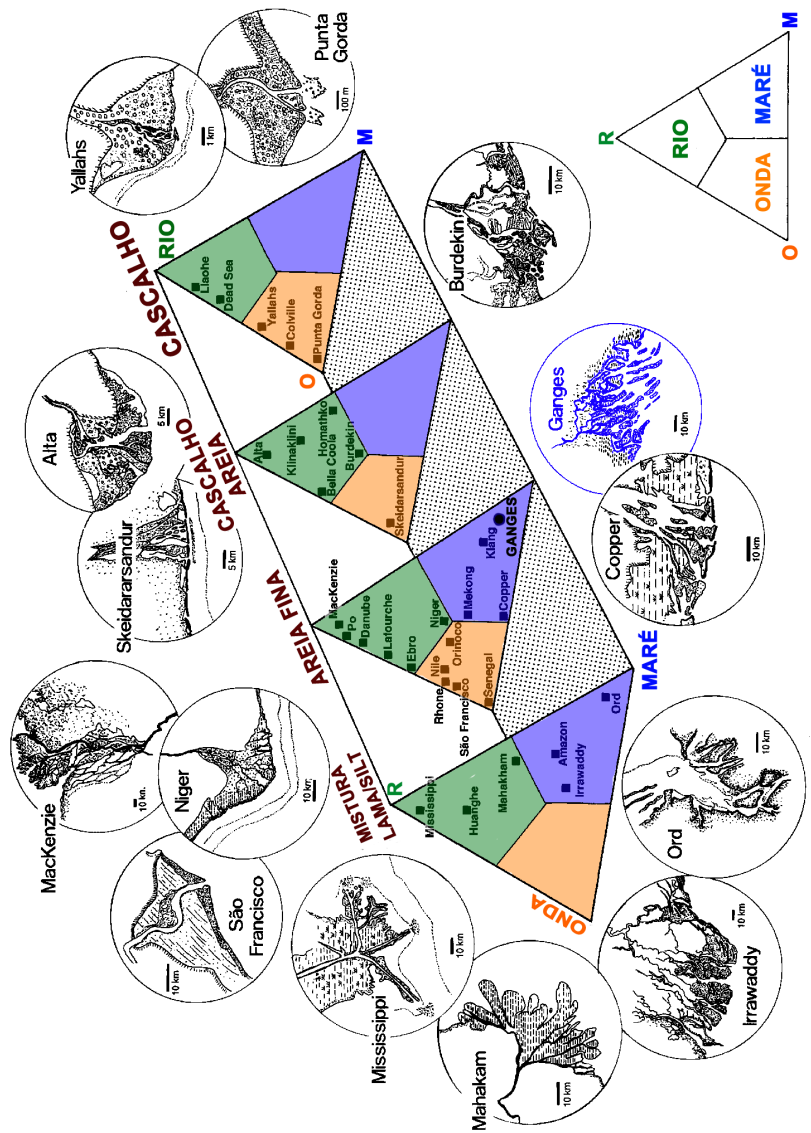


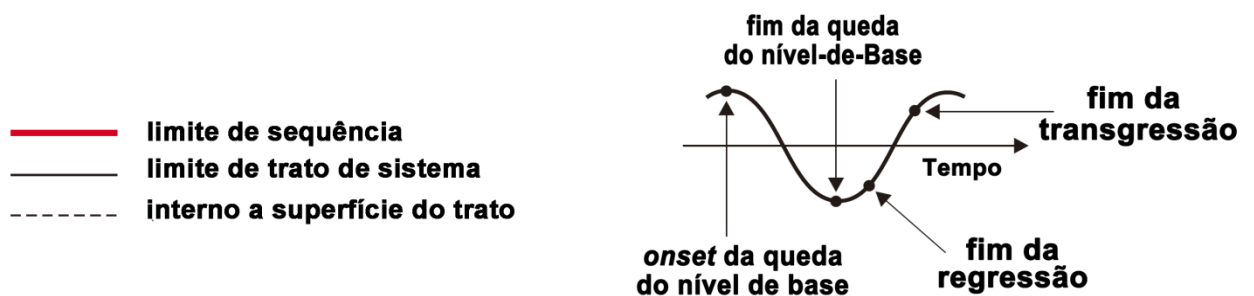
Figura 14 - Classificação de deltas por domínios do Triângulo de Galloway (1975) e estendido à granulação sedimentar
Fonte: BHATTACHARYA, 1996 apud READING e COLLINSON, 1996.

A estratigrafia de sequência e a sismoestratigrafia são importantes ferramentas para o desenvolvimento deste trabalho e para tal, utilizaram-se os conceitos empregados por

Catuneanu (1996). Entre os diversos modelos de estratigrafia de sequência (Tabela 4), o modelo original proposto por Posamentier (1992) foi o empregado neste trabalho, devido o fato de se tratar de um modelo simples, o qual utiliza os eventos erosivos como limite de sequência. Estes eventos são facilmente mapeados na seção sísmica utilizada, facilitando a compreensão da história evolutiva de preenchimento da bacia.

Tabela 4. Diferentes modelos de tratos e limites de sequência

Modelo de Sequência / Eventos	Sequência Depositional II	Sequência Depositional III	Sequência Depositional IV	Sequência Genética	T - R Sequência
fim da transgressão	TSMA	TSMA inicial	TSMA	TSMA	TSR
fim da regressão	TST	TST	TST	TST	TST
fim da queda do nível-de-Base	TSMB final (cunha)	TSMB	TSMB	TSMB final (cunha)	TSR
onset da queda do nível de base	TSMB inicial (leque)	TSMA final (leque)	TSEQ	TSMB inicial (leque)	
	TSMA	TSMA inicial (cunha)	TSMA	TSMA	



Modelo de sequência deposicional II, proposto por Posamentier (1992b) é o empregado neste trabalho. Abreviações: TSMA - Trato de Sistema de Mar Alto; TSMB - Trato de Sistema de Mar Baixo; TST - Trato de sistema Transgressivo; TSR - Trato de Sistema Regressivo; TSEQ (RST) - Trato de sistema em estágio de queda; T-R - Transgressivo/Regressivo. Modificado de CATUNEANU, 1996.

4 PROCESSAMENTO ESPECIAL - Técnica de Volume de Amplitude (TecVa)

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi aplicada de forma inédita a técnica de processamento de dados sísmicos, denominada Técnica de Volume de Amplitude (TecVa), desenvolvida dentro da Petrobras por Élvio Matos Bulhões (BULHÕES, 1999). A TecVa é importante no auxílio da interpretação sísmica pois o resultado obtido geralmente permite um melhor imageamento da geologia na seção sísmica ressaltando consistências de amplitudes existentes em um volume sísmico. Isso se deve a um “envelopamento” do traço sísmico em fase zero das amplitudes mais significativas, ressaltando-as. Deste modo, a técnica de TecVa tem por objetivo a geração de mapas de amplitudes e seções sísmicas verticais e horizontais de modo a representar e ressaltar as verdadeiras estruturas geológicas de sub-superfície. Para tal é necessária a compreensão da “Sismo-Camada Elementar” (Figura 15), a qual se refere a uma camada ou conjunto de camadas geológicas que se aproximam da resolução sísmica definida por Yilmaz (1987). Em termos gerais, a resolução está relacionada o quão próximo dois pontos podem estar e ainda serem distinguidos. Existem dois tipos de resolução a serem consideradas:

- Resolução sísmica vertical: entre dois refletores, existe um limite para o quão próximo os mesmos podem estar e ainda serem visualizados separadamente, isso vai depender principalmente da espessura da camada e da profundidade desta, já que, quanto mais profunda maior a dispersão da energia, resultando em uma perda da resolução.

- Resolução sísmica lateral: têm por referência o quão próximo dois pontos refletidos podem estar situados horizontalmente e ainda serem reconhecidos. A Zona de Fresnell definida por Sheriff (1991) é baseada no comprimento da onda sísmica e da frequência e está relacionada à dispersão lateral da energia com a profundidade.

A obtenção desta técnica é baseada na observação e leitura do menor período **T** (relacionado a mais alta frequência), seja em tempo ou profundidade no volume sísmico analisado, onde a espessura **M** da “Sismo-Camada Elementar” será equivalente a metade deste período (figura15).

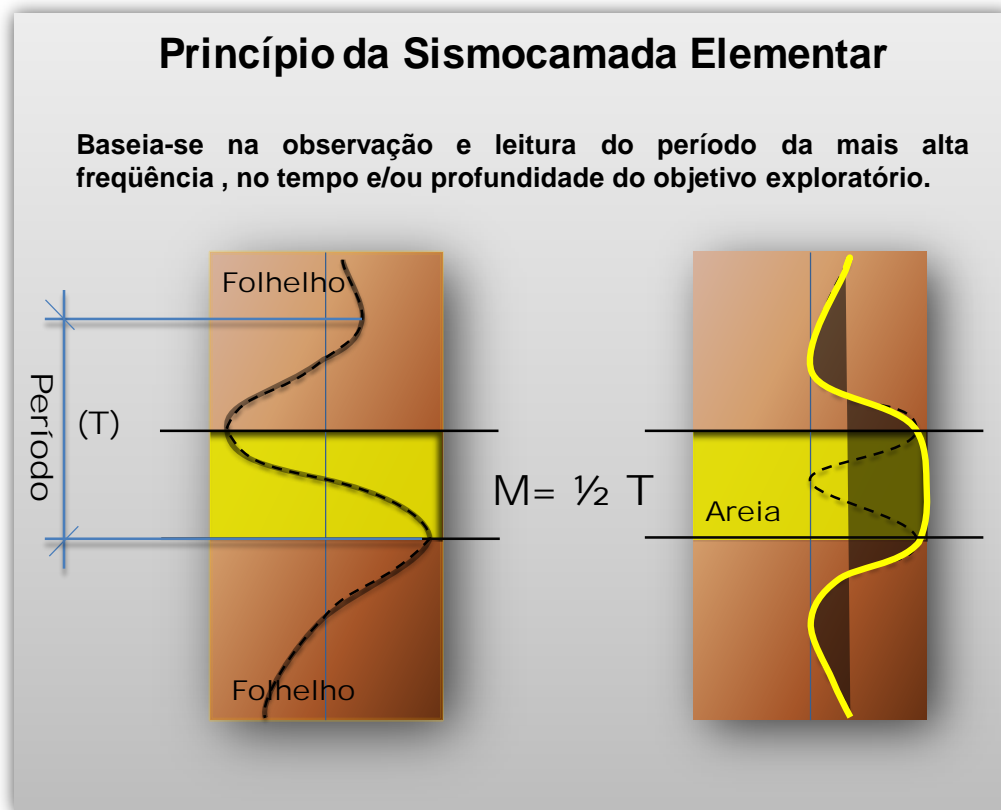


Figura 15. Ilustração da “Sismo-Camada Elementar”.
Modificado de Bulhões (1999).

Esta técnica assume que toda a reflexão sísmica seja ela positiva ou negativa, tem um significado geológico, mostrando principalmente a correlação entre as camadas. Deve-se sempre estar atento as possíveis zonas de “*tunning*”, múltipla, reverberações, etc.; já que estas também serão ressaltados na técnica TecVa, pois o cálculo envolvido nada mais é do que uma média móvel ao longo do traço sísmico. Bulhões (1999) apresentou esta técnica inovadora, a qual tem se tornado uma ferramenta muito útil no contexto da interpretação sísmica, seja ela regional ou local. A conversão dos volumes sísmicos em TecVa podem ser realizados atualmente em qualquer *software* de interpretação sísmica disponível no mercado, desde que tenham ferramentas para se obter as medidas necessárias no volume sísmico ou horizonte sísmico mapeado.

Este técnica consiste ainda de um acabamento para que seja possível observar em tons de cinza, feições geológicas tão parecidas quanto a um afloramento de um corte de estrada. Isso se deve a aplicação da transformada inversa de Hilbert no dado sísmico TecVa, que faz com que os dados sísmicos amplifiquem os contrastes de impedância na seção observada (ex. folhelho/areia) (Figura 15).

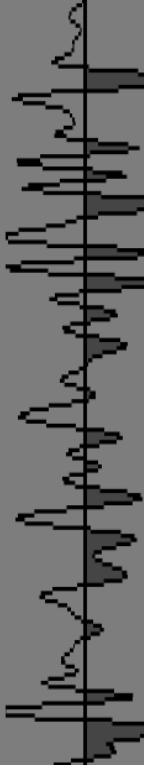


FORMULÁRIO	Traço convencional	x_i	X_{RMS}
$X_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^M (x_i^2)}{M}}$ $A = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M x_i $ $M = \text{N}^\circ \text{ amostras} \Rightarrow \text{PERÍODO DO OBJETIVO} / 2RA$ $RA = \text{RAZÃO DE AMOSTRAGEM}$			

Figura 16. Formulário representativo da técnica de Volume de Amplitude TecVa. (BULHÔES 1999).

Este método tem por base três fatores principais:

- 1- Superfície de controle: é definida em função do gradiente e da compartimentação tectônica da área, podendo ser plana ou curva, mas sempre contínua;
- 2- Volume de Pesquisa: é definido pelo conhecimento prévio da estruturação da área estudada e sua relação com a resolução sísmica. Diápiros de sal/folhelhos, rejeitos de falhas, “*pinch-outs*” entre outras estruturas/feições. Estes elementos são importantes já que representam “incoerência” nos atributos sísmicos dentro do volume definido, servindo de alvo para a técnica de volume de amplitude, sendo ressaltadas com maior ou menor intensidade, dependendo dos parâmetros adotados.
- 3- Aplicação do Algoritmo: Algoritmos convencionais que destacam atributos sísmicos coerentes dos incoerentes são as principais ferramentas utilizadas;

A Pesquisa do grau de incoerência dos dados sísmicos no volume é realizada através de algoritmos convencionais que destacam os atributos sísmicos incoerentes daqueles considerados coerentes. A fórmula seguinte trata-se da média de amplitude absoluta é a empregada para este método, onde incoerências da amplitude são destacadas:

$$A_j = 1/M \sum_{K=T0j}^{Tfj} |X_{kj}| ; \text{ onde:}$$

$j = 1$ → número de traços no volume de amplitude,
 X_{kj} = amostra k do traço j no volume,
 A_j = amplitude média absoluta do traço j no volume,
 $T0j, Tfj$ = limites da janela para o traço j ,
 M = número de amostras na janela.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 Geotectônico

O mapa de anomalia Bouguer mostra uma crosta transicional extensa, entre a Crosta Oceânica e Continental (Figura 17).

A transição da crosta continental para a crosta oceânica na Bacia de Bengala pode ser interpretada em seções sísmicas a partir da identificação de *Seaward Dipping Reflector* (SDR), que começam a ocorrer a ocorrer a aproximadamente 200 km da costa a sul do delta de Bengala (Figuras 18a e 18b). Esta transição é gradual, passando por uma crosta puramente continental para uma crosta transicional (200 km) e, finalmente, para uma crosta tipicamente oceânica (>500 km). Esta transição é corroborada pela análise de um Mapa de Anomalia Gravimétrica Bouguer na região estudada.

Os SDRs correspondem a vulcanismos relacionados a margens vulcânicas rifteadas (KORENAGA et al., 2000, LARSEN e JAKOBSDOTTIR, 1988, MUTTER et al., 1982, ROBERTS et al., 1979, WHITE et al., 1987) e estão associados com a transição de crosta continental para crosta oceânica (CLEMSON et al., 1999, MUTTER et al., 1982).