



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE GEOFÍSICA

HERBERT DUARTE NEVES

**MODELAGEM GEOLÓGICA E GEOFÍSICA 2,5-D DE BACIAS
PALEOZÓICAS DA REGIÃO AMAZÔNICA: CASO DA BACIA
DO SOLIMÕES.**

BELÉM

2010

HERBERT DUARTE NEVES

**MODELAGEM GEOLÓGICA E GEOFÍSICA 2,5-D DE BACIAS
PALEOZÓICAS DA REGIÃO AMAZÔNICA: CASO DA BACIA
DO SOLIMÕES.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Faculdade de Geofísica do
Instituto de Geociências da Universidade
Federal do Pará, para obtenção do título de
Graduado em Geofísica.
Orientação do Prof. Dr. Pedro Chira Oliva

BELEM

2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

N513m Neves, Herbert Duarte

Modelagem geológica e geofísica 2,5-d de bacias paleozóicas da região Amazônica: caso da Bacia do Solimões / Herbert Duarte Neves; Orientador: Pedro Chira Oliva – 2010
45f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geofísica) – Faculdade de Geofísica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, Quarto Período de 2010.

1.Geofísica. 2. Bacias paleozoicas. 3. Modelagem 2,5-D.
I. Chira Oliva, Pedro, *orient.* II. Universidade Federal do Pará.
III. Título.

CDD 20º ed.: 550

HERBERT DUARTE NEVES

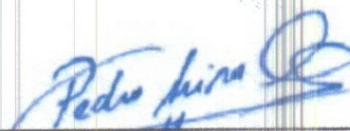
**MODELAGEM GEOLÓGICA E GEOFÍSICA 2,5-D DE BACIAS
PALEOZÓICAS DA REGIÃO AMAZÔNICA: CASO DA BACIA
DO SOLIMÕES.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
a Faculdade de Geofísica do Instituto de
Geociências da Universidade Federal do Pará,
para obtenção do título de Graduado em
Geofísica.

Defendido e aprovado em: 09 / 12 / 2010

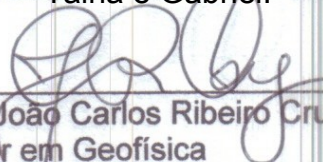
Conceito: BOM

Banca examinadora:

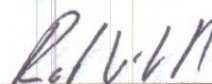


Prof. Pedro Silva Oliveira – Orientador
Doutor em Geofísica
Universidade Federal do Pará.

Dedico este trabalho aos meus pais,
Manoel e Sônia e aos meus irmãos
Tainá e Gabriel.



Prof. João Carlos Ribeiro Cruz – Membro.
Doutor em Geofísica
Universidade Federal do Pará.



Prof. Roberto Vizeu Lima Pinheiro – Membro
Doutor em Geologia
Universidade Federal do Pará.

AGRADECIMENTO

Agradeço muito a Deus por ter me presenteado com a vida e poder chegar a este momento após vários anos de luta.

Agradeço a Universidade Federal do Pará, ao Instituto de Geociências e a Faculdade de Geofísica.

A minha família que não medem esforços para me apoiar em minhas decisões e ao amor incondicional. Sem vocês este momento não teria graça.

Ao professor Dr. Pedro Chira por toda orientação e dedicação nos meses que estive em Bragança.

Ao consócio GOCAD (França) pela utilização do software.

Ao carinho e atenção de Benildes e Ana Paiva.

Aos grandes amigos que conquistei durante todos esses anos no Curso de Geofísica.

RESUMO

As soleiras de diabásio desempenham papel relevante no processo de maturação da matéria orgânica em todas as bacias paleozóicas brasileiras, entretanto, dificultam a exploração sísmica devido ao diabásio perturbar o sinal sísmico, gerando reflexões múltiplas e divergência esférica. As modelagens destas estruturas geológicas complexas nos permitem um melhor entendimento das mesmas, e consequentemente o desenvolvimento de novas técnicas que diminuam os riscos exploratórios da indústria petrolífera. No presente trabalho são apresentados os resultados da modelagem 2,5-D de estruturas geológicas complexas (soleiras de diabásio do tipo bifurcadas e saltadas), onde foram construídos modelos geológicos (estrutural e estratigráfico) e geofísicos (velocidade). Tais resultados foram obtidos pelo uso do software de modelagem geológica e geofísica GOCAD (Geological Object Computer Aided Design), aplicados sobre um conjunto de dados sintéticos, anteriormente processados.

Palavras chave: Geofísica. Bacias paleozóicas. Modelagem 2,5-D.

ABSTRACT

The diabase sill has a great relevance over the maturation process of the organic material in whole Paleozoic Brazilian basin, however, it's making hard the seismic exploration because the sill disturb the seismic signal, with multiple reflections and spherical divergence. The modeling of these complex geologic structures provides us better understand of them, and thus support the development of new techniques to reduce the exploration risks for oil industry. In this research present the results of 2,5-D modeling of complex geologic structures, where they're build up the geologic (structural and stratigraphic) and geophysical (velocity) models. These results were obtained by using the GOCAD (Geological Object Computer Aided Design) software, applied over a set of processed synthetic data.

Key words: Geophysics, Paleozoic basin, 2,5-D modeling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Localização da Bacia do Solimões.....	1
Figura 02 - Compartimentação geotectônica do Cráton Amazônico.....	1
Figura 03 - Arcabouço estrutural da Bacia do Solimões.....	1
Figura 04 - Carta estratigráfica da Bacia do Solimões.....	6
Figura 05 - Diagrama ilustrando o mecanismo de intrusão de uma soleira de Diabásio.....	1
	8
Figura 06 - Perfil geoquímico da rocha geradora da bacia do Solimões: membro barreirinha da Fm. Curuá.....	2
	2
Figura 07 - Modelo de trapeamento estrutural associado a bloco alto de falha reversa.....	2
	5
Figura 08 – Seção geológica do modelo de acumulação do campo de óleo do rio Urucu.....	2
	6
Figura 09 – Carta de eventos do sistema petrolífero.....	2
	6
Figura 10 – Fluxograma da construção do modelo estrutural.....	3
	1
Figura 11 – Fluxograma de construção do modelo estratigráfico.....	3
	3
Figura 12 – Seção geológica regional da Província de São Mateus com destaque para: 1) modelo bifurcado e 2) modelo saltado e Litologia.....	3
	5
Figura 13 – Modelo da seção geológica proposta a partir das complexidades apresentadas no estudo realizado na bacia do Solimões.....	3
	6
Figura 14 – Diversas perspectivas de visualização do modelo estrutural de uma área de interesse da Bacia do Solimões.....	3
	8
Figura 15 – Visualização do modelo estratigráfico, com destaque para a ocorrência das soleiras bifurcadas, saltos de soleira e embasamento.....	3
	8
Figura 16 – Visualização do modelo de velocidade gerado a partir do modelo estratigráfico; com destaque para suas respectivas litologias e velocidades, melhorando a visualização e conseqüente interpretação do comportamento das soleiras de diabásio.....	4
	0

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	09
2	ASPECTOS GERAIS.....	11
2.1	BACIA DO SOLIMÕES.....	11
2.1.1	Localização.....	11
2.1.2	Origem e evolução.....	12
2.1.3	Embasamento.....	14
2.1.4	Evolução Geodinâmica.....	15
2.1.5	Arcabouço Estrutural.....	16
2.1.6	Arcabouço Estratigráfico.....	17
2.1.6.1	Sequência eo-ordovinciana.....	17
2.1.6.2	Sequência siluro-devoniano.....	18
2.1.6.3	Sequência Mesodevoniano-Eocarbonífera	19
2.1.6.4	Sequência Neocarbonífero-Eopermiana	19
2.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	19
3	SÍSTEMAS PETROLÍFEROS.....	21
3.1	ROCHAS GERADORAS	22
3.2	ROCHAS RESERVATÓRIO	24
3.3	SELOS.....	24
3.4	TRAPAS.....	24
3.5	GERAÇÃO e MIGRAÇÃO.....	25
4.	MODELAGEM E VISUALIZAÇÃO	27
4.1	MODELAGEM.....	27
4.1.1	Modelagem Sísmica.....	27
4.1.2	Modelagem e Visualização 2,5-D.....	28
5	METODOLOGIA.....	29
5.1	FERRAMENTA DE MODELAGEM GOCAD.....	29
5.2	MODELO GEOLÓGICO 2,5-D.....	29
5.2.1	Modelo Estrutural 2,5-D.....	30
5.2.2	Modelo Estratigráfico 2,5-D.....	32
5.3	MODELO GEOFÍSICO 2,5-D.....	33
5.3.1	Modelo de velocidade 2,5-D.....	34
6	RESULTADOS.....	35
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

A bacia do Solimões pertence ao grupo das bacias Paleozóicas brasileiras, que são extensas áreas intrudidas nas antigas regiões cratônicas ocupando a quarta parte do território nacional. Esta bacia é importante dentro do cenário petrolífero brasileiro por ser a única bacia paleozóica brasileira continental com produção comercial de óleo (55 mil barris diários em 2006) bem como por possuir aproximadamente 25 % das reservas brasileiras de gás natural (9,7 milhões de m³ diários em 2006) que fazem do Amazonas o segundo produtor terrestre de petróleo e o terceiro produtor nacional de gás.

Segundo Eiras (1998), esta bacia teve, assim como as demais bacias paleozóicas brasileiras, uma evolução tectono-sedimentar comum, onde as seqüências paleozóicas evidenciam registro de varias incursões marinhas, embora com preenchimento sedimentar essencialmente siliciclástico (com exceção da seqüência permocarbonífera); as seqüências mesozóicas, por serem escassas, evidenciam um período de intensos soerguimentos, erosões e magmatismo; e as cenozóicas, essencialmente continentais, evidenciam o término evolutivo da bacia.

De acordo com Eiras et al. (1994), o arcabouço estratigráfico desta bacia pode ser dividido em duas seqüências: uma megasseqüência paleozóica cortada por diques e soleiras de diabásio, e outra mesozóica-cenozóica. A seqüência paleozóica é a mais importante, pois contém as rochas geradoras, reservatório e selante, bem como as feições estruturais que compõem as trapas responsáveis pelas acumulações de óleo, gás e condensado descobertas na bacia.

Os diques e soleiras de diabásio, intrudidos nas rochas paleozóicas, foram importantes na transformação da matéria orgânica em óleo e gás, pois serviram como fonte extra de calor para a maturação orgânica (WANDERLEY FILHO et al. 2005).

Sob o ponto de vista exploratório, as ocorrências de rochas magmáticas, nas porções internas das bacias sedimentares, podem deteriorar a qualidade das seções sísmicas, por causarem perda do sinal, geração de múltiplas e divergência esférica, prejudicando assim, a interpretação dos dados pela formação de falsas estruturas, devido ao efeito de pull-up ou pull-down (EIRAS; WANDERLEY FILHO, 2002).

Nazaré et al. (2005) e Nazaré (2007) apresentaram resultados da modelagem sísmica em um modelo sintético representativo da Província Petrolífera do Urucu,

Bacia do Solimões, usando técnicas sísmicas de Diferenças - Finitas, assim como o processamento destes dados pelos métodos de empilhamento sísmicos Common-midpoint (CMP) e Common-Reflection-Surface (CRS).

Soares et. al. (2007) realizaram uma comparação entre as diversas respostas (magneto telúricas e sísmicas), obtidas através da modelagem das soleiras de diabásio bifurcadas e saltadas da província de São Mateus, Bacia de Solimões, concluindo que a sísmica permite a observação apenas do topo e da base das soleiras mais rasas, enquanto que o Magneto Telúrico é sensível à mudança da soleira bifurcada para o salto de soleira.

Wanderley Filho e Travassos (2008) correlacionaram o substrato sísmico da Bacia do Solimões com as rochas proterozóicas do Cráton Amazônico.

Neste trabalho serão apresentados os resultados da modelagem estrutural, estratigráfica e de velocidades de uma área de interesse para a PETROBRAS localizada na região da Província Petrolífera de São Mateus (Bacia do Solimões), contendo estruturas tipo soleiras de diabásio bifurcadas e saltadas a partir de dados reais já processados por Nazaré (2007).

2 ASPECTOS GERAIS

2.1 BACIA DO SOLIMÕES

A Bacia do Solimões está localizada na região Norte do Brasil estando limitada ao norte pelo Escudo das Guianas, ao Sul pelo Escudo Brasileiro, a Leste pelo Arco de Purus e ao Oeste pelo Arco de Iquitos (Figura 1). Ocupa aproximadamente 950.000 km² do Estado do Amazonas apresentando uma forma semelhante a uma elipse cuja direção do eixo principal é Nordeste–Sudoeste.

2.1.1 Localização

A Bacia do Solimões é uma bacia Paleozóica do tipo intracratônica, e localiza-se na região norte do Brasil; no estado do Amazonas possuindo uma área sedimentar total de 950.000 Km² dos quais 480.000 Km² correspondem à área prospectável para petróleo (óleo + gás + condensados). Esta é separada da Bacia do Acre pelo Arco de Iquitos a oeste; da Bacia do Amazonas a leste pelo Arco de Purus; limita-se a norte com o Escudo das Guianas e com o Escudo Brasileiro ao sul.

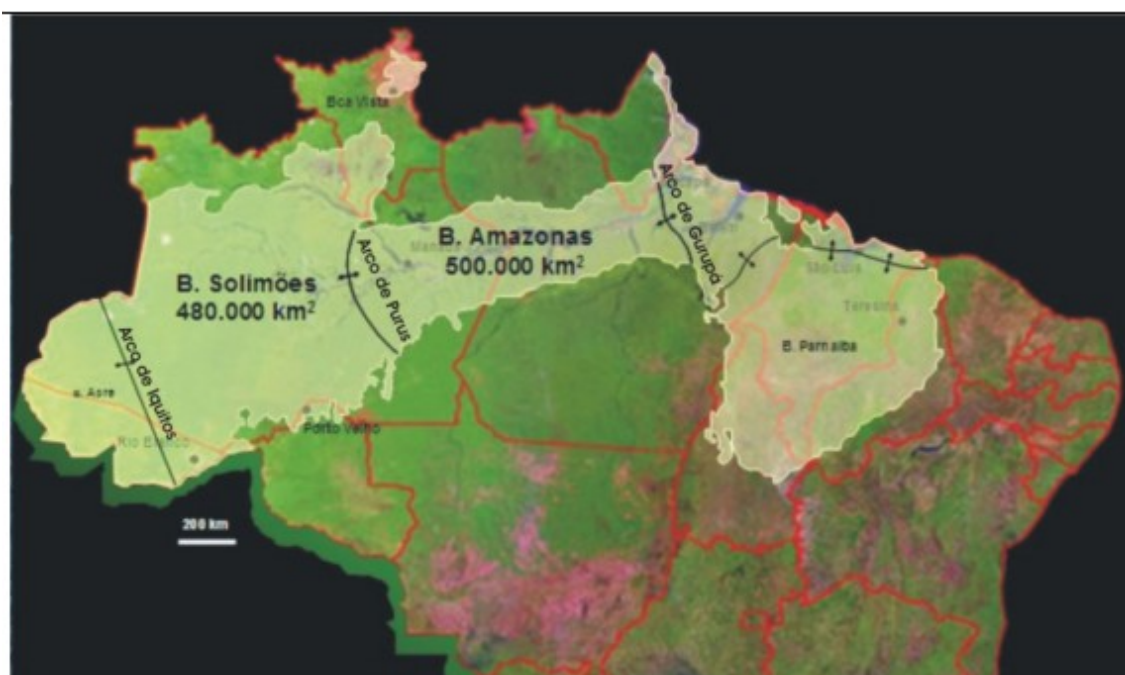


FIGURA 1: Localização da Bacia do Solimões, destacando os arcos que a divide com a Bacia do Amazonas e com a Bacia do Acre.

Fonte: Adaptado de Wanderley Filho (2005).

2.1.2 Origem e evolução

O termo “bacia intracratônica” é reservado para bacias que se originam sobre um cratón. Os crátons ou cratões (do grego kratos, significando “força”), são porções bastante antigas da crosta continental, que se mantêm relativamente estáveis por no mínimo 500 milhões de anos. Por estabilidade entende-se que estes se mantiveram preservados e foram pouco afetados por processos tectônicos de separação ou amalgamação de continentes ao longo da história geológica da Terra.

Segundo Barata (2007) a Bacia do Solimões se desenvolveu sobre o Cratón Amazônico com complexa evolução pré-cambriana. O embasamento da bacia é composto por rochas ígneas e metamórficas das províncias do Rio Negro-Juruena (1,8 – 1,55 Ga) e Rondônia-San Ignácio (1,55 – 1,3 Ga). O substrato sobre o qual se implantou a Sub-Bacia do Juruá apresenta rochas sedimentares das formações Prosperança e Acari que pertencem ao grupo Prosperança e Acari que pertencem ao Grupo Purus, nos quais foram depositados numa sucessão de bacias que constituem um sistema de ríftes proterozóicos pertencentes a um ciclo de sedimentação anterior ao das Bacias do Solimões e Amazonas.

Fortes evidências indicam que, abaixo da Bacia do Amazonas e de outras bacias paleozóicas, existe um sistemas de ríftes que teria influenciado na origem da depressão tectônica onde se instalou a bacia. Regionalmente o aquecimento que gerou o manto anômalo da Bacia do Amazonas e elevou o cratón siálico da província Amazônica Central e faixa Moroni-Itacaiunas, foi também refletida nas faixas do Rio Negro-Juruena e Rondoniense sob a Bacia do Solimões. Segundo Silva (1987) a subsidência na Bacia do Amazonas foi mais intensa devido à existência de massas densas intrusivas no embasamento. Na Bacia do Solimões as condições de subsidência foram mais lentas e distintas nos segmentos que compartimentam o arcabouço pré-cambriano da bacia.

Campos et al. (1991), Eiras (1996) e Teixeira (2001) identificaram evidências sísmicas de um rífte anterior na Bacia do Solimões, na região do rio Urucu, onde as seções sísmicas indicam um espaçamento dessa seqüência rífte em direção ao Arco de Purus, inferidos como do Neoproterozóico. A bacia teria se originado na fase de subsidência termomecânica que antecedeu esse rifteamento. Segundo Barata e Caputo (2006) o problema é se os ríftes observados na Bacia do Solimões correspondem a uma fase anterior que originou a bacia proterozóica Prosperança ou

a Bacia paleozóica do Solimões propriamente dita. Segundo Eiras et al.(1994) a deposição do Grupo Purus (Formação Prosperança Acari) ocorreu provavelmente no Mesoproterozóico, por intermédio de sistemas fluviais, seguidos por sedimentação marinha preenchendo bacias do tipo ríftes.

A evolução da Bacia do Solimões ocorreu durante o Ordovinciano, com a deposição dos sedimentos da Formação Benjamin Constant (Sequência Ordovinciano Inferior), restrita à parte oeste da sub-bacia do Bacia do Jandiatuba. Após a deposição desta formação instalou-se uma fase erosiva com um hiato de tempo de cerca de 20 Ma. A segunda transgressão marinha se deu especificamente na sub-bacia de Jandiatuba sendo responsável pela deposição dos sedimentos da Formação Jutai (Sequência Siluriano-Superior – Devoniano Inferior) chegando à parte oeste do Arco de Carauari. A terceira transgressão ocasionou a deposição do Grupo Marimari (sequência Devoniano-Médio – Carbonífero Inferior), compostos pelas Formações Uerê e Jandiatuba, esta com o membro Juraqui, depositados em período glacial. Durante as incursões marinhas o mar também ultrapassou a região de Carauari cobrindo a sub-bacia do Juruá juntamente com a parte oeste do Arco de Purus.

Nesta sequência ocorrem as camadas que possuem as maiores concentrações de carbono orgânico total na bacia, representando as rochas geradoras da mesma. A quarta transgressão marinha foi responsável pela deposição do Grupo Tefé (Seqüência Carbonífero – Superior Permiano - Inferior), formado pela Formação Juruá, Carauari e Fonte Boa, depositado sob clima quente e árido, ultrapassando o Alto de Purus e se acumulou na bacia do Amazonas. Esta seqüência possui as melhores rochas reservatório e as camadas evaporíticas constituem as rochas selantes da bacia.

É importante ressaltar que em direção à Bacia do Acre, as soleiras de diabásio típicas de ambientes distensivos, desaparecem. Esse fato ocorre provavelmente devido ao regime tectônico compressivo diferenciado nessa região.

2.1.3 Embasamento

Cordani et al. (1984), consideram que o Escudo Brasileiro e o Escudo das Guianas, que são integrantes do Cráton Amazônico constituem o embasamento da bacia do Solimões, e que este núcleo cratônico se divide em quatro províncias geotectônicas que representam faixas móveis policíclicas amalgamadas somadas a um núcleo mais antigo (Província Amazônica central). De acordo com os autores, estas faixas se estendem sob as bacias do Solimões e Amazonas; deste modo o embasamento da sucessão sedimentar da bacia do Solimões, na área da Sub-Bacia do Juruá corresponderia a Província do Rio Negro-Juruema e enquanto que a Sub-Bacia do Jandiatuba corresponderia a província Rondoniana (figura 2).

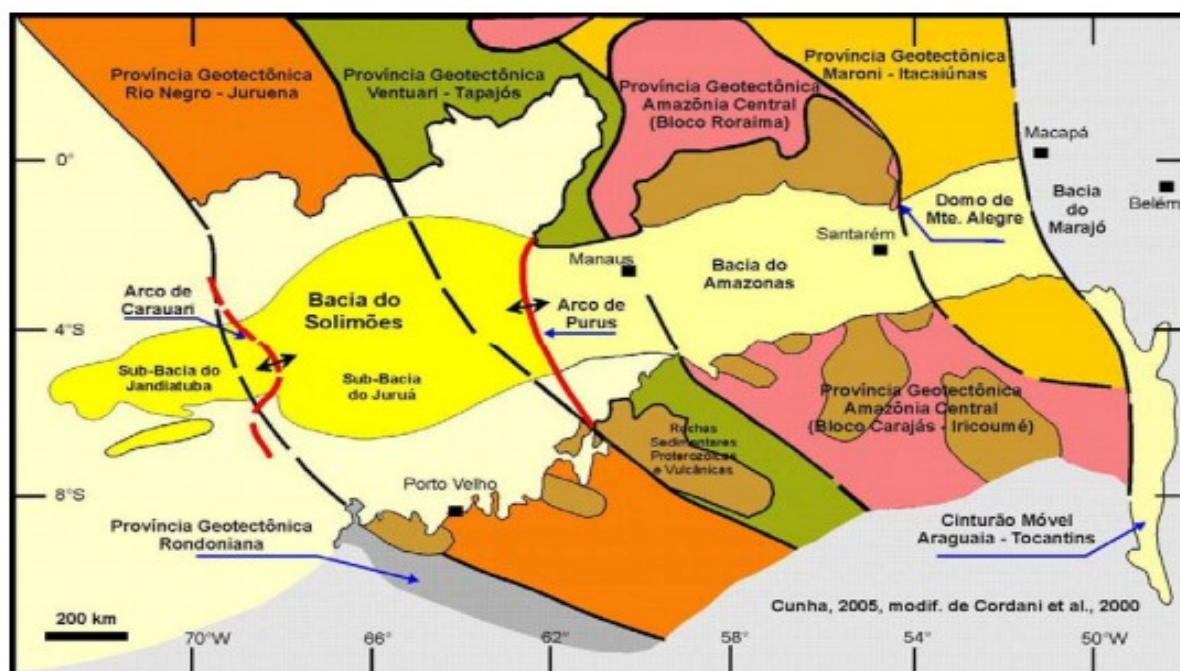


FIGURA 2: Compartimentação geotectônica do Cráton Amazônico

Fonte: Cunha (2005). Modificado de Cordani et al. (2000).

Tassinari e Macambira (1999) baseados em estudo com isótopos, reafirmam o caráter geocronológico destas províncias, juntamente com seus limites geológicos e reconheceram que as províncias que representam o embasamento cristalino da Bacia do Solimões foram acrescidas num período que varia entre 1.95 e 1.45 Ga, pelo choque de paleoarcos magmáticos e microplacas, de direção oeste para leste, formados por processos orogenéticos durante a convergência do protocráton Amazônico e Laurentia. Segundo os autores estes terrenos polideformados são

formados por associação granito-gnáissica e por seqüências metavulcanossedimentares.

Eiras et al. (1994) reportam localmente que na Sub-Bacia do Juruá há ocorrência de rochas sedimentares depositadas numa sucessão de grábens que formam um sistema de ríftes proterozóicos. Caputo. (1984) agrupou estas rochas sob a denominação de Grupo Purus, onde estas têm em sua constituição arenitos finos e grossos com níveis conglomeráticos, folhelhos vermelhos e dolomitos associados, com deposição ocorrendo no Mesoproterozóico por intermédio de sistemas fluviais e com influência marinha.

2.1.4 Evolução geodinâmica

Na Bacia do Solimões estão registrados em seus estratos Fanerozóicos uma parte da história geológica (eventos tectônicos) que agiram na pretérita Placa litosférica Gondowânica e na atual Placa Sul-Americana (ZALÁN, 2004). Estes eventos ocasionaram epirogeneses no interior destas placas que acarretaram na reativação de arcos regionais, controlaram as incursões marinhas, os processos de subsidência, de soerguimento e de erosão além do magmatismo Mesozóico.

Para Caputo e Silva (1990), o processo de deposição dos sedimentos paleozóicos juntamente com as incursões marinhas, vieram do oeste a partir da Bacia do Oriente Peruano com *onlaps* costeiros para leste, norte e sul. Já a intrusão de soleiras e diques de diabásio ocorreram no limite Triássico-Jurássico; onde este evento é conhecido como evento Penatecaua. Fenômeno este que se repetiu nas Bacias do Amazonas; na Bacia do Acre e do Parnaíba, que esta combinada a reativação da Plataforma Sul Americana, culminando com a abertura do oceano Atlântico na porção equatorial.

Porém o evento mais marcante ocorrido na Bacia do Solimões é representado pelo Tectonismo Juruá, ocorrido no intervalo Jurássico-Triássico/Cretáceo. Por esse evento ser de natureza compressiva, fez com que as estruturas antigas do embasamento fossem reativadas originando a formação de *trends* estruturais com movimentação dextrógiros compostos de sistemas anticlinais assimétricos que estão ligados às falhas reversas.

2.1.5 Arcabouço estrutural

A Bacia do Solimões tem uma espessura sedimentar em suas sub-bacia do Jandiatuba e do Juruá de 3.800 e 3.100 m respectivamente, incluindo as soleiras de diabásio. Seu preenchimento é constituído principalmente de rochas paleozóicas intrudidas por diques e soleiras de diabásio, de idade triássico-jurássico e cobertas por rochas cretáceo-terciárias.

Para Eiras (1998), os eventos tectônicos intraplaca (figura 3) do fanerozóico geraram movimentos epirogenéticos pelas interações ocorridas na borda da placa litosférica gonduânica. Estes movimentos causaram a reativação dos arcos regionais, controlaram as incursões marinhas, os processos de sedimentação, os processos erosivos, o magmatismo mesozóico.

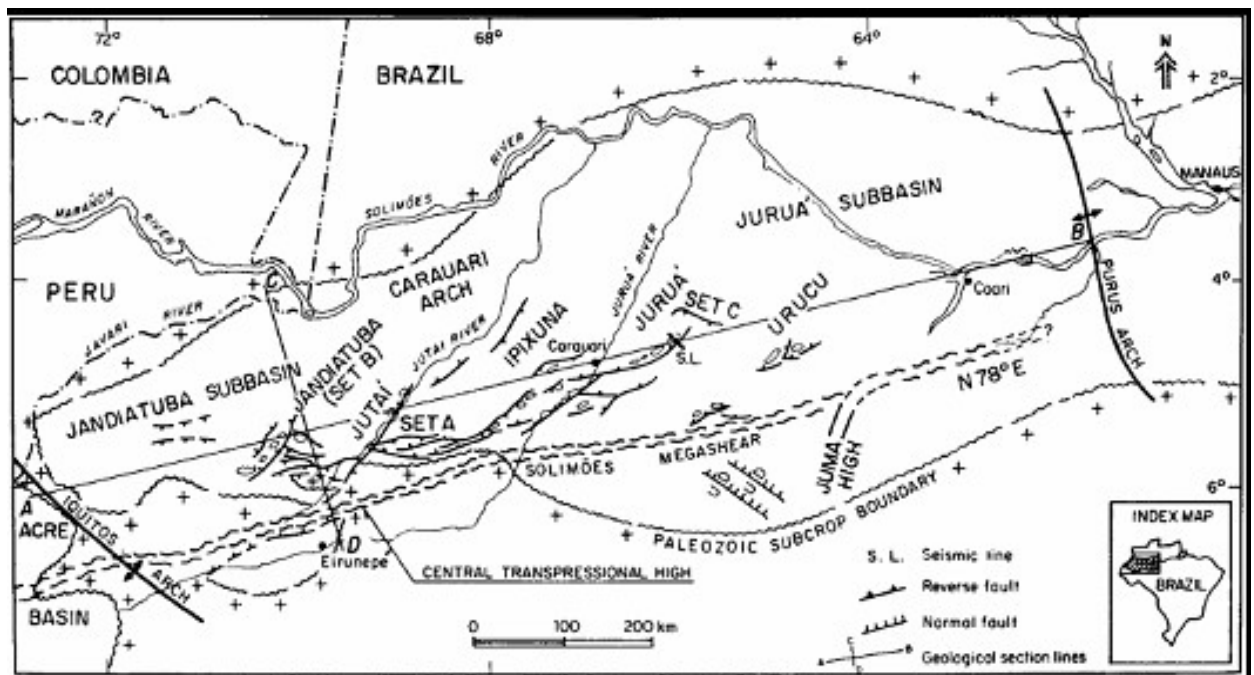


FIGURA 3: Arcabouço estrutural da Bacia do Solimões.

Fonte: Caputo (1991).

Estes movimentos acarretaram também na formação de estruturas como falhas e dobras. No Mesozóico, a partir da tectônica Juruá, evento transpressivo que causou a reativação de estruturas mais antigas, pela geração de falhas reversas e de dobras anticlinais que constituem as trapas de óleo e gás. O Arco de Caruarí é uma feição estruturas positiva de orientação Nordeste-Sudoeste, dividindo a Bacia do Solimões em Sub-Bacia do Juruá e em Sub-Bacia do Jandiatuba, exercendo um

intenso controle na sedimentação do Devoniano, no Ordoviciano sendo menos intenso no Permocarbinífero.

A Sub-Bacia do Jandiatuba não fornece grande quantidade de informações, no que diz respeito a sua potencialidade petrolífera (EIRAS, 1998), pois esta se localiza em extensas áreas de proteção indígena, o que impede de executar projetos exploratórios. Já a Sub-bacia do Juruá que está na parte oriental da Bacia do Solimões são onde se concentram os principais campos de óleo e gás da região amazônica. Para Eiras (1998), a seqüência carbonífera detém ótimos reservatórios, e as devonianas possuem ótimas rochas geradoras; e enquanto que na permocarbonífera estão as mais significativas intrusões de diabásio.

Para Eiras (1998), as espessas camadas de diabásio na Sub-Bacia do Juruá são superiores 1000 m, e forneceram a energia térmica necessária sobre a matéria orgânica responsável pela geração e craqueamento do óleo e gás em um curto período geológico.

2.1.6 Arcabouço Estratigráfico

Para Eiras et al. (1994), o arcabouço estratigráfico da Bacia do Solimões (figura 4) está dividida em uma seqüência paleozóica que é cortada por diques, soleiras de diabásio e outra seqüência mesozóica-cenozóica. A megaseqüência paleozóica é a que mais se destaca por possuir as rochas selantes, geradoras e reservatório além das feições que compõem as trapas acumuladoras de óleo, gás e condensados da bacia, podendo ser divididas em quatro seqüências de segunda ordem.

2.1.6.1 Seqüência Eo-Ordovinciana

Esta seqüência é composta por rochas clásticas continentais e marinhas da Formação Benjamin Constant, estando truncada por discordância devido ao soerguimento possivelmente ligado à Orogenia Taconiana, estando restrita a Sub-Bacia do Jandiatuba. Sendo que esta formação contem os registros mais antigos das bacias paleozóicas brasileiras.

Caputo e Silva (1990) acreditam na ocorrência de uma fase erosiva ocorrida logo após a sedimentação desta seqüência que representa um hiato de 100 Ma.

2.1.6.3 Seqüência Mesodevoniano-Eocarbonífera

Esta seqüência é representada pelo Grupo Marimari de origem marinha rasa, sendo regressiva no topo e transgressiva na base, com espessura sedimentar que alcança 300 m ultrapassando o Arco de Caruari, fazendo parte então das Sub-Bacias do Jandiatuba e da Sub-Bacia do Juruá.

2.1.6.4 Seqüência Neocarbonífero-Eopermiana

Esta seqüência é composta por rochas clásticas, carbonáticas e por rochas evaporíticas marinhas e continentais, que correspondem ao Grupo Tefé, estando presente por toda Bacia do Solimões. A discordância intrusiva que se instalou nessa seqüência é associada a Orogenia Tardi-Herciniana e ao distrofismo Juruá.

O evento Penatecaua, que deu origem as soleiras e aos diques de diabásio ocorrem de forma intercalada nas rochas paleozóicas, especificamente na Formação Caruari alcançando espessuras de 900m.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Os diques e soleiras de diabásio presentes na bacia do Solimões e em todas as outras bacias paleozóicas brasileiras foram gerados no Evento Penatecaua no Jandiatuba durante a abertura do Atlântico norte (ISSLER et al. 1974). Serviram como fonte extra de calor para o processo de transformação da matéria orgânica em óleo e gás. Para a sísmica de exploração a existência destes tipos de rochas intrudidas nas porções internas das bacias sedimentares podem deteriorar a qualidade das seções sísmicas, por estas possuírem velocidades sísmicas relativamente superiores às das rochas sedimentares, velocidades estas que variam entre 4000 m/s e 6000 m/s aproximadamente.

Os diques e soleiras de diabásio reduzem a qualidade do imageamento sísmico por causarem perda do sinal (razão-sinal/ruído-baixa), gerar múltiplas e o espalhamento do sinal, o que prejudica a interpretação dos dados pela formação de falsas estruturas ocasionadas pelos efeitos de Pull-up e Pull-down. (EIRAS, WANDERLEY FILHO, 2002).

As terminações e os saltos de soleiras agravam estes problemas (IMAGAM, 2002), pois as variações abruptas de suas espessuras podem causar ondas difratadas, as terminações das soleiras podem causar variações laterais da velocidade, difração, as áreas mais fraturadas pelo tectonismo associado ao magmatismo podem causar variação da velocidade devido a presença de fluido nos espaços porosos dos planos de fratura.

As ocorrências das soleiras abaixo da superfície de discordância, que separa as seqüências paleozóicas e cretáceas podem causar perda do sinal e/ou múltiplas, devido a grande variação de velocidade existente entre elas.

3. SISTEMAS PETROLÍFEROS

Os sistemas petrolíferos da Bacia do Solimões incluem as rochas geradoras da Formação Jandiatuba e Jutai, onde provavelmente os arenitos da Formação Juruá são os únicos reservatórios efetivos da bacia.

Na Bacia do Solimões existem dois sistemas petrolíferos, o Jandiatuba Juruá e o Jandiatuba-Uerê (EIRAS., 1994), sendo que o primeiro sistema detém quase toda a totalidade das acumulações comerciais de petróleo, sendo classificado como um sistema petrolífero não convencional; pois o efeito térmico necessário para a maturação do hidrocarboneto ter sido compensado pelas soleiras de diabásio (figura 6) e não pela sobrecarga litostática.

Na Bacia do Solimões são encontrados três principais intrusões de soleira de diabásio. Wanderlei Filho (2006) ao estudar o posicionamento estrutural das soleiras concluiu que quando o sill se encontra em regiões mais profundas e próximo das rochas geradoras e reservatório há presença de gás, e quando a soleira se encontram nas porções mais rasas o efeito térmico sobre as rochas geradoras será menor, e conseqüentemente a geração do óleo torna-se possível como nos campos do *trende* Urucu.

Wanderlei Filho (op. cit.) observou que os valores de reflectância de vitrinite não obedecem a um padrão, pois nas regiões mais rasas os valores são extremamente altos, e sofrem uma diminuição em regiões mais profundas para depois tornarem a sofrer elevação. Neste caso pode-se concluir que a fonte de calor se encontra acima da geradora.

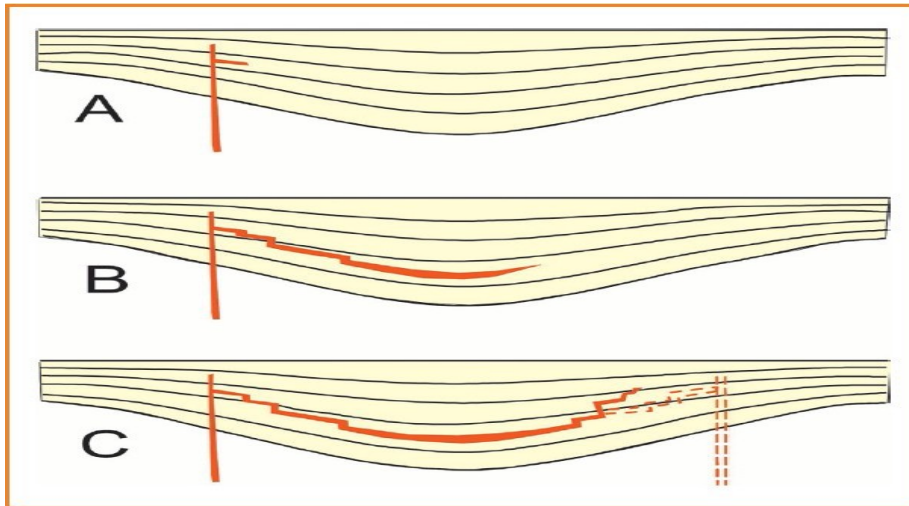


Figura 5: Diagrama ilustrando o mecanismo de intrusão de uma soleira de diabásio (FRANCIS, 1982).

3.1. ROCHAS GERADORAS

Na Bacia do Solimões a rocha geradora fica representada pelos folhelhos transgressivos marinhos do Devoniano Superior da Formação Jandiatuba. Os folhelhos radioativos apresentam uma espessura sedimentar superior a 40m e com valores de carbono orgânico total (COT) de 4% com picos de 8% na região da Sub-Bacia do Jandiatuba (BRAZIL, 1990). Com estudos geoquímicos (figura 6) da área onde há indícios de hidrocarboneto, a reflectância da vitrinita alcança valores de 1,35; logo em termos de maturação estes folhelhos estão no limite entre o topo da zona madura e a senil. Mello et al. (1994) confirmaram esta hipótese identificando a partir de estudos geoquímicos o baixo potencial gerador destes folhelhos (< 3,5 mg HCg TOC).

Caputo e Silva (1990) reportam a impossibilidade da caracterização do tipo de matéria orgânica em função do elevado estágio de maturação destas rochas nas áreas estudadas.

Caputo e Silva (op. cit.) reportam ainda que os folhelhos marinhos da Formação Jutai como geradores potenciais da Bacia do Solimões apresentam teores médios de COT que variam entre 0,65 e 1,5%, sendo composta de uma mistura de matérias orgânicas dos tipos II e III. Para estes autores os folhelhos Jutai

encontram-se na zona madura na área do rio Urucu e na zona senil nas porções centrais da bacia (CUNHA et al. 1988).

No entanto Mello et al. (1994) contesta esta hipótese através de estudos geoquímicos da correlação óleo-rocha realizados com biomarcadores. Para estes autores na área do rio Urucu, bem como em todas as acumulações da bacia, o sistema petrolífero corresponderia ao Jandiatuba-Juruá.

Caputo e Silva, (1990) ainda reconheceram folhelhos potencialmente geradores de ocorrência restrita à região leste do Alto-de-Caruari e também na Sub-bacia do Juruá, incluindo rochas da Formação Uerê. Estes folhelhos apresentavam valores médio de COT entre 1,5 e 3,0%, constituída por uma matéria orgânica dos tipos II e III.

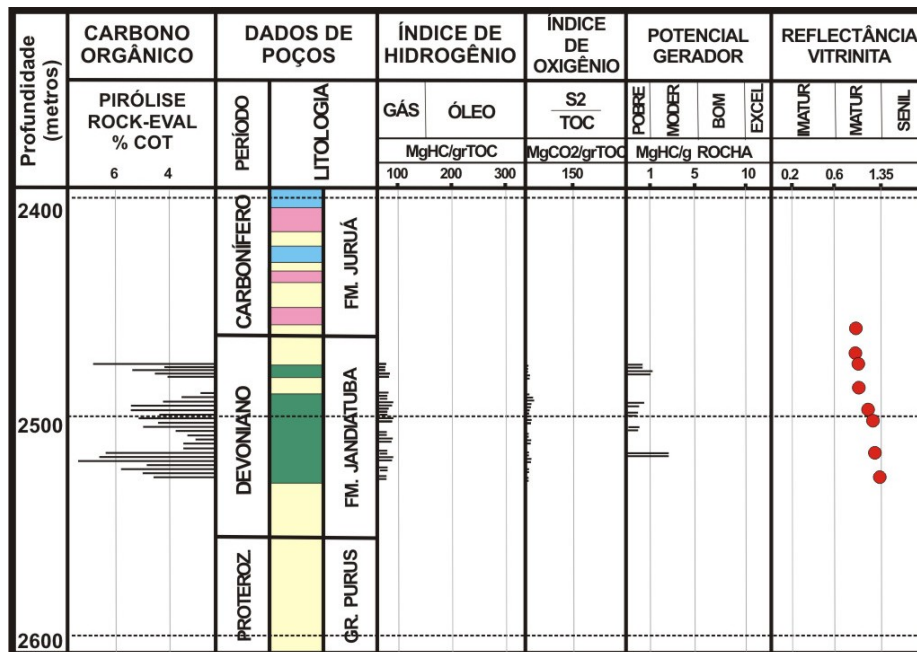


Figura 6: Perfil geoquímico da rocha geradora da bacia do Solimões: Membro Barreirinha da Formação. Curuá (Devoniano Superior). Extraído e modificado de Mello et al. 1994.

3.2. ROCHAS RESERVATÓRIO

As rochas reservatórias têm como seus principais representantes os arenitos eólicos Pensilvanianos da base da Formação Itaituba (atual Formação. Caruarí), com espessura de 80m, porosidade média que varia de 10 a 30% e permeabilidade acima de 1200 mD (NEVES et al. 1990; RODRIGUES et al. 1991). De acordo com Lanzarini (1984, apud CAPUTO e SILVA, 1990), a porosidade é secundária, com variação no grau de empacotamento, na ocorrência de crescimento sintaxial de quartzo e a dissolução do cimento de calcita e anidrita.

Nos campos petrolíferos da Província de Urucu, são identificados sete reservatórios produtores de óleo e condensado, sendo que as melhores condições permo-porosas são relacionadas a lençóis de areia e fácies de dunas (CASTRO et. al. 2007).

3.3. SELOS

Estas são representados pelas camadas evaporíticas da base da Formação. Caruarí, onde as halitas e as anidritas possuem um relativo alcance regional, chegando até sobre os altos de Caruarí e Purus.

3.4. TRAPAS

As trapas seriam as anticlinais formadas nos blocos altos de falhas reversas (figura 7) de direção NE-SW dos *trends* estruturais, ocorridas no megacisalhamento Solimões.

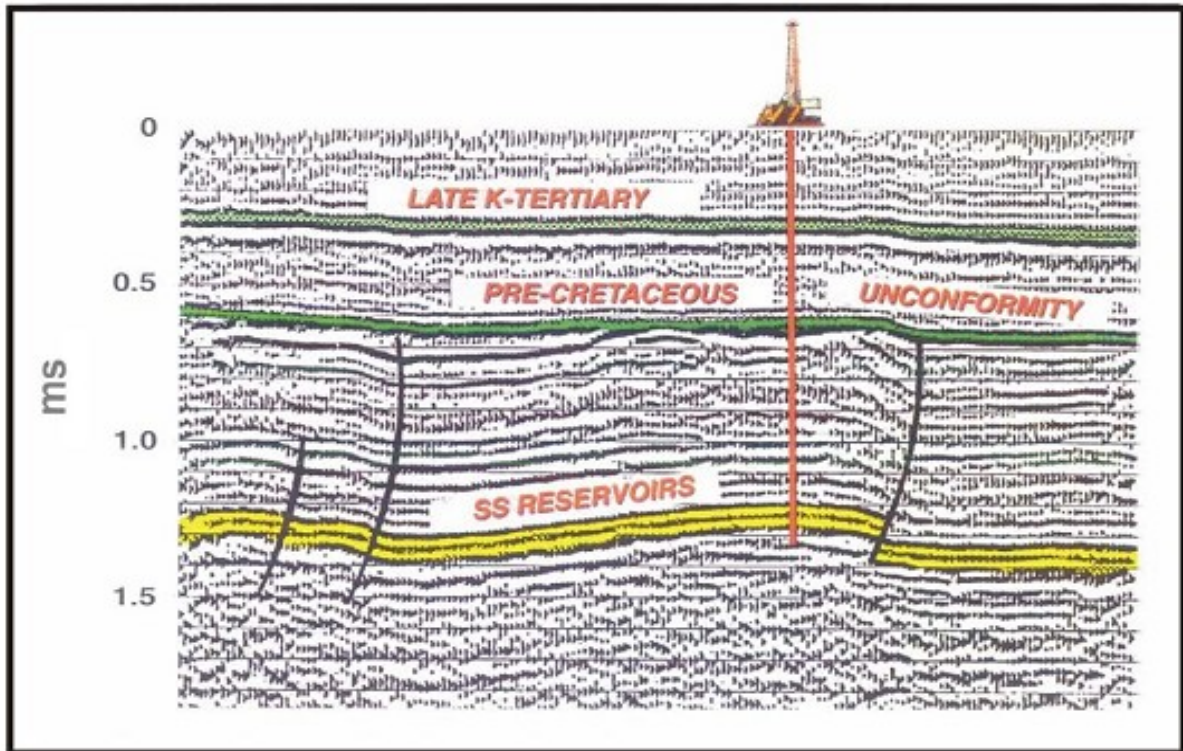


Figura 7: Modelo de trapeamento estrutural associado a bloco alto de falha reversa. (BACOCOLI, 2004).

3.5. GERAÇÃO E MIGRAÇÃO

A partir de análises geoquímicas de testemunhos e em amostras de óleo oriundas dos poços perfurados na Bacia do Solimões, Mello et al. (1994), poderão concluir que o óleo da rocha reservatório Itaituba havia se originado na rocha fonte Barreirinha, caracterizando o conhecimento do sistema petrolífero Barreirinha-Itaituba (!). Sendo ainda apresentado um modelo de geração, migração e acumulação de petróleo (Figura 8), e uma carta de eventos (Figura 9) do sistema petrolífero citado.

Para Rodrigues et al. (1991) a maturação teria ocorrido a partir de uma anomalia termal associada a intrusões ígneas durante o intervalo triássico-jurássico.

Segundo Eiras (1995), a primeira fase de maturação teria ocorrido no final do Paleozóico, com uma baixa taxa de transformação em decorrência do soterramento. Neste contexto, o acúmulo de petróleo ocorreu em paleotrapas mistas e/ou de caráter estratigráfico.

A fase principal de geração e expulsão se desenvolvera durante o Triássico, e associado às intrusões de diques e de soleiras do magmatismo Penatecaua,

seguido de migração secundária pelas rochas carreadoras devonianas e carboníferas além das falhas já existentes.

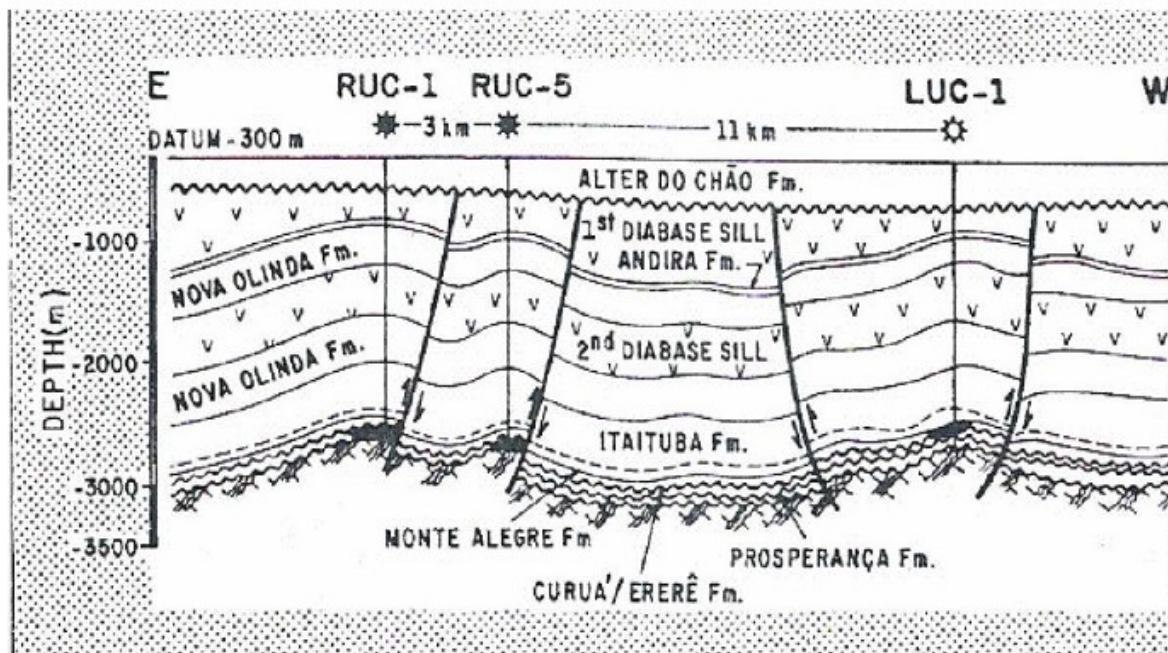


Figura 8: Seção geológica do modelo de acumulação do campo de óleo do rio Urucu. Mello et al. (1994)

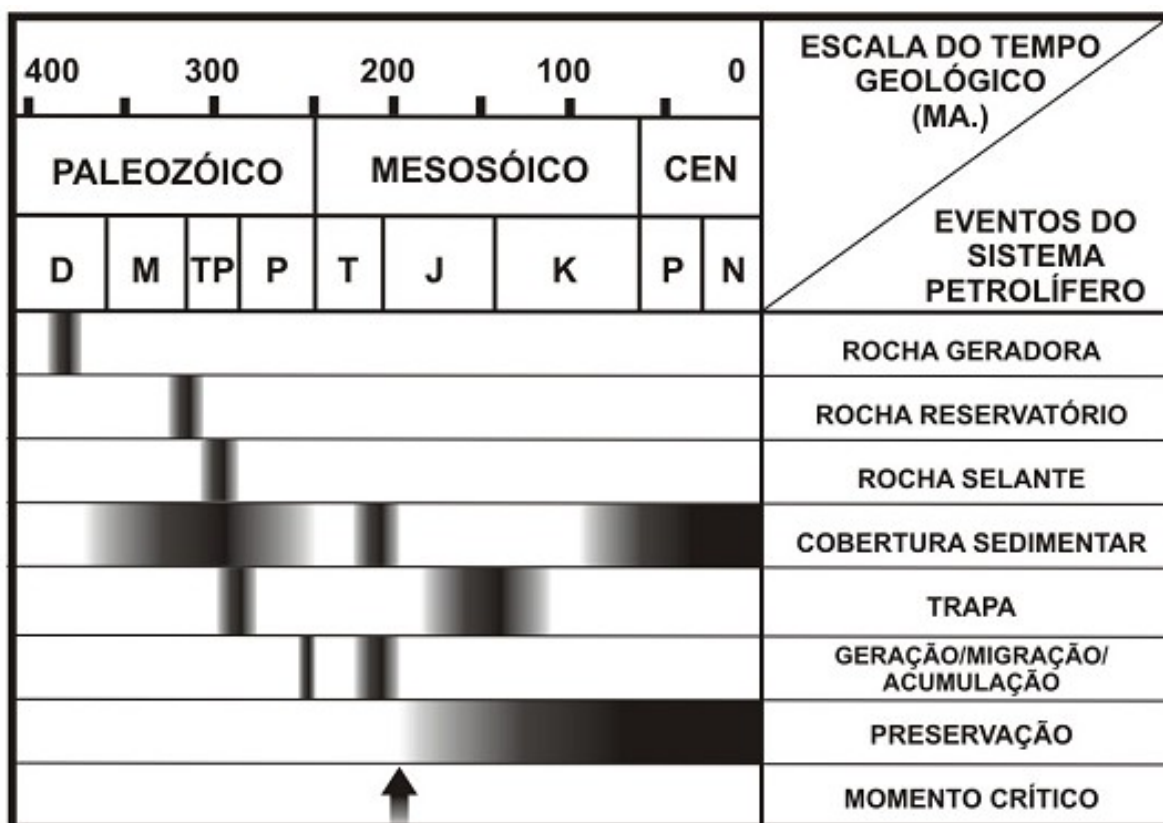


Figura 9: Carta de eventos do sistema petrolífero Barreirinha-Itaituba (!). Mello et al. (1994).

4 MODELAGEM E VISUALIZAÇÃO

4.1 MODELAGEM

Entende-se como modelagem o conjunto de métodos matemáticos usados na construção de um modelo topográfico, na geometria e propriedades petrofísicas de um corpo ou uma estrutura geológica em estudo, considerando todos os dados que se referem a essas estruturas. A partir do uso dos dados destes corpos torna-se possível a construção de imagens que nos permita a visualização das partes internas de uma determinada estrutura que geralmente se encontra a centenas de metros na subsuperfície. (MALLET et al. 2008).

Na modelagem há a possibilidade de se fazer a simulação de efeitos a partir de um modelo físico ou matemático, ou ainda se valer de um modelo físico que corresponda aos efeitos observados, sendo que estes modelos podem ser de um modelo analógico ou um modelo digital.

A modelagem analógica é feita geralmente em uma escala reduzida, onde um objeto é construído para servir de teste de forma que este reproduza efeitos similares ao um corpo em subsuperfície por exemplo.

No caso da modelagem digital, ou modelagem computacional, são realizados processos matemáticos feitos com o auxílio computacional e por softwares, por onde podemos sintetizar uma seção sísmica que corresponda a um modelo geológico (modelo direto), ou ainda construir um modelo geológico correspondentes aos dados sísmicos (modelo inverso).

4.1.1 Modelagem Sísmica

A modelagem sísmica é gerada a partir de um modelo que se permita fazer a representação de alguma provável situação (como as que já foram citadas anteriormente), em algum ambiente geológico, com a finalidade de testar a eficácia das metodologias convencionais e no desenvolvimento de novas metodologias.

Dessa forma podemos traçar estratégias a partir de parâmetros, atributos, hipóteses e um novo algoritmo, em que esses dados sísmicos do modelo mostraram sua competência para realizar pesquisas e obter resultados satisfatórios com a

criação do modelo; fazendo da modelagem uma poderosa ferramenta para a sísmica de exploração.

4.1.2 Modelagem e Visualização 2,5-D

Estruturas geológicas complexas (domos salinos, diques, saltos e bifurcações de soleiras de diabásio etc.) são difíceis de serem imageadas pela sísmica, e em diversas situações causam a redução da qualidade do imageamento sísmico.

Existem varias técnicas e métodos usados para se melhorar o imageamento sísmico e reduzir os diversos e freqüentes problemas encontrados na exploração petrolífera nas bacias sedimentares. A modelagem é uma poderosa ferramenta pertencente a esse grupo de métodos.

A modelagem destes tipos de situações geológicas nos possibilita um melhor entendimento das mesmas, e, por conseguinte o desenvolvimento de tecnologias e metodologias que minimizem seus efeitos nas diversas áreas da exploração de hidrocarboneto. No decorrer dos anos houve uma crescente expansão de técnicas de modelagem e visualização, ganhando assim, uma nova e relevante importância na resolução de problemas encontrados na exploração de óleo e gás.

A modelagem 2-D, 2,5-D, e 3-D constitui-se em uma importante ferramenta no auxilio da interpretação geológica e sísmica, pois ajuda na identificação de prováveis reservatórios ou alguma área propicia ao aprisionamento de hidrocarbonetos em uma bacia sedimentar qualquer; de modo que essa visualização seja possível em todos os pontos, tornando-se um processo específico mostrando o que se tem por de traz do volume de dados a serem interpretados.

A construção dos modelos citados acima é um passo fundamental para se ter o entendimento do comportamento físico, mecânico, podendo então obter e oferecer melhores imagens das áreas em estudo. Logo melhores resultados que contribuirão para o estudo de modelagem geofísica e na exploração petrolífera.

A partir da observação do modelo se tem uma visão geral ou parcial das varias estruturas em subsuperfície.

5 METODOLOGIA

No presente capítulo será exposta de forma resumida a metodologia usada, juntamente com suas etapas que nos proporcionaram a construção dos modelos geológicos e geofísicos.

5.1 FERRAMENTA DE MODELAGEM GOCAD

No presente trabalho foi utilizado o software computacional GOCAD (Geological Object Computer Aided Desing), pertencente ao consórcio GOCAD (França). Este é um software de modelagem computacional usado tanto na Geologia quanto na Geofísica, no intuito de auxiliar a direcionar e facilitar a interpretação relacionada às estruturas geológicas. São diversas as aplicações deste software em ambas as ciências (modelagem de uma área de interesse em uma bacia sedimentar, na perfuração de poços direcionais etc.).

Este software está constituído por diversos módulos ou pluguins, onde determinados módulos nos permitem realizar as modelagens estruturais, estratigráficas, de velocidade, ou reservatórios, interpretação sísmica e geológica etc.

Existem vários trabalhos que utilizam o software GOCAD como base para construção de modelagens e visualização (e.g. ANTUNES et al. 2004; CHIRA et al. 2008); justamente por este software ser uma importante ferramenta que permite modelar estruturas complexas tipo soleiras de diabásio bifurcadas, os saltos de soleiras, etc. Devido às vantagens deste software é que ele será usado para fazer as modelagens das estruturas geológicas complexas e construir o modelo de velocidade correspondente a uma determinada área de interesse da PETROBRAS na Bacia do Solimões. Os dados utilizados foram processados anteriormente por Nazaré (2007).

5.2. MODELO GEOLÓGICO 2,5-D

O modelo geológico é composto pelos modelos.

- Estrutural: Que é representado pelos horizontes (interfaces) e pelas falhas da estrutura.

- Estratigráfico: que é a construção das camadas.

A construção do modelo estratigráfico só é possível a partir da construção do modelo estrutural.

5.2.1 Modelo Estrutural 2,5-D

Nesta etapa do trabalho foi utilizado o módulo “Building a Structural Framework”. Este módulo é usado na construção dos modelos estruturais, com a finalidade de realizar simulações de uma determinada área em subsuperfície que venha a apresentar alguma estrutura geológica que possa conter algum acúmulo de hidrocarboneto.

Na construção do modelo estrutural 2,5-D foram consideradas as seguintes etapas (GOCAD 2008):

- Importar os arquivos com os dados dos horizontes (Seção geológica).
- Fazer a digitalização de cada horizonte.
- Caracterizar cada estrutura (Horizonte Estratigráfico e Falhas)
- Gerenciar dados.
- Escolher o volume de interesse.
- Modelar as falhas e horizontes.
- Modelar os contatos de falhas e horizontes

A figura 10 mostra o fluxograma de construção de um modelo estrutural

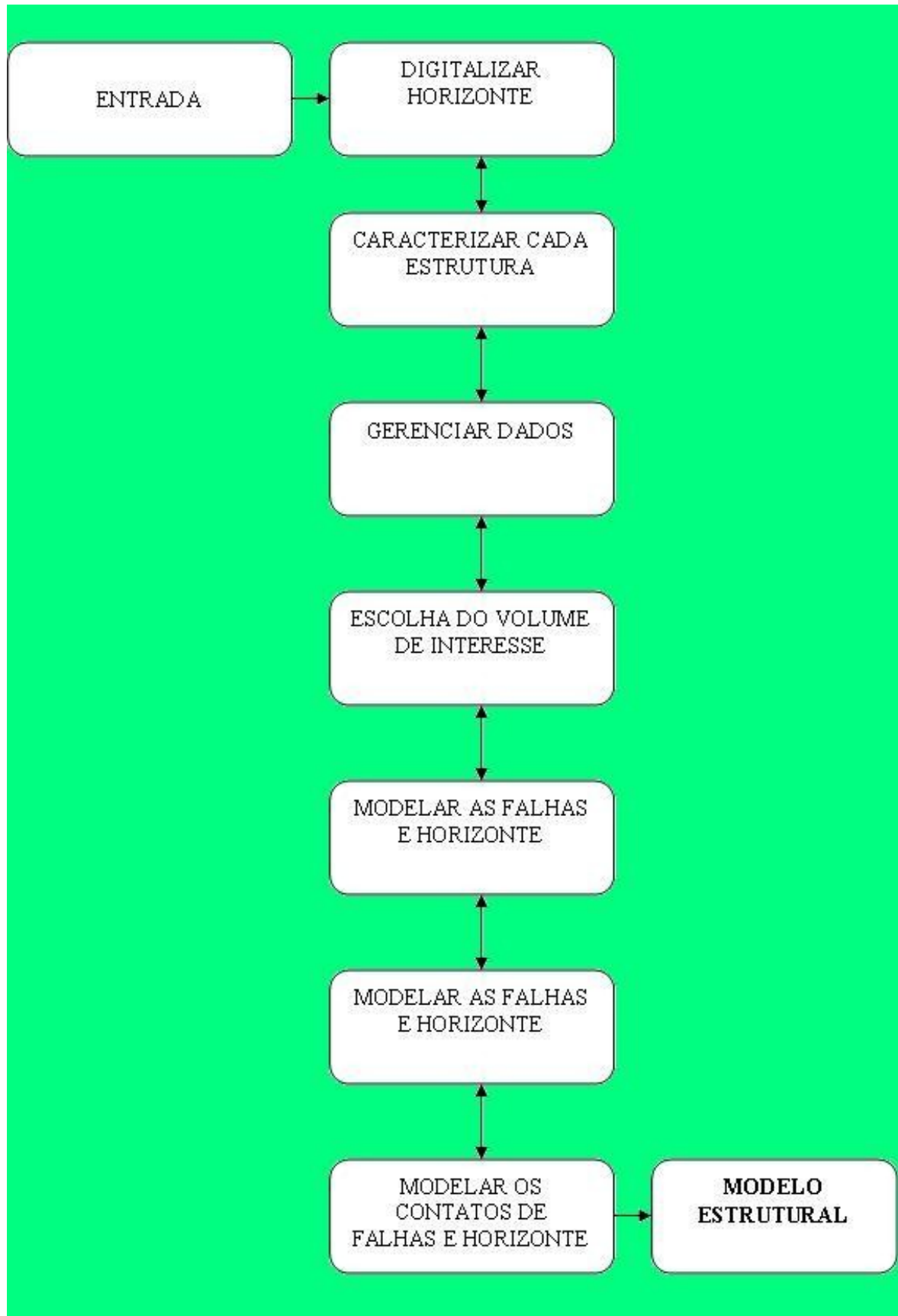


Figura 10: Fluxograma da construção do modelo estrutural. (Modificado por ELIAS, 2007)

5.2.2 Modelo Estratigráfico 2,5-D

Na construção do modelo estratigráfico foi utilizado o módulo “3-D reservoir grid builder”. Este módulo facilita a construção de modelos estratigráficos (também chamados de malhas estratigráficas ou malhas de reservatório 3-D).

Esta fase é controlada pelas estruturas do topo e da base. Essas malhas são construídas com a finalidade de distribuir as propriedades do reservatório e realizar uma simulação do fluxo dos fluidos. Para sua construção utilizaremos horizontes interpretados ou dados de modelos estruturais com múltiplos horizontes na direção da profundidade, falhas inversas, etc.

As etapas para a construção de um modelo estratigráfico são as seguintes (GOCAD, 2008):

- Selecionar o método para construir as malhas do reservatório.
- Selecionar o topo e a base dos horizontes do reservatório.
- Selecionar o método para construir a malha.
- Preparar os horizontes topo e base.
- Associar os horizontes topo e base.
- Criar a malha da área de estudo.
- Definir as unidades estratigráficas intermediárias.
- Construir a malha do reservatório.
- Definir as camadas dentro das unidades estratigráficas.
- Construir a malha do reservatório propriamente dito.

A figura 11 mostra o fluxograma da construção de um modelo estratigráfico.

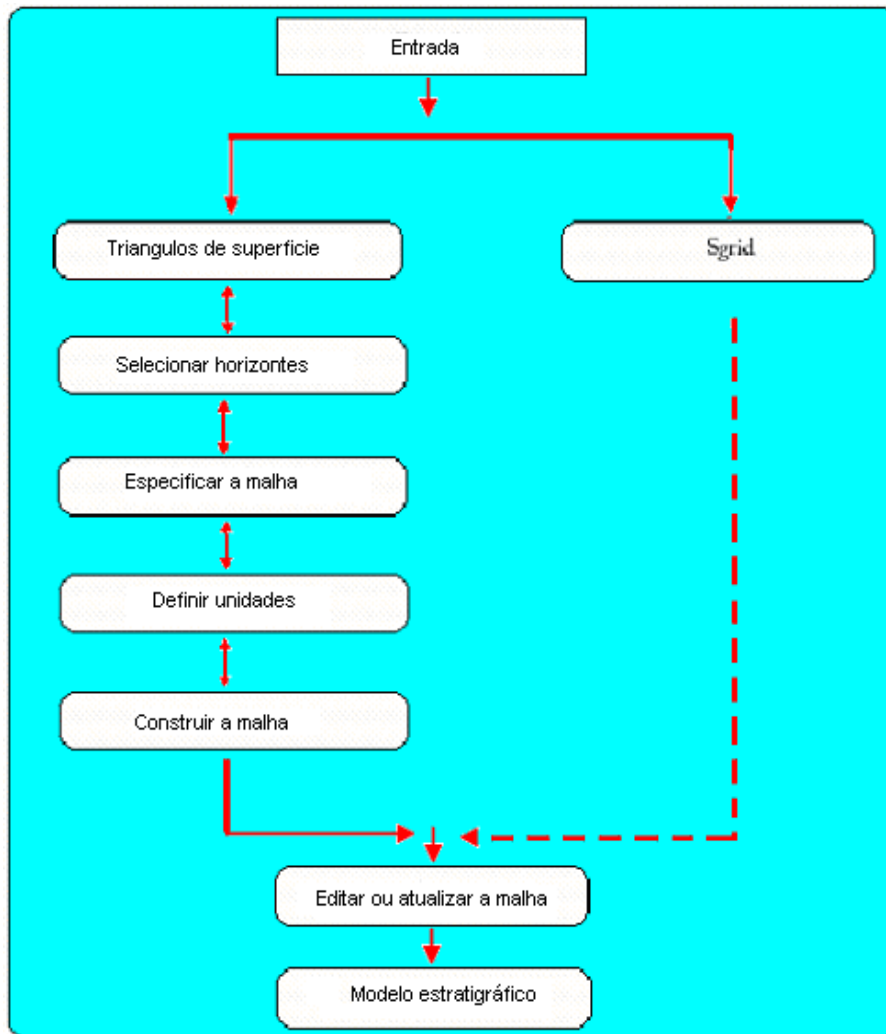


Figura 11: Fluxograma de construção do modelo estratigráfico (ELIAS, 2007).

5.3. MODELO GEOFÍSICO 2,5-D

Este modelo é correspondente ao modelo de velocidades, que é construído a partir dos modelos geológicos. Nesta etapa é atribuído para cada camada dos modelos geológicos, um valor de velocidade que será considerado constante ao longo de toda a camada. A seguir apresentam-se as etapas de construção do modelo de velocidade.

5.3.1 Modelo de Velocidade 2,5-D

Para a construção do modelo de velocidades foi utilizado o módulo “Velocity Modeling”, com o uso deste módulo podemos construir modelos 2-D; 2,5-D e 3-D e realizar conversões tempo-profundidade através da modelagem da coluna geológica completa, localizando exatamente reservatórios e delimitando importantes perfurações de risco na cobertura. O modelo de velocidade exato melhora a qualidade das imagens e também o resultado de perfurações em ambientes com desafios sob a orientação de modelos 3-D específicos.

O software GOCAD define duas formas para a construção do modelo de velocidade 3-D: Voxet Model e 3-D Model. O Voxet Model é um volume com uma malha que esta confinada a um griddo Voxet. Este módulo é um volume limitado que consiste de sub-volumes com grides chamados de camadas.

Para a construção do nosso modelo de velocidades utilizamos a forma Voxet Model. Pode ser útil construir um Voxet Model para se verificar a validade das camadas. Em um Voxet Model, o Voxet deve ser menor que todas as outras superfícies que cortarão as paredes do Voxet, dando origem às camadas.

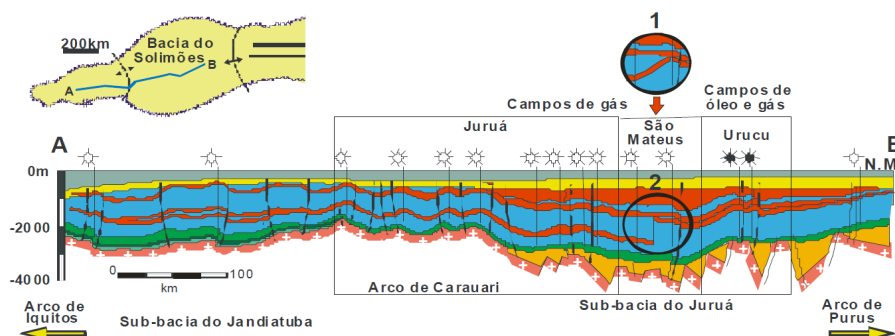
As etapas para a construção do modelo de velocidade são as seguintes. (GOCAD, 2008):

- Criar um Voxet a partir dos vértices ou vetores.
- Adicionar ou especificar as superfícies que serão incluídas em um Voxet Model.
- Construir o Voxet Model.
- Criar um modelo com a propriedade (neste caso a velocidade).
- Determinar os valores das propriedades para as diversas camadas que constituem o modelo de velocidades.
- Visualização do modelo.

6. RESULTADOS

Para a modelagem geológica e geofísica de uma determinada área da Bacia do Solimões (Figura 12), foi considerada uma seção geológica gerada por meio de processamento de dados sintéticos (Figura 13), possuindo dimensões de 20 km de extensão (horizontal, eixo X), 4.Km de profundidade (vertical, eixo Z) e 5 km de espessura (eixo Y). Sendo composta por 22 camadas representativas de rochas, dentre elas quatro soleiras de diabásio e o embasamento. Essas camadas foram reunidas em dois grandes agrupamentos: um inferior, com cerca de 2500 m que estão dobradas, falhadas e intrudidas por soleiras de diabásio; e outra superior com cerca de 500 m de camadas de rochas não deformadas (NAZARÉ, 2007).

A ordem adotada para a denominação das camadas é a da mais recente para a mais antiga. As características quanto à espessura e velocidade (ver tabela 1, 2) foram baseadas em Eiras et al. (1994).



Idade		Unidade Litoestratigráfica		Litologia	Velocidade onda P (m/s)	Resistiv-idade (ohm.m)
	Terciária-Quaternária	Grupo Javari	Fm. Solimões	Argilito	1750	40
	Cretáceo Superior		Fm. Alter-do-Chão	Arenito	2300	50
	Carbonífero Superior – Permiano Inferior	Grupo Tefé	Fm. Fonte Boa (rocha selante)	Siltito	3750/3850	350
			Fm. Carauari (rochas selantes)	Folhelho	5500/5450/5200/5400	
				Calcáreo	5300/5400	
				Anidrita	5600/5200	
				Halita	4000	
		Magmatismo Penatecaua	Fm. Juruá (rocha reservatório)	Arenito	4850/4650	450
				Diabásio	5900/6150	
	Devoniano Médio – Carbonífero Inferior	Grupo Marimari	Fm. Jandiatuba (rocha geradora)	Folhelho	5100	40
	Siluriano Superior– Devoniano Inferior		Fm. Jutai	Folhelho	Não ocorrem na Sub-bacia do Juruá	
	Ordoviciano Inferior	Fm. Benjamin Constant	Folhelho			
	Proterozóico e Arqueano		Embasamento	Cristalino	5250	1500
						

Figura 12: Seção geológica regional da Província de São Mateus com destaque para: 1) modelo bifurcado e 2) modelo saltado e litologia. (Modificado EIRAS, 1998 e WANDERLEY, 2005).

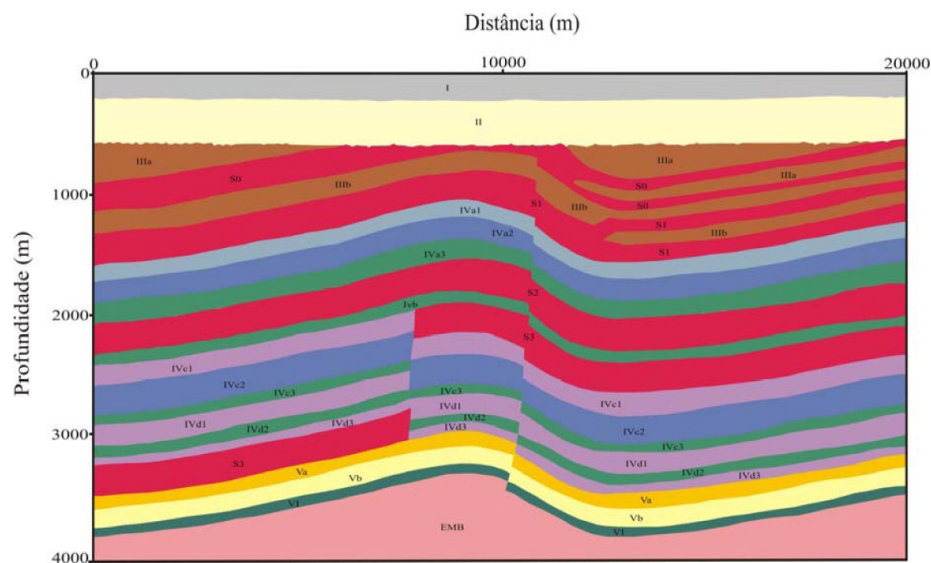


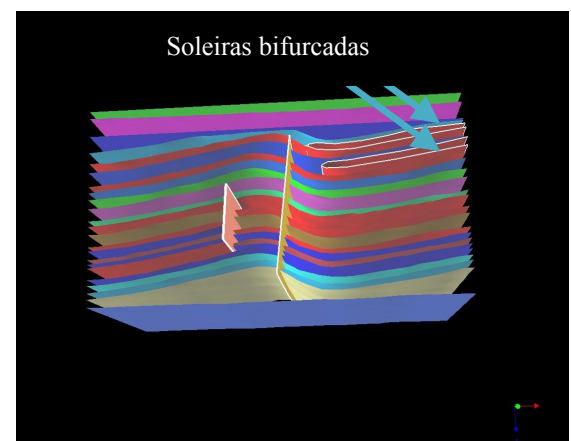
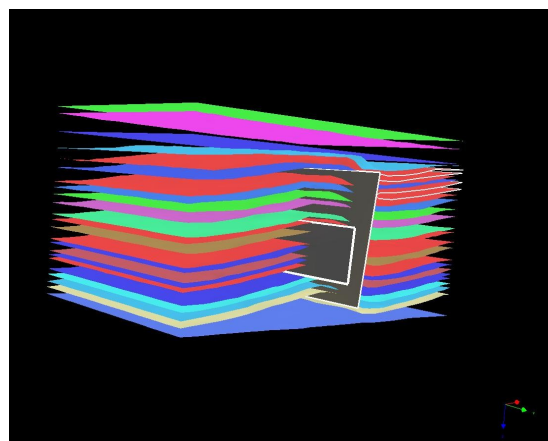
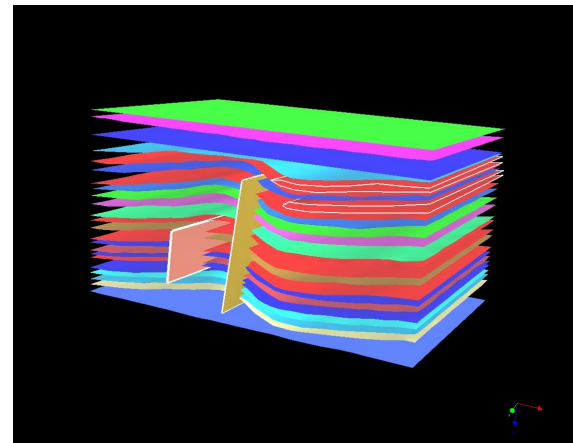
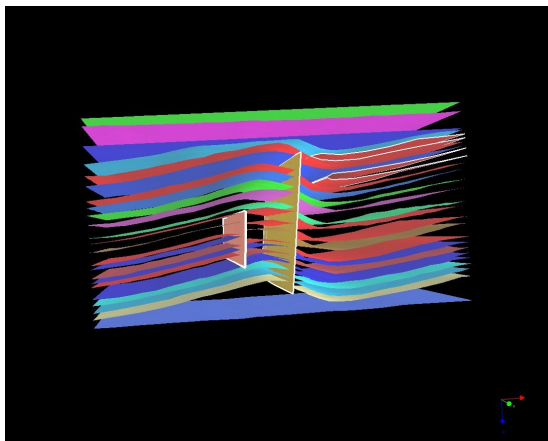
Figura 13: Modelo da seção geológica proposta a partir das complexidades apresentadas no estudo realizado na Bacia do Solimões. (Modificado de NAZARÉ et al. 2005)

Tabela 1: Parâmetros usados para geração da seção geológica representativa da Bacia do Solimões. (EIRAS et al. 1994).

UNIDADE	LITOLOGIA	ESPESSURA (m)
I	Argilito	160
II	Arenito	300
III	Siltito	3750
IV	Evaporitos	1300
V	Arenito	210
VI	Folhelho	60
S	Diabásio	150

Tabela 2: Valores de densidade e velocidade usados para gerar o modelo geofísico da Bacia do Solimões.

UNIDADE	LITOLOGIA		VELOCIDADE P (m/s)	VELOCIDADE S (m/s)	DENSIDADE
I	Argilito		1750	720	2,10
II	Arenito		2300	1150	2,20
III	Siltito	a	3750	2165	2,67
		b	3850	2223	
IV	SEQUENCIA EVAPORITICA	Halita	4000	2309	2,04
		Calcário	a2	5300	2,71
		Folhelho	a3	5500	2,68
		Folhelho	b	5450	
		Anidrita	c1	5600	2,98
		Calcário	c2	5400	2,71
		Folhelho	c3	5200	2,68
		Anidrita	d1	5600	2,98
		Folhelho	d2	5400	2,68
		Anidrita	d3	5200	2,98
V	Arenito	a	4850	2800	2,64
		b	4650	2685	2,55
VI	Folhelho		5100	2944	2,68
EMB			5250	3031	2,60
S	Diabásio	S0	5900	3406	2,75
		S1	6150	3551	2,96
		S2			
		S3			



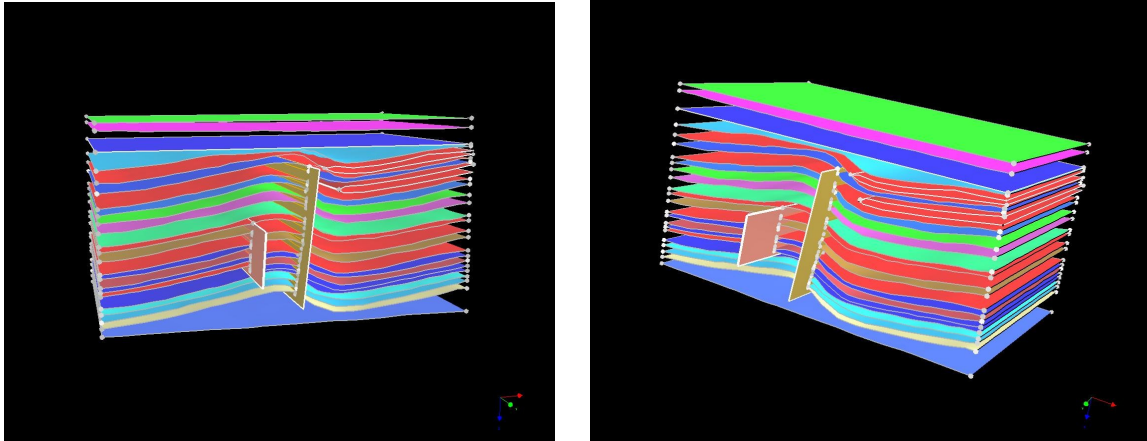


Figura 14: Diversas perspectivas de visualização do modelo estrutural de uma área de interesse da Bacia do Solimões. Este modelo apresenta horizontes interrompidos por duas falhas do tipo reversas e por soleiras de diabásio.

A partir do modelo estrutural, utilizando os horizontes e as falhas foi possível a construção do modelo estratigráfico e modelo de velocidades (Figuras 15,16).

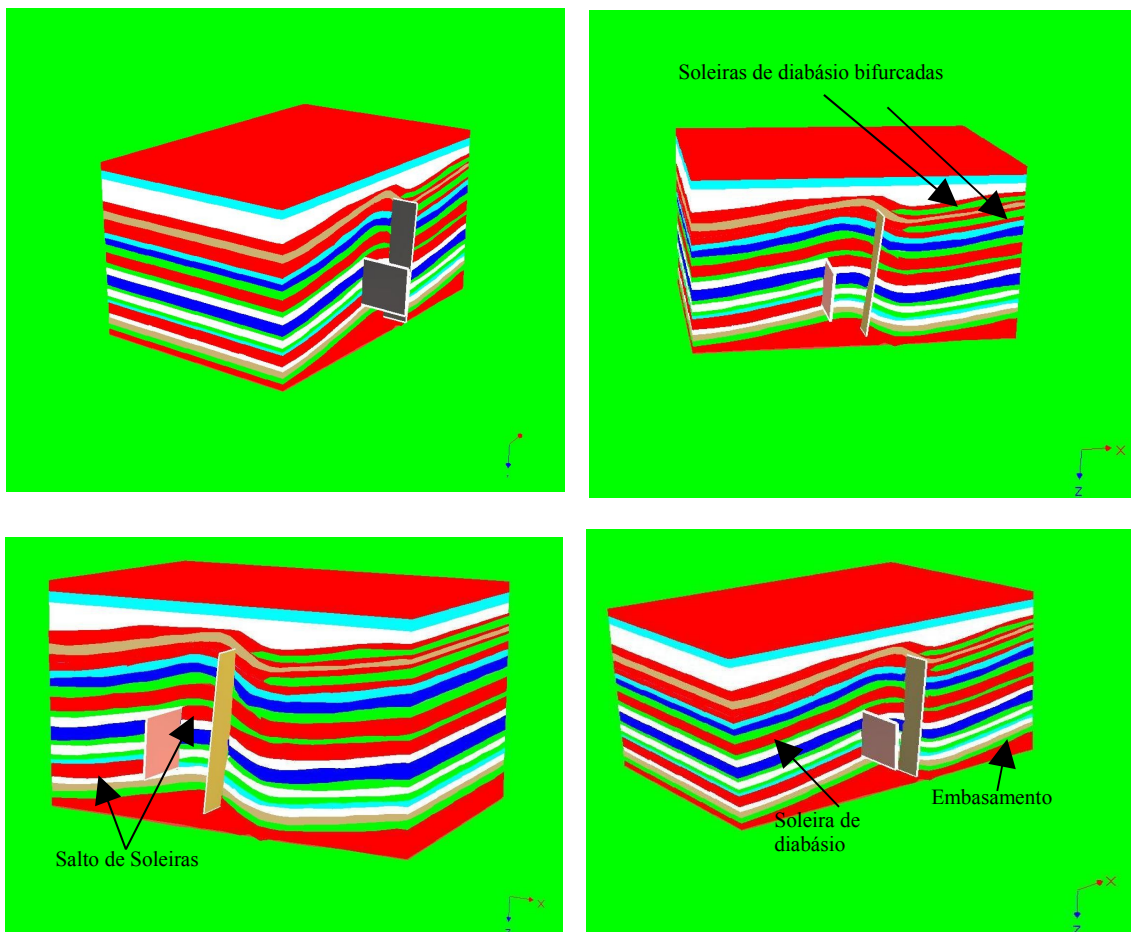
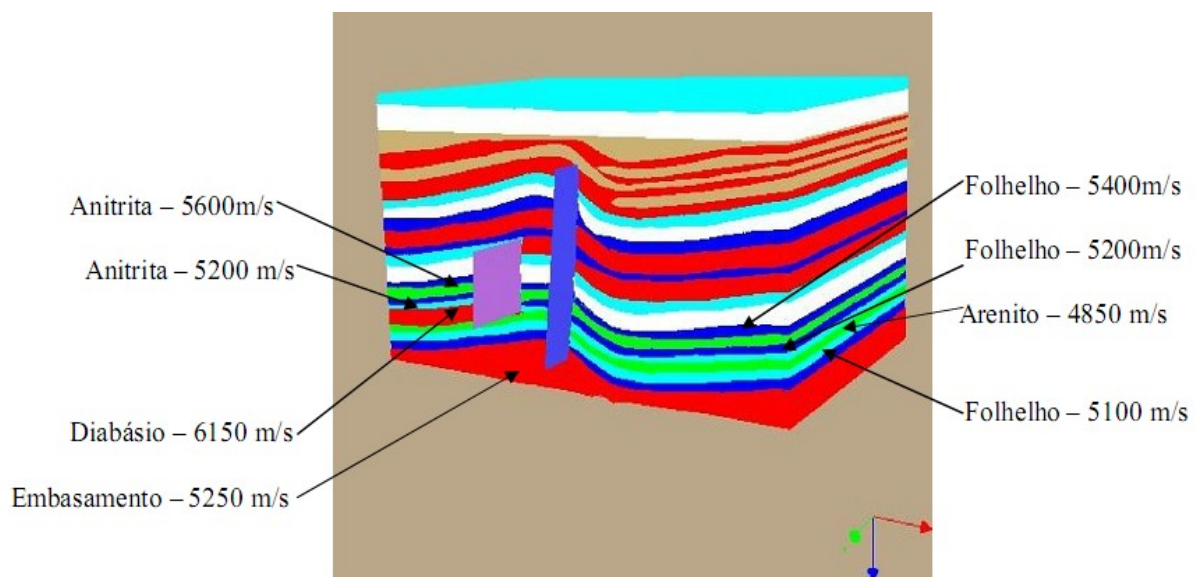
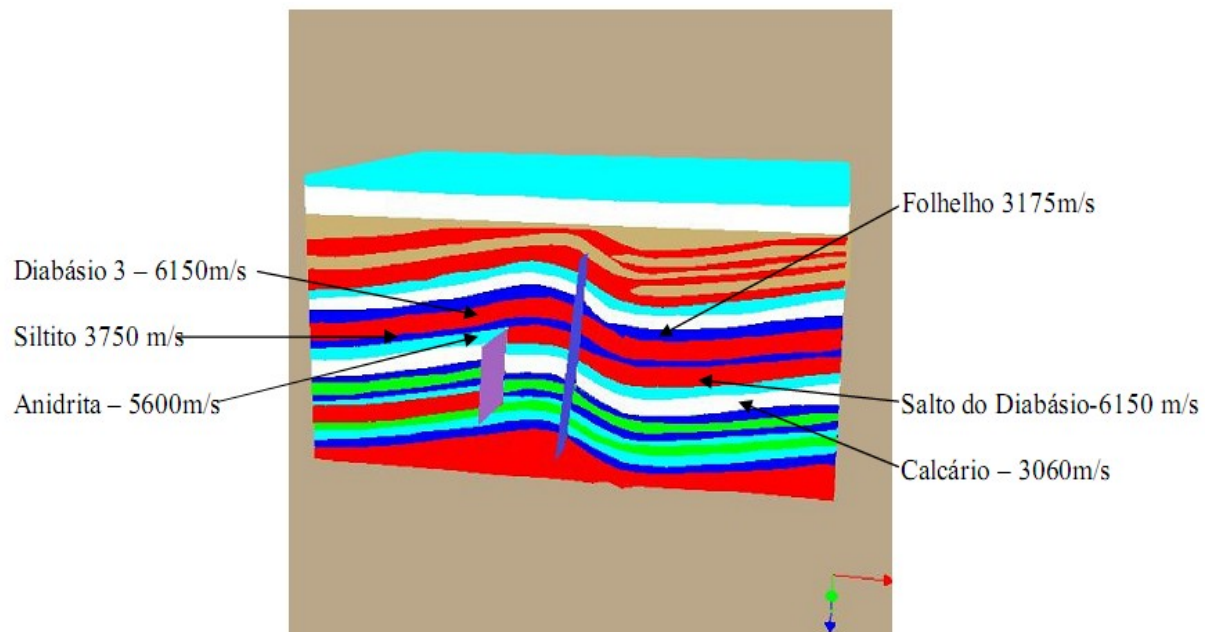
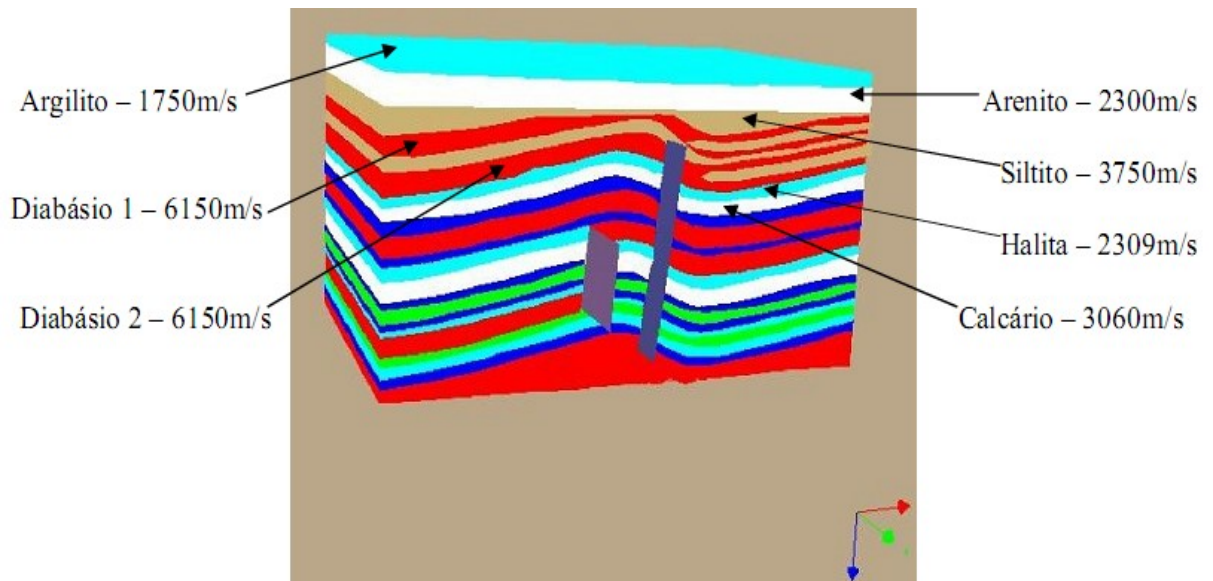


Figura 15: Visualização do modelo estratigráfico, com destaque para a ocorrência das soleiras bifurcadas, saltos de soleira e embasamento.



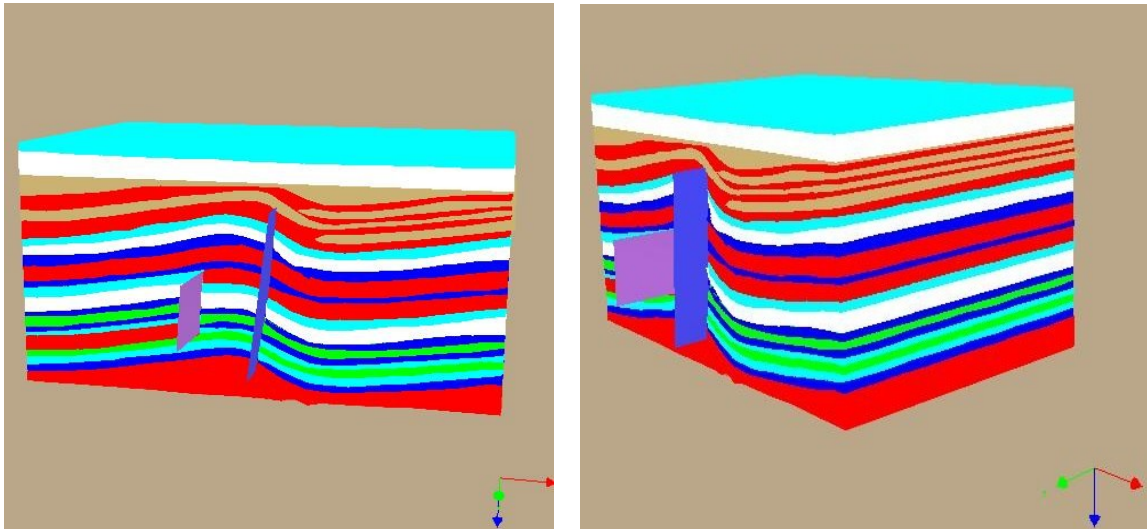


Figura 16: Visualização do modelo de velocidade gerado a partir do modelo estratigráfico; com destaque para suas respectivas litologias e velocidades, melhorando a visualização e conseqüente interpretação do comportamento das soleiras de diabásio.

As terminações de soleiras e o tipo de rocha que elas intrudem, tem uma importância significativa na análise de uma bacia com interesse para petróleo, pois as terminações de soleiras podem formar uma trapa.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foram apresentados os resultados da modelagem de estruturas complexas de uma determinada área de interesse da Bacia do Solimões; (província de São Mateus), onde os modelos gerados foram o geológico (estrutural e estratigráfico) e o modelo geofísico (modelo de velocidade).

Os modelos geológicos e geofísicos construídos permitiram uma melhor visualização das quatro soleiras de diabásio, sendo que as duas primeiras que se encontram mais próximas das superfícies são do tipo bifurcadas e as últimas soleiras, que estão mais profundas encontram-se bifurcadas.

Estes resultados contribuem para uma melhor compreensão e resolução dos problemas relacionados à presença destes tipos de estruturas (soleiras de diabásio) tão comuns nas Bacias Paleozóicas brasileiras. Desta maneira podendo ajudar a diminuir os riscos e na tomada de decisões nas diversas fases da exploração petrolífera; pois há possibilidade de se dimensionar as espessuras das soleiras, o tamanho dos saltos e o seu posicionamento entre os pacotes de rochas sedimentares.

Estes modelos podem ser usados para testar as diversas técnicas de imageamento sísmico e para verificar a efetividade da iluminação destas estruturas geológicas complexas existentes na região Amazônica.

O modelo de velocidade pode ser usado para melhorar a qualidade do imageamento sísmico, pode servir como dado de entrada na migração e em profundidade

A partir desse modelo podem-se criar outros modelos de velocidade como o de velocidade média, velocidade intervalar ou o de velocidade RMS (root-mean-squar). Assim como foi obtido um resultado satisfatório a partir de dados sintéticos é importante frisar que podemos obter tal relação com a aplicação de dados reais.

REFERÊNCIAS

ANDRÉINI, J.-C., BARD, E., BAUQUIS, P.-R., BÉRAUD, J.-F., BITEAU, J.-J., BLAZY, P., CASES, J.-M., CHAUSSIDON, M., GIAFFERI, J.-L., MALLET, J.-L., MARCHAND, A., MARTY, B., MASSET, J.-M., POIRIER, J.-E., POINTET, T., RICOUR, J., SAMAMA, J.-C. and TISOT, J.-P. **Understanding the future. Geomodeling**: helping to make decisions. [S.l.; s.n.], 2008.

BASIRE, C. How Statoil uses gocad to improve deep marine deposit recognition from seismic data. In: GOCAD MEETING, 18th 1998, Annales. France, 1998.

BARATA, C. F.; CAPUTO, M. V. Histórico e perspectiva da Exploração de hidrocarbonetos na Bacia do Solimões. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 9., 2006, Belém. **Conhecer para desenvolver**: anais. Belém: SBG, 2006. 1CD-ROM.

BARATA, C. F. **Geologia do petróleo da Bacia do Solimões**. 2007. 91f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) -. Universidade Federal do Pará, Belém, (2007).

CAPUTO, M. V. **Stratigraphy, tectonics, paleoclimatology and paleogeography of Northern Brazil**. 1984. 583f. (PhD Thesis) - University of California. Santa Barbara, 1984.

CAPUTO, M. V.; SILVA, O. B. Sedimentação e tectônica da Bacia do Solimão. In: RAJA GABAGLIA, G.P.; MILANI, E.J. (Eds.) **Origem e evolução das bacias sedimentares**. Rio de Janeiro: Petróleo Brasileiro S.A., 1990. p. 169-193.

CAPUTO, M. V. Solimões megashear: Intraplace tectonics in Northeastern Brazil. **Geology**, p.146-299. 1991.

CHIRA, P., CRUZ, J. C. Ribeiro, MOURA, E. Melo, NEVES, H. D. and CARDOSO, M. da Silva. 3-D velocity and structural modeling of Brazilian Amazonas Paleozoic basin. In: GOCAD MEETING 28th, 2008, France. Annales. France, 2008).

EIRAS, J. F.; BECKER, C. R.; SOUZA, E. M.; GONZAGA, F. G.; DA SILVA, J. G. F.; DANIEL, L. M. F.; MATSUDA, N. S., FEIJÓ, F. J. Bacia do Solimões. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, v. 8, n. 1, p. 17-45. 1994.

EIRAS, J. F. Cenário Geológico nas bacias sedimentares no Brasil; tectônica, sedimentação e sistemas petrolíferos da Bacia do Solimões, estado do Amazonas. In: SEARCHING FOR OIL AND GAS IN THE LAND OF GIANTES BUENOS AIRES, 1996. **Anais...** Salvados: SBG, 1998, p. 50-53

EIRAS, J. F. Influência tectônica de Arco do Caruari na sedimentação fanerozóica da Bacia do Solimões, Norte do Brasil. In: CONG. BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 39., 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: SBG. 1996.p.50-53.

EIRAS, J. F.; WANDERLEY FILHO, J. R. **Ocorrências de petróleo relacionadas a rochas magmáticas fanerozóicas**. In: Simpósio sobre Vulcanismo e Ambientes Associados, 2, Belém. Boletim de resumos e roteiro de excursão. Belém: Núcleo PRONEX do Centro de Geociências da UFPA, 2002. p.54.

EULER, N., SWORD JR., Ch. H.; DULAC, J.C. **A new tool to seal a 3D Earth Model: a cut with constraints**. **SEG Expanded Abstracts**, 1999

EULER, N., SWORD JR., Ch. H., DULAC, J. C. A new tool to seal a 3D Earth Model: a cut with constraints. In: SEG, 1998, **Expanded Abstracts**, [S.I.; SN], 1998.

FRANK, T., TERTOIS, A.L.; MALLET, J.L. Implicit Reconstruction of Complex Geological Surfaces. 25th GOCAD Meeting (France) 2005.

GOCAD, **Gocad 2.5.2. user's guide**.. GOCAD consortium, [S.I. sn], (France 2008).

KIDD, G. D.; MONTILLA, G. J.T. Practical volume visualization methods for imaging complex structures. In: Eighth International Congress of the Brazilian Geophysical Society, 8., 2003, North Eastern Venezuela.

LECOUR, M., Audinet, C., Thore, P., Dulac, J.-C. and Cognot, R., 2000. **20th GOCAD Meeting** (France).

NAZARÉ, C. P. P. et al. Aplicação dos métodos PMC e SRC em dados sísmicos sintéticos de um modelo representativo da Bacia do Solimões, Região Amazônica, Brasil. In: 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Expanded abstracts. Salvador: SBGf, 2005. CD-ROM.

NAZARÉ, C. P. P. **Processamento sísmico CMP e CRS de dados sintéticos acústicos e elásticos representativos das bacias paleozóicas da região Amazônica**. 2007. 101f Curso de Pós-Graduação em Geofísica. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará, Belém, (2007).

SOARES, P. da T., MIGEL SOBRINHO, M. K., SILVA, L. M. da Costa e, NAZARÉ, C. P. P.. **Comparação entre respostas magnetotelúricas e sísmicas obtidas por meio da modelagem de soleiras de diabásio bifurcadas e saltadas da província de São Mateus na Bacia do Solimões/Am**. 10th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Expanded Abstracts. 2007.

WANDERLEY FILHO, J. R., TRAVASSOS, W. A. S. **O Substrato Sísmico da Bacia do Solimões e sua correlação com as Rochas Proterozóicas do Craton Amazônico**. III Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém-Pará. 2008

TEIXEIRA, L. B. **Evidências geofísicas de riftes percursores nas Bacias paleozóicas do Amazonas, Paraná, Parecis, Parnaíba, Solimões e Alto Amazonas**. In: MELO, J.H.G.; TERRA, G.J.S. (Eds). Correlação de sequência paleozóicas Sul-Americanas. Rio de Janeiro: CENPES. 2001. 1 CD-ROM.

MOURA, E.C.M. **Modelagem Sísmica 3-D: Exemplo da Bacia do Amazonas**. 2008. 30f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Geofísica) Universidade Federal do Pará, Belém, (2008).

NASCIMENTO, E. P.. **Modelagem 3-D de estruturas geológicas complexas**. 2009. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geofísica). Universidade Federal do Pará, Belém, (2009).

WANDERLEY FILHO, J. R., TRAVASSOS, W. A. S., ALVES, D. B.. **O diabásio nas bacias paleozóicas amazônicas- herói ou vilão?** Boletim Geociências da Petrobrás, V. 14, n. 01, p. 177-184, nov./ 2005 – maio/2006.

CASTRO, A. B.; CUPERTINO, D. F.; REIS BARBOSA, H. C.; NARDI DIAS, K. D. e PECCINI, T. L.. **Geologia estrutural, tectônica e sedimentação das bacias intracratônicas: Solimões, Amazonas, Parnaíba e Paraná**. Curso de Especialização em projeto de análise de bacias. Módulo Geologia do Petróleo. Rio de Janeiro, (Brasil 2007).

MALLET, J.-L. Geomodeling: helping to make decisions. In: ANDRÉINI, J.-C., BARD, E., BAUQUIS, P.-R., BÉRAUD, J.-F., BITEAU, J.-J., BLAZY, P., CASES, J.-M., CHAUSSIDON, M., GIAFFERI, J.-L., MALLET, J.-L., MARCHAND, A., MARTY, B., MASSET, J.-M., POIRIER, J.-E., POINTET, T., RICOUR, J., SAMAMA, J.-C. TISOT, J.-P. **Understanding the future**. [S.l.: s.n.], 2008.