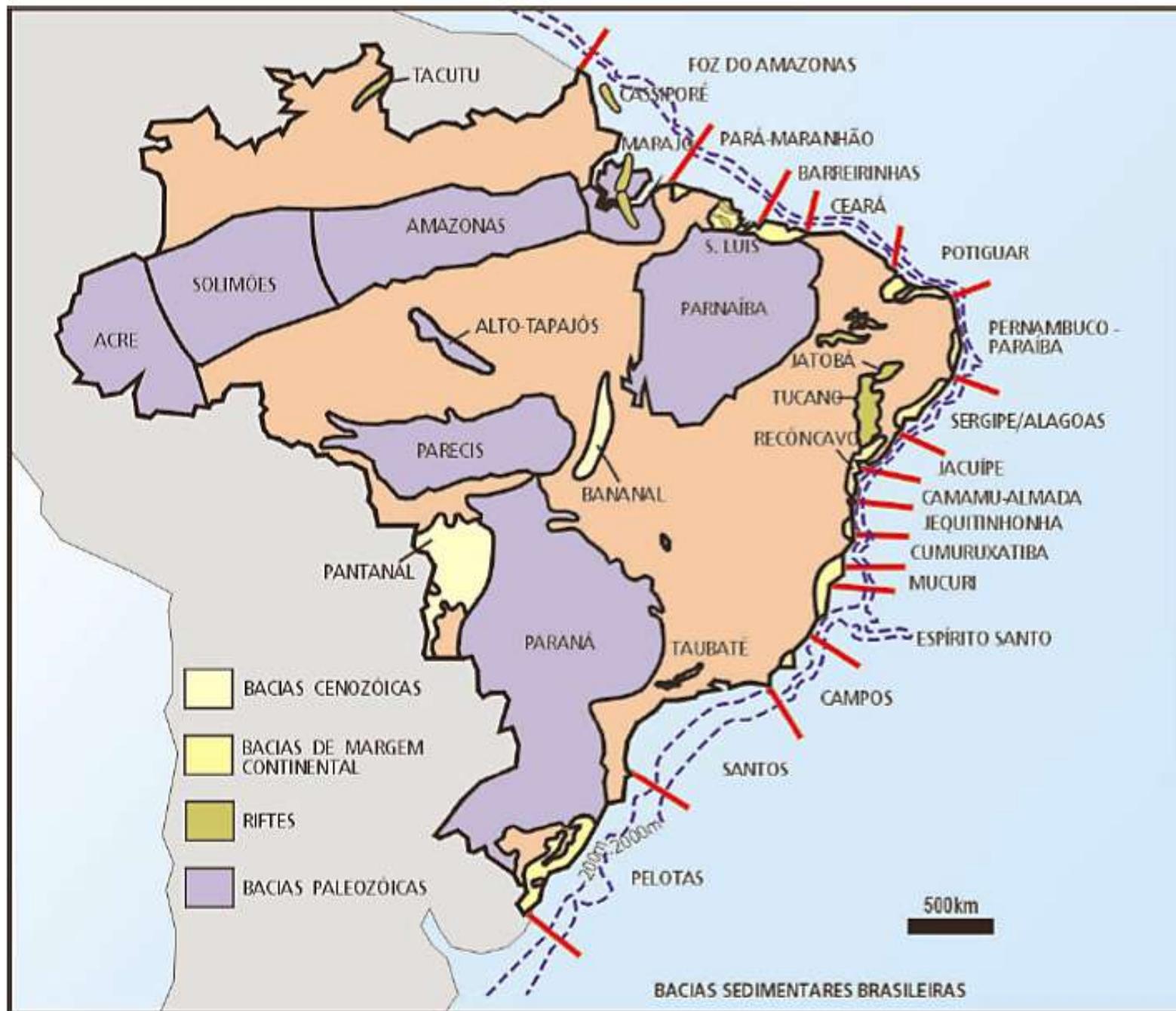


Estratigrafia das bacias costeiras do sul e sudeste do Brasil

Antonio Liccardo

ESCOPO

- As Bacias Sedimentares Brasileiras
- As bacias costeiras do Sul e Sudeste
- Importância econômica e disponibilidade de dados
- Descrição litoestratigráfica das Bacias Costeiras
- Contexto paleogeográfico
- A evolução cronolitoestratigráfica das bacias costeiras
- Bacias de Pelotas, Santos, Campos e Espírito Santo-Mucuri
- Estratigrafia, sistemas deposicionais, estruturação e sistemas petrolíferos associados
- Correlação e comparativo entre as quatro bacias
- Perspectivas
- Fator econômico - aumento do conhecimento geológico nestas bacias
- Conhecimento geológico como fator de desenvolvimento nacional



- Importância econômica das bacias sedimentares

- Distribuição das Bacias Sedimentares Brasileiras

TERRESTRES

- Bacias Paleozóicas: dados da década de 70 e 80
- Bacias Rift: Reconcavo, Jatobá

COSTEIRAS

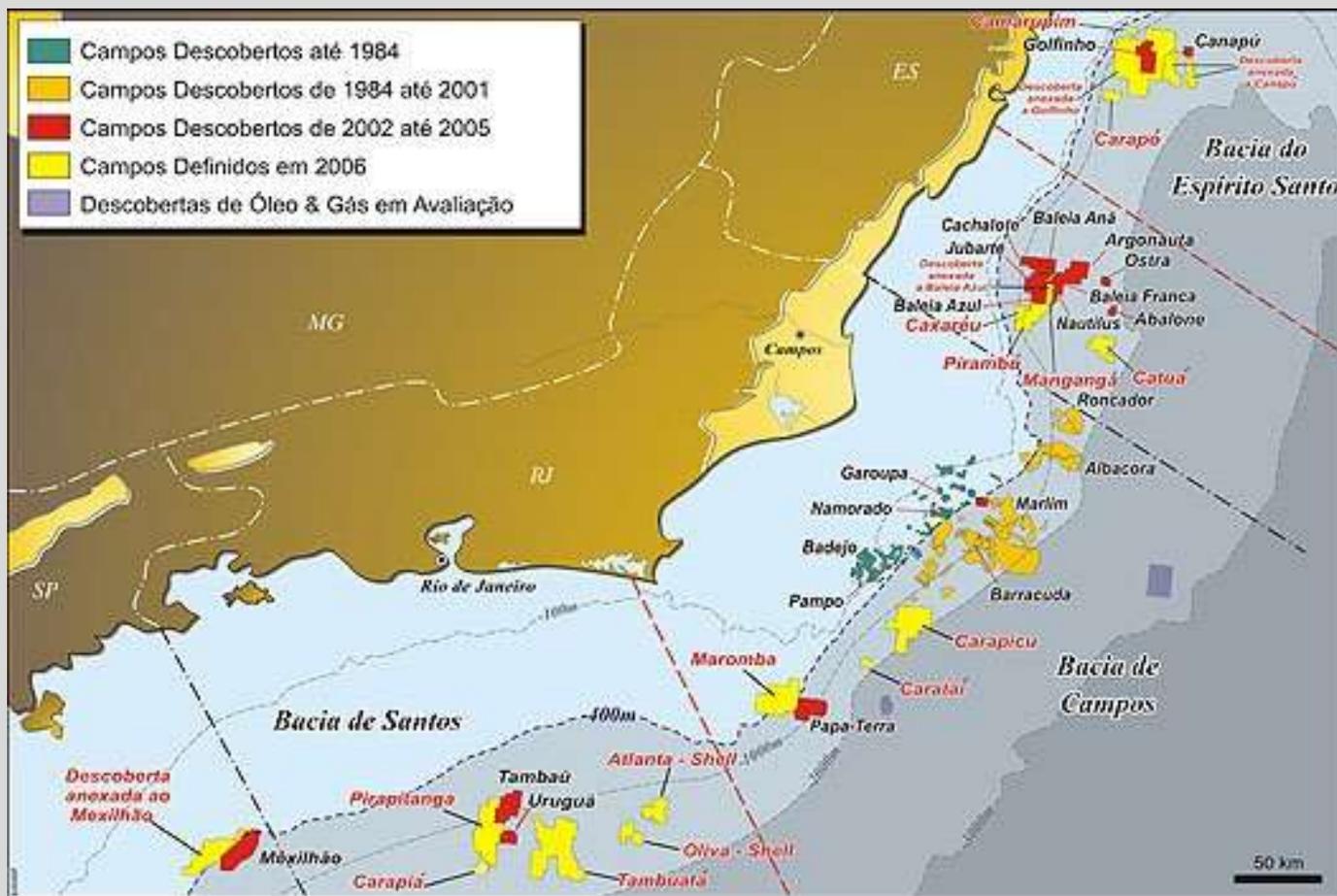
- Elevado potencial para petróleo
- Identificação de grandes campos petrolíferos
- Grande volume de dados e informações a partir da década de 80
- Amplo conhecimento da estratigrafia, sistemas deposicionais, estruturação e sistemas petrolíferos associados



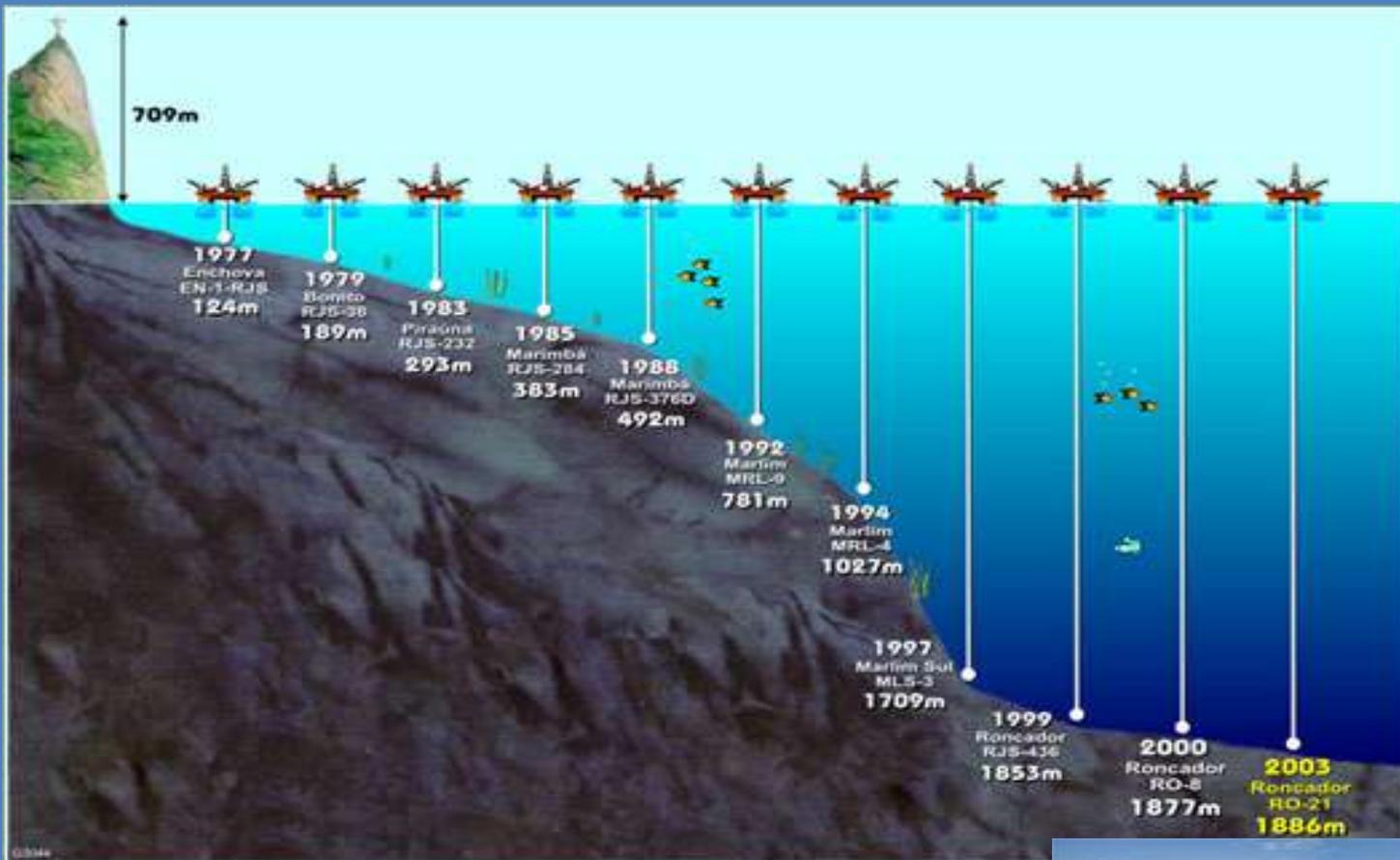
Panorama



Plataforma de exploração de petróleo e gás da Petrobrás



Início da exploração de petróleo em meados da década de 70, depois da primeira crise mundial



Petrobrás desenvolve tecnologia de exploração em águas profundas, gerando evolução no conhecimento geológico das bacias costeiras

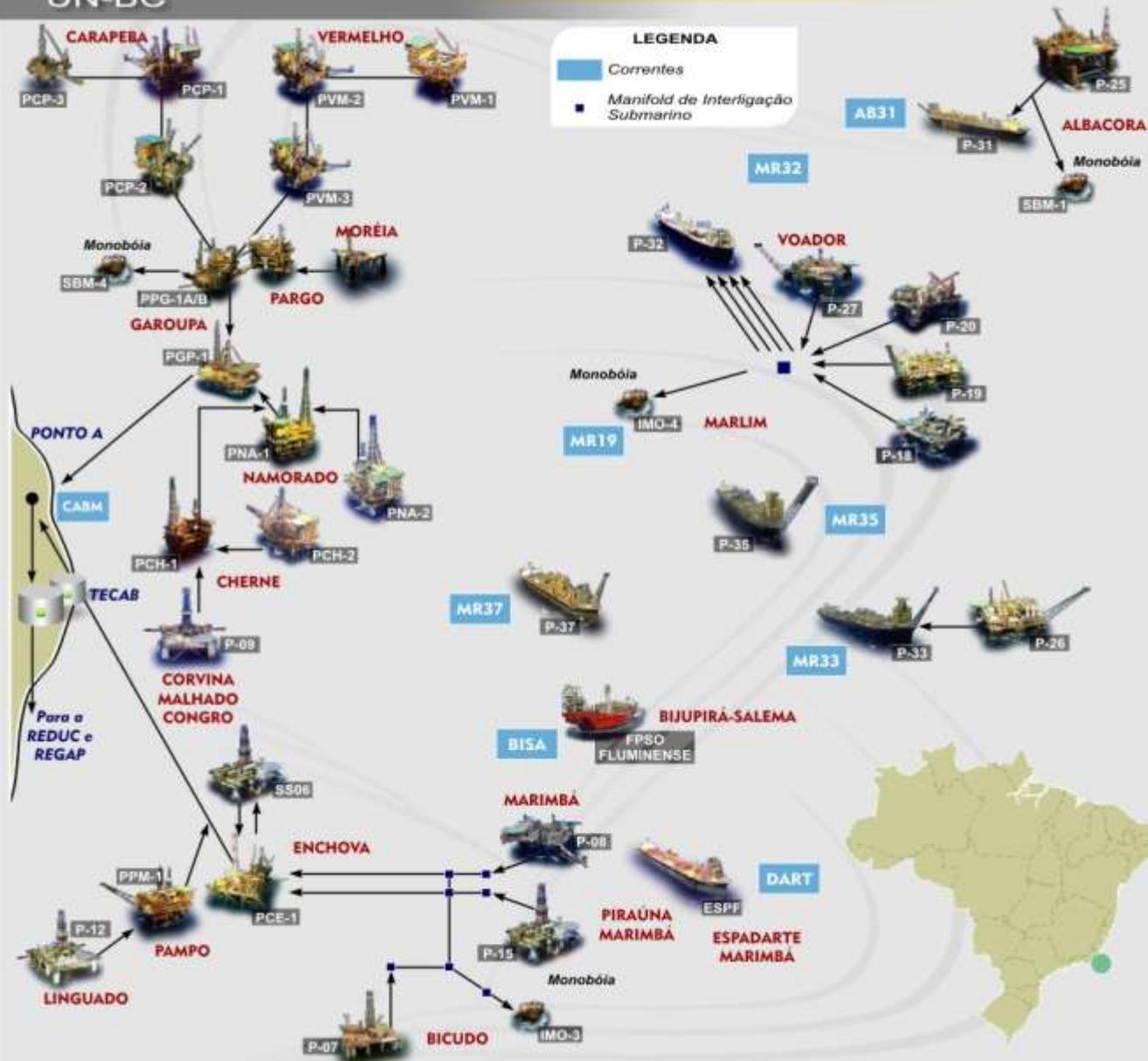




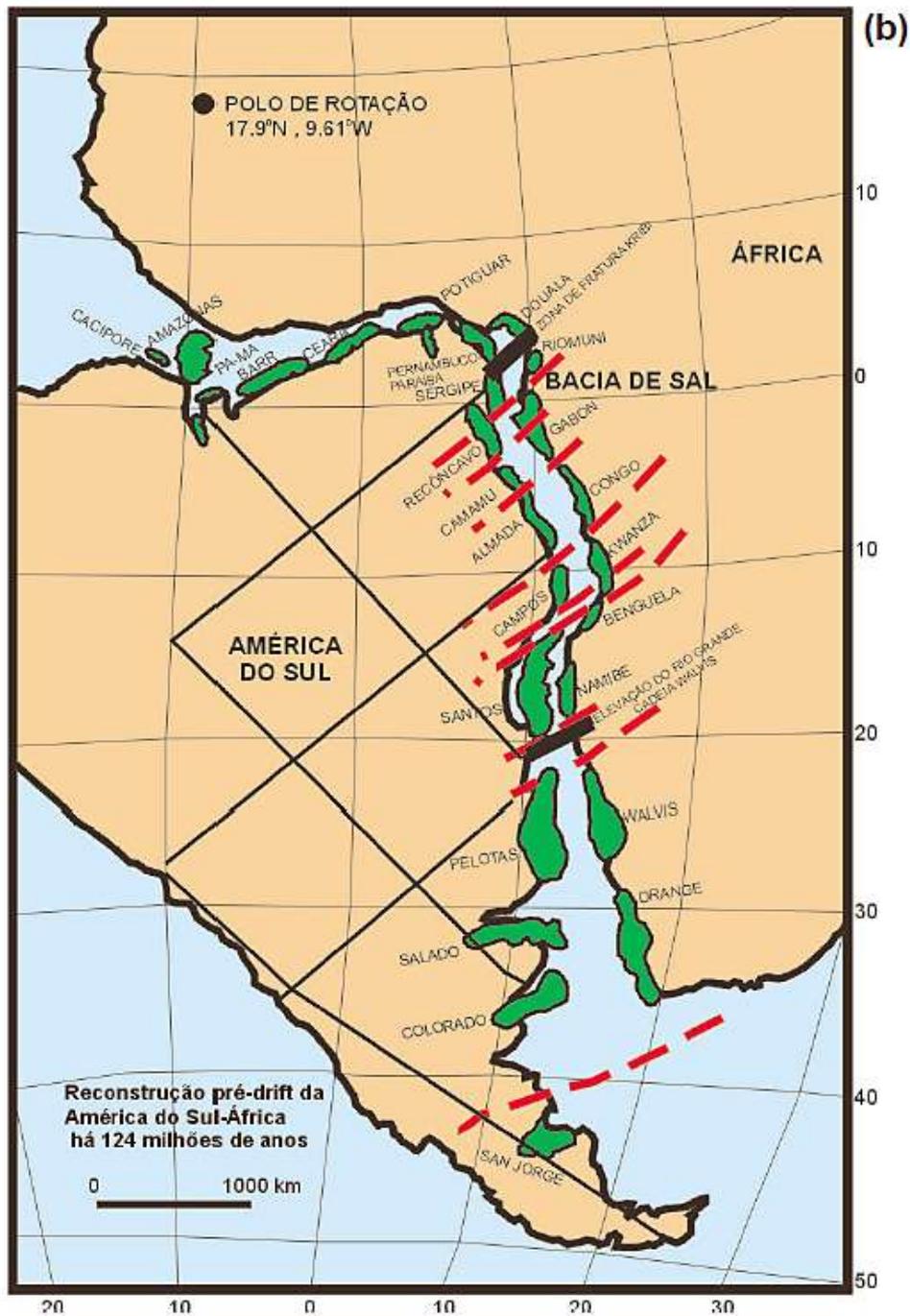
Pré-sal

Campos de Tupi e Júpiter na Bacia de Santos
Início da produção de petróleo e gás em 2009
Maior reserva do país – 50 – 60% das reservas

E&P UN-BC

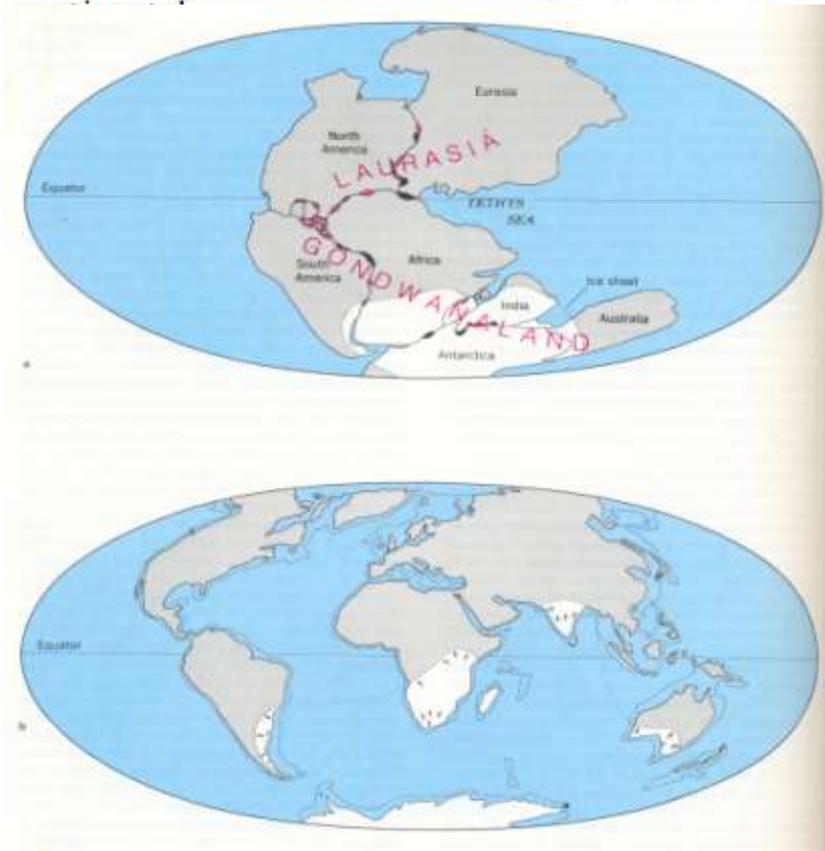


Atividades de extração de petróleo e gás na Bacia de Campos

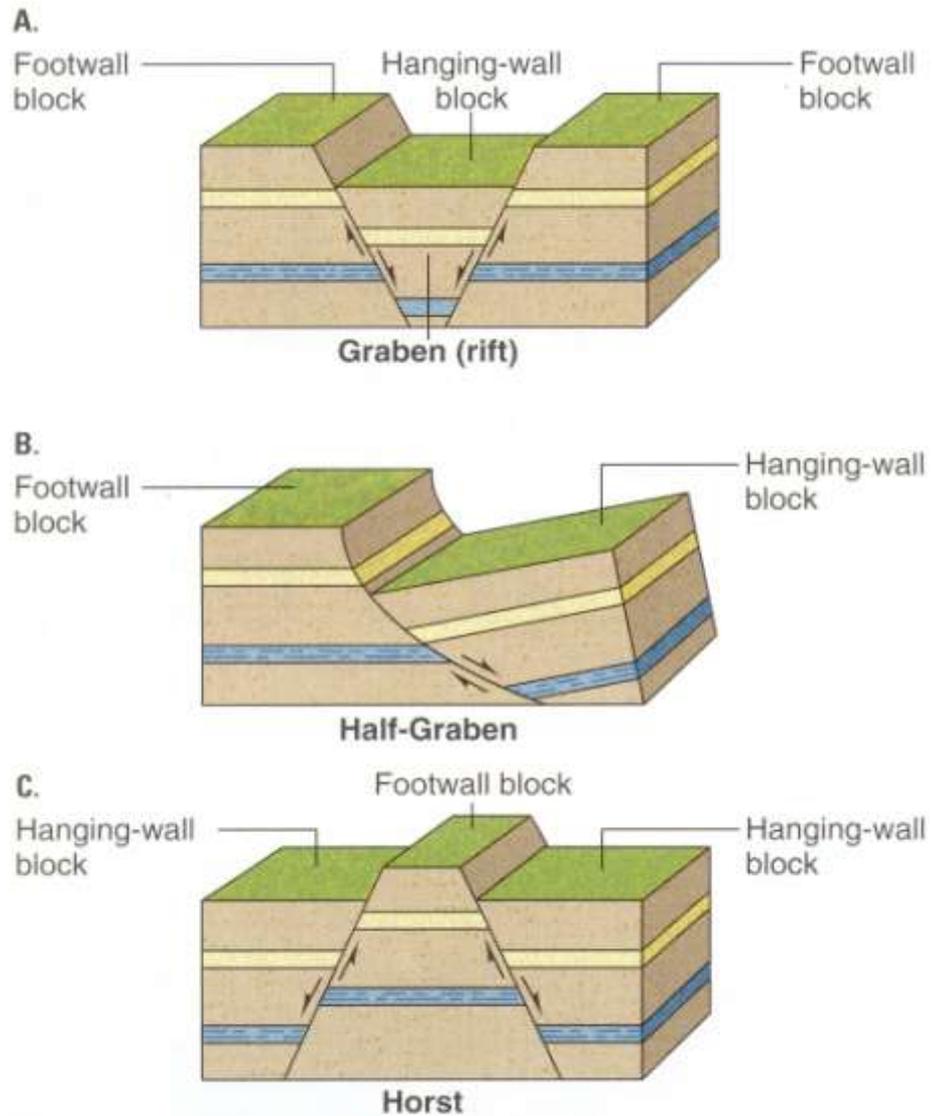


(b)

Figura III.2 – Mapa de localização do Atlântico Sul. (a) Mapa geomorfológico do Oceano Atlântico, ilustrando principais feições tectônicas. (b) Reconstrução tectônica das bacias sedimentares na configuração pré-deriva

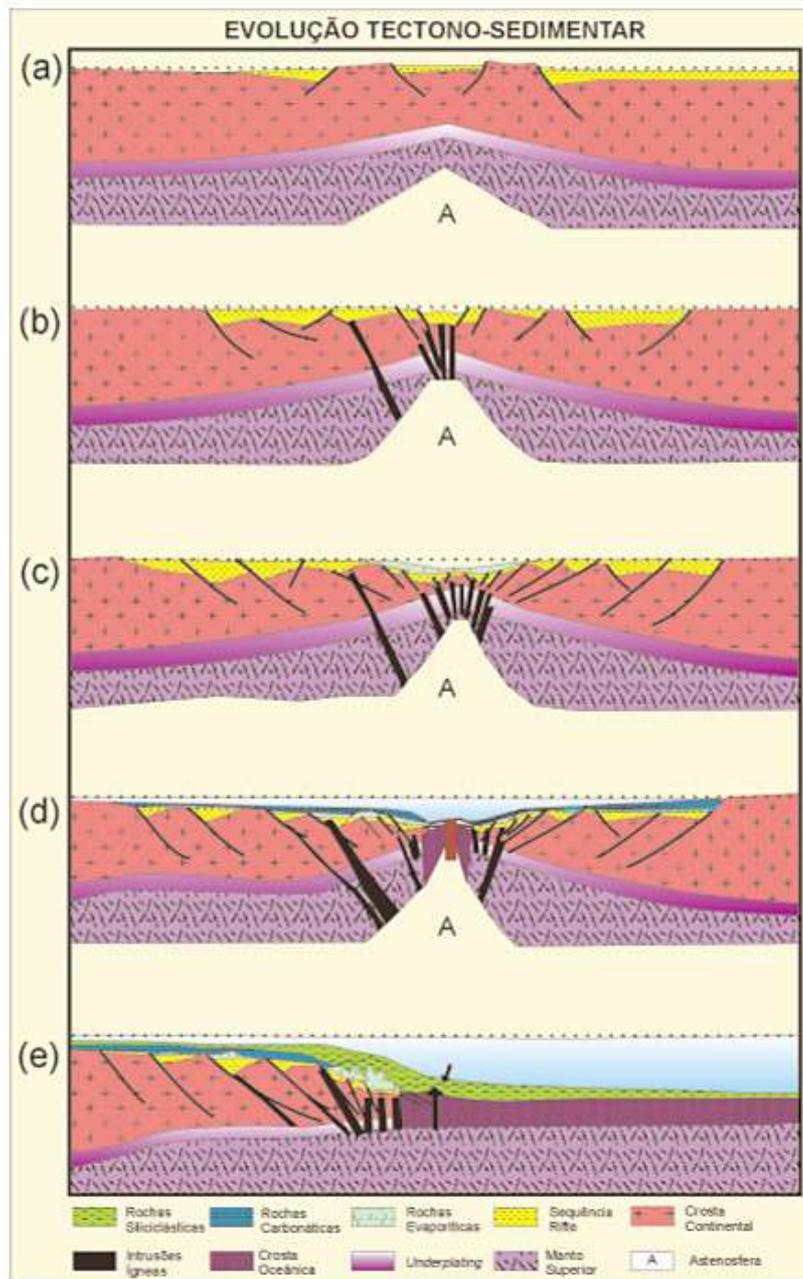


Margens transformantes e distensivas - latitudes



Falhamentos conforme regime compressional ou distensional

Figure 9.14 Horsts and Grabens Horsts and grabens form when tensional stresses produce normal faults.



Primeiros falhamentos e estiramento crustal



Fase rift I - Início rifteamento e magmatismo



Fase rift II – início formação oceano



Início da deriva continental - drift



Margem passiva

Separação do Gondwana

Figura III.7 – Modelo geodinâmico esquemático da margem continental divergente

Figure III.7 – Schematic geodynamic model of the divergent continental margin

Modelo estratigráfico geral para as bacias costeiras do Brasil

Megasseqüências relacionadas à evolução do Oceano Atlântico

- 1 – continental
- 2 – evaporítica-transicional
- 3 – plataforma carbonática rasa
- 4 – transgressiva marinha
- 5 – regressiva marinha

1 – continental

- Seqüência sin-rift I
 - Jurássico tardio - Depósitos eólicos e leques aluviais – pouco falhamento
- Seqüência sin-rift II
 - Cretáceo inferior - Depósitos eólicos e leques aluviais – geração de meio-grábens com rápida subsidência
 - Magmatismo ativo – basalto, vulcanoclastos e rochas sedimentares
 - Vulcanismo sub-aquoso
 - Rochas lacustres com clásticos vulcânicos – lagos salinos e alcalinos
- Seqüência sin-rift III
 - Barremiano – camadas de coquinas de grande extensão
 - Calcarenitos e calciruditos
 - Ambiente tipo playa lake com clima árido – leques aluviais
 - Folhelhos com matéria orgânica

2 – transicional evaporítica

- Aptiano – sedimentos típicos transicionais continentais-marinhos
- Deposição sobre discordância pós-rift
- Conglomerados e arenitos pobremente selecionados
- Formação de mar evaporítico ao norte da Bacia de Pelotas
- Espessura original – 2.000m de sal no depocentro
- Silvinita e halita

3 – carbonática de plataforma rasa

- Albiano – deposição de carbonatos
- Abertura gradual da estreita passagem marinha
- Calcários de água rasa – oncolitos, pelotas, oolitos e bioclastos
- Intercalação com sistemas “fan-delta”
- Rampa carbonática típica deformada pela halocinese

4 – marinha transgressiva

- Final do Albiano – calcilutitos, margas e folhelhos
- Ambiente torna-se gradativamente mais profundo
- Foraminíferos plantônicos
- Cenomaniano-Turoniano – bacia com 200-300m – evento anóxico importante
- Sedimentação turbidítica profunda

5 – marinha regressiva

- Mudança de regime transgressivo-regressivo de idade variada
- Sistemas deposicionais sincrônicos
- fan-delta, flúvio-deltaico, plataforma terrígena e carbonática, talude e bacia
- Bacias do sul – sistemas siliciclásticos
- Abaixamento do nível do mar
- Leques turbidíticos rasos

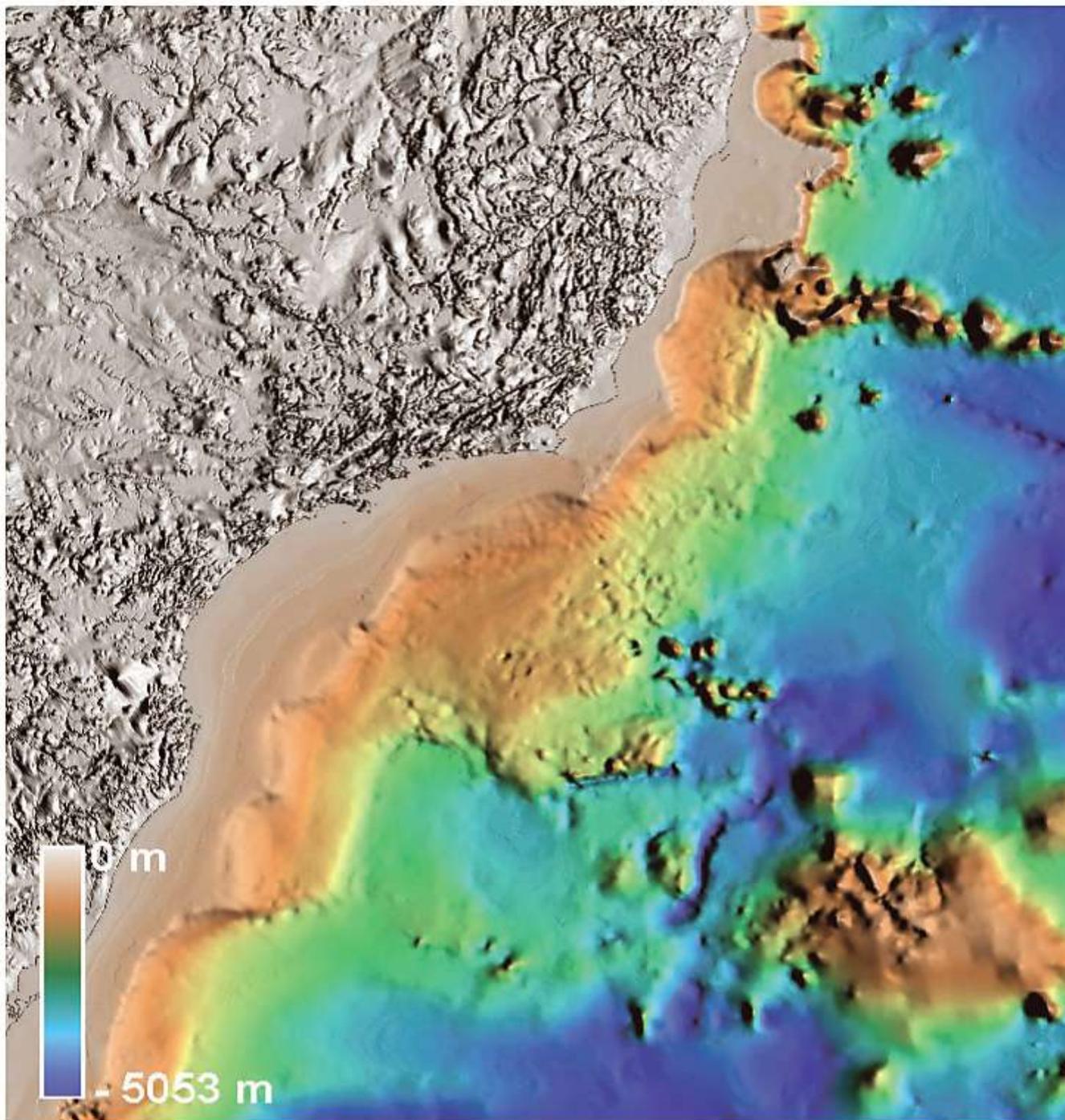


Figura III.5 – Mapa topográfico-batimétrico com principais feições geomorfológicas da região sudeste brasileira

Figure III.5 – Topographic-bathymetric map with main geomorphological features of the southeastern Brazilian region

Estratigrafia

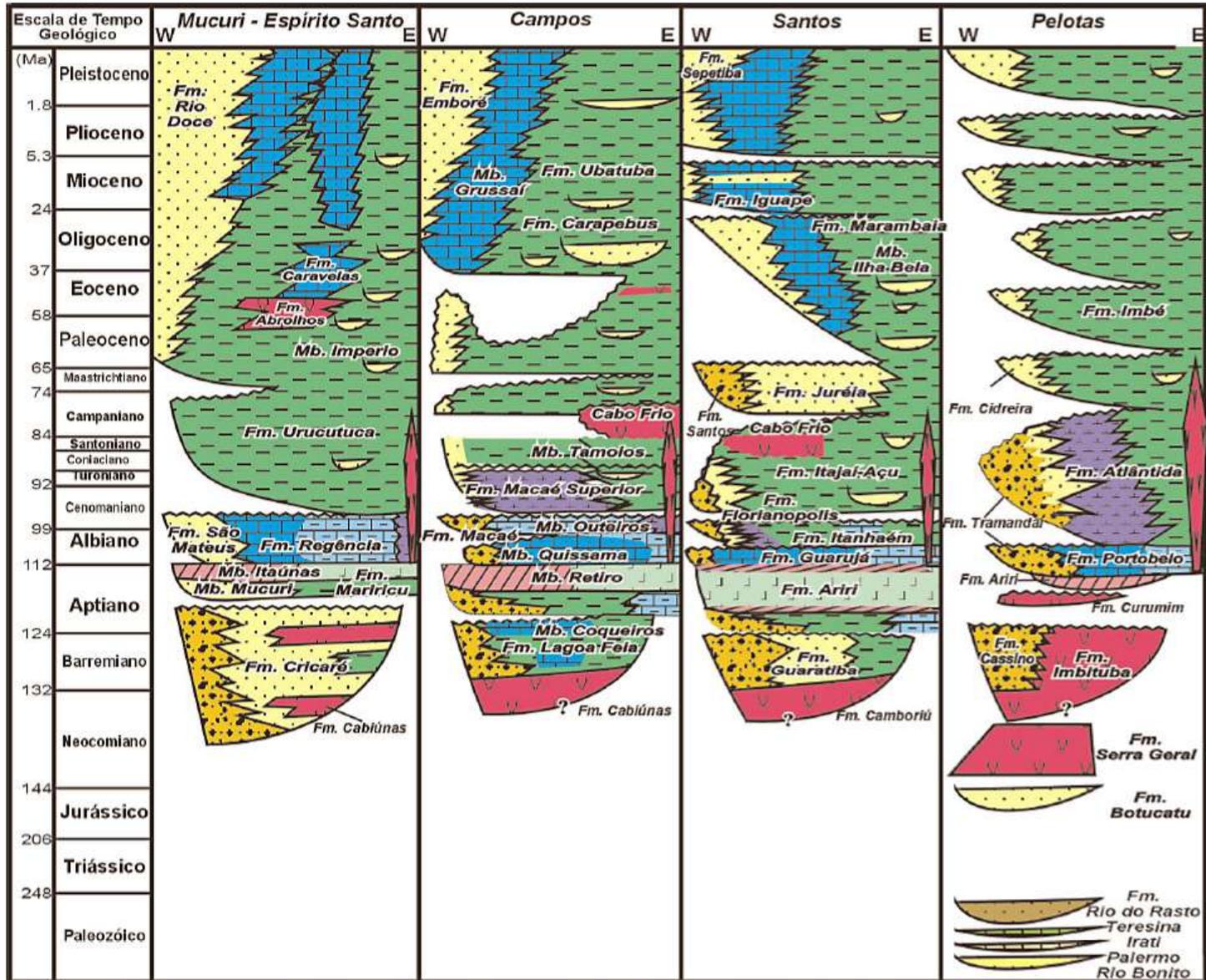


Figura III.26 – Colunas estratigráficas das bacias sedimentares da margem sudeste e sul brasileira

Figure III.26 – Stratigraphic columns of the sedimentary basins along the southeastern and southern Brazilian margin

A **Bacia de Pelotas** ocupa cerca de 200.000 km² na região costeira e marítima do Estado do Rio Grande do Sul, dos quais 40.000 km² na área emersa.

Limite sul - Zona de Fratura do Chuy

Limite norte - Plataforma de Florianópolis e a Dorsal de São Paulo

Em sua porção em terra, a Bacia de Pelotas inclui um pacote de rochas sedimentares siliciclásticas de idade terciária com até 1.800 m de espessura

O pacote sedimentar que preenche a Bacia de Pelotas assenta diretamente sobre o embasamento cristalino ou sobre seqüências paleozóicas equivalentes às da Bacia do Paraná.

A fase rift ocorreu durante o Neocomiano e houve acumulação de rochas siliciclásticas grossas associadas a fluxos basálticos

No domínio de águas rasas os meio-grábens são controlados por falhas antitéticas de alto ângulo.

Os basaltos da Formação Imbituba, tem uma idade que se aproxima à do final do episódio magmático Serra Geral.

Esta relação cronológica parece indicar um importante deslocamento do centro magmático, do interior da placa para sua margem nascente.

Elovação tectono-sedimentar da Bacia de Pelotas

Pré-rift:

- Paleozóico da Bacia do Paraná

Rift:

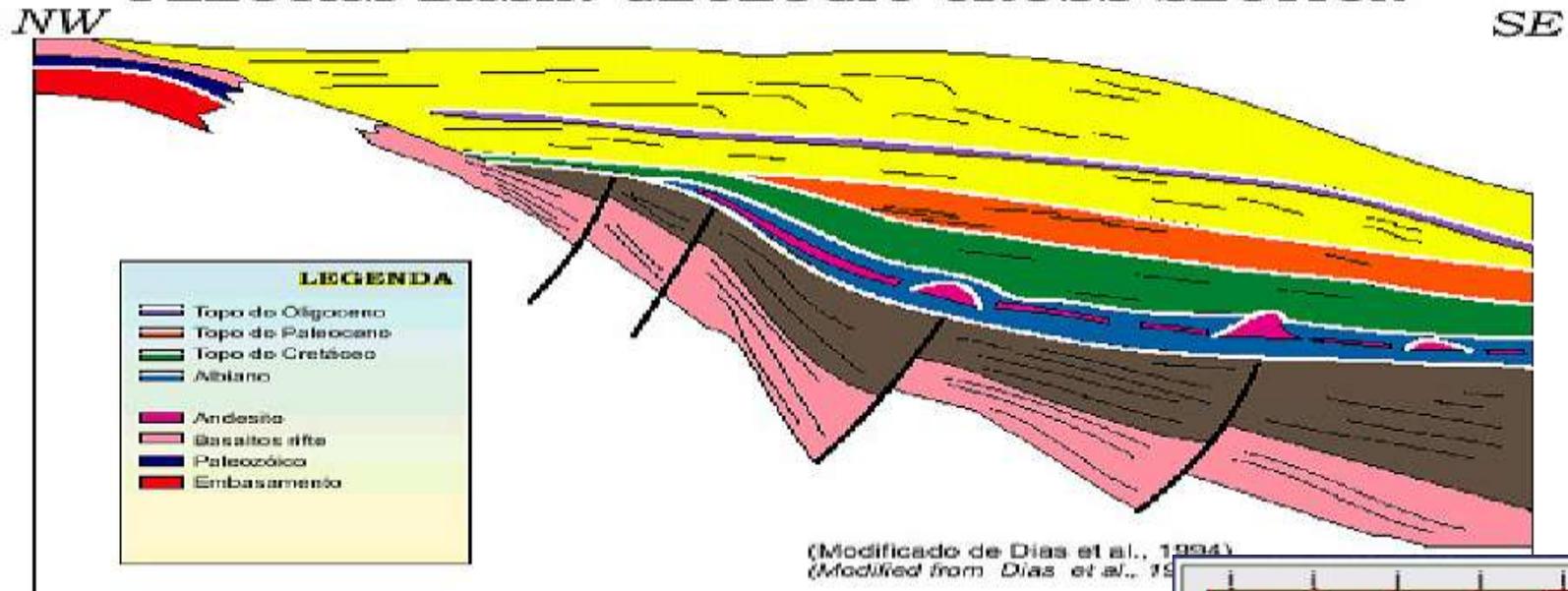
- Basaltos do Neocomiano
- Seqüência do Barremiano
- Sistema de grandes falhas antitéticas

Pós-rift:

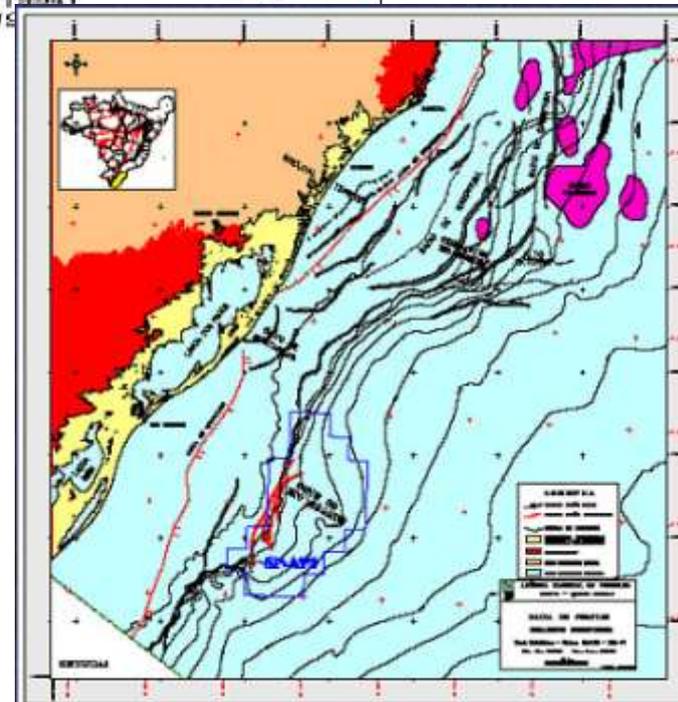
- Aptiano ao Recente
- Tectônica adiastrófica pouco desenvolvida (ausência de evaporitos do Aptiano-Albiano)
- Mioceno - Cone do Rio Grande (Fm. Imbé)

SEÇÃO GEOLÓGICA DA BACIA DE PELOTAS

PELOTAS BASIN GEOLOGIC CROSS SECTION



O registro de seqüência evaporítica na Bacia de Pelotas é conhecido apenas na porção norte, sobre a Plataforma de Florianópolis (anidrita e carbonatos) com 50 m de espessura. No geral a bacia é monótona relativa às outras.



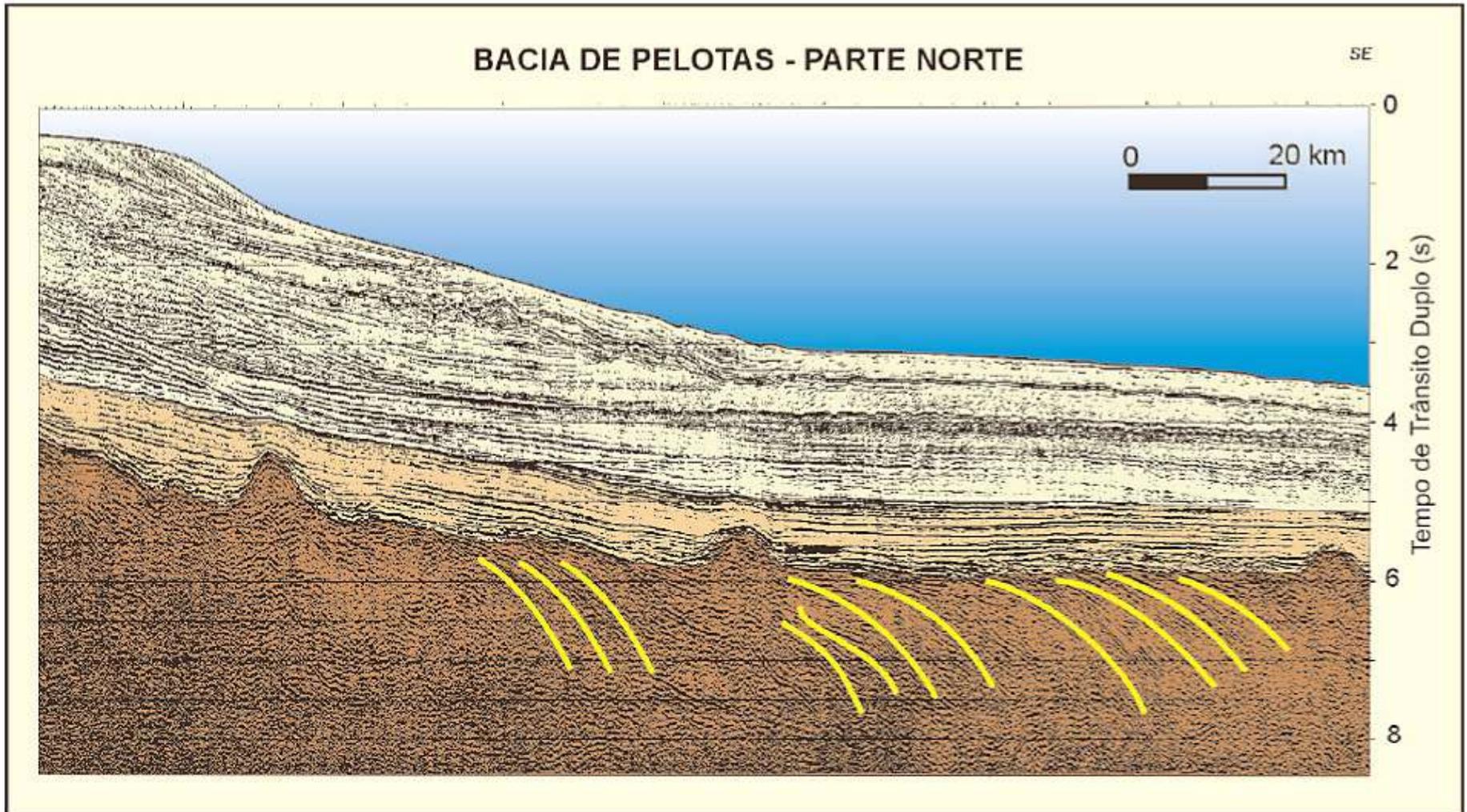
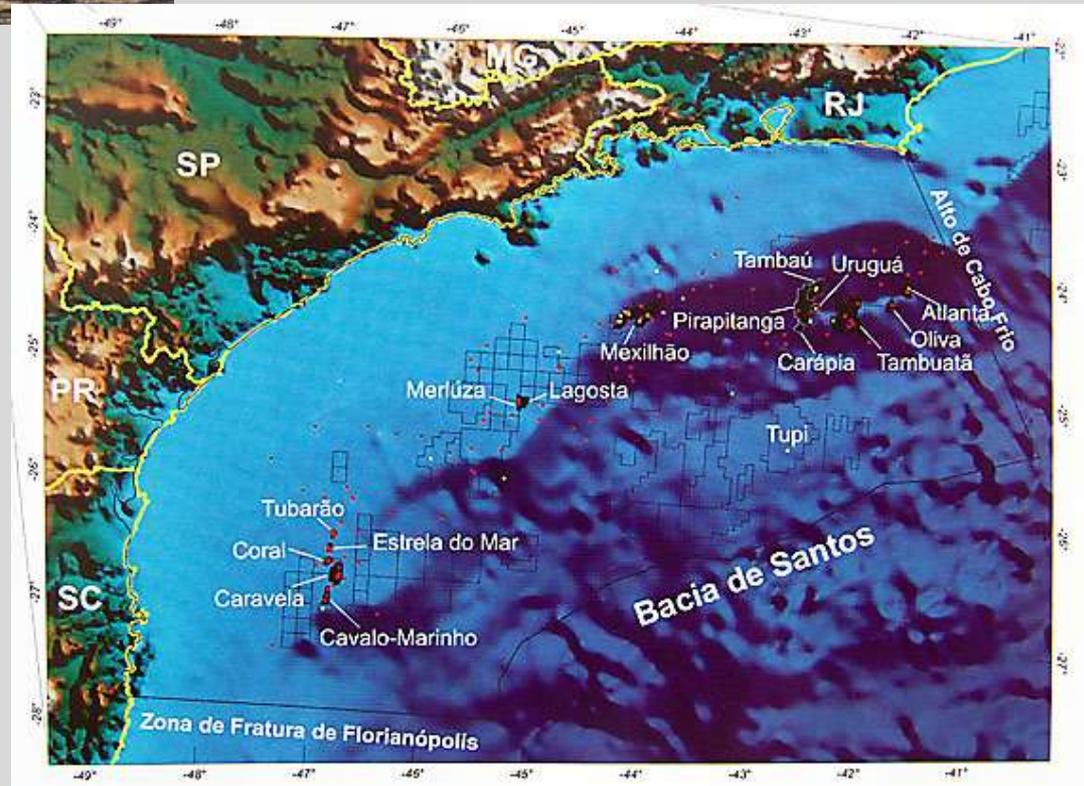


Figura III.66 – Seção sísmica na Bacia de Pelotas (parte norte), mostrando feições interpretadas como cunhas de refletores mergulhantes para o mar (SDR) relacionadas à formação de crosta proto-oceânica

Figure III.66 – Seismic section in the Pelotas Basin, showing features interpreted as seaward-dipping wedges (SDR) related to the inception of proto-oceanic crust



Bacia de Santos



A **Bacia de Santos** é uma vasta porção da margem leste, com orientação geral SW-NE e geometria côncava, abrangendo cerca de 200.000 km² do sudeste brasileiro.

Limite norte - Arco de Cabo Frio

Limite sul - Plataforma de Florianópolis,

Limite oeste - Serra do Mar, uma feição fisiográfica que confina a bacia marginal ao domínio oceânico.

O limite pré-Aptiano está a 50 km do litoral - Falha normal sintética cujo traço é paralelo à linha de costa

A fase rift na região de Santos ocorreu entre o Neocomiano e o Eoaptiano, quando acumularam-se os sedimentos lacustres siliciclásticos grossos com fragmentos de basalto e quartzo e coquinas associadas

A seqüência rift é coberta pelos evaporitos aptianos

Grandes diápiros e muralhas de sal – fluxo mergulho abaixo dos evaporitos – halocinese

Albiano – arenitos, carbonatos e folhelhos – afundamento

Santoniano – Maastrichiano – subida da Serra do Mar e deposição de conglomerados e arenitos

Cenozóico – progradação de siliciclásticos sobre a plataforma e talude

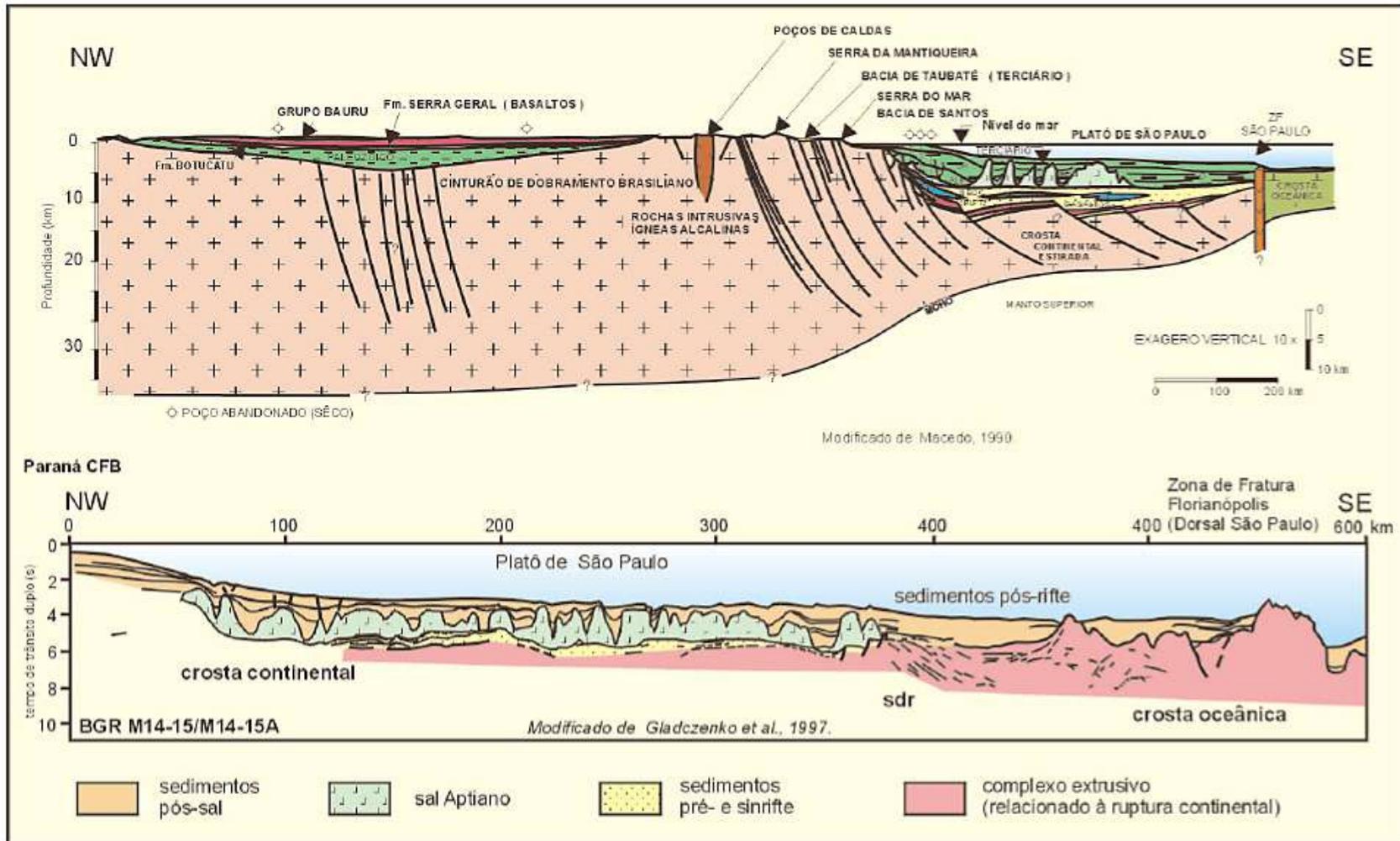


Figura III.10 – Modelos opcionais para o rifte da Bacia de Santos em águas profundas. (a) ocorrência de sedimentação do rifte desde a região de diápiros de sal até a região da Zona de Fratura de Florianópolis; e (b) ocorrência de complexo vulcânico extrusivo associado à formação de crosta oceânica entre a província de diápiros de sal e a Zona de Fratura de Florianópolis

Figure III.10 – Alternative models for the Santos Basin rift in the deep water region. (a) presence of syn-rift sediments in the region extending from the salt diapir province towards the Florianópolis Fracture Zone; and (b) presence of extrusive volcanic complex associated with the formation of oceanic crust between the salt diapir province and the Florianópolis Fracture Zone

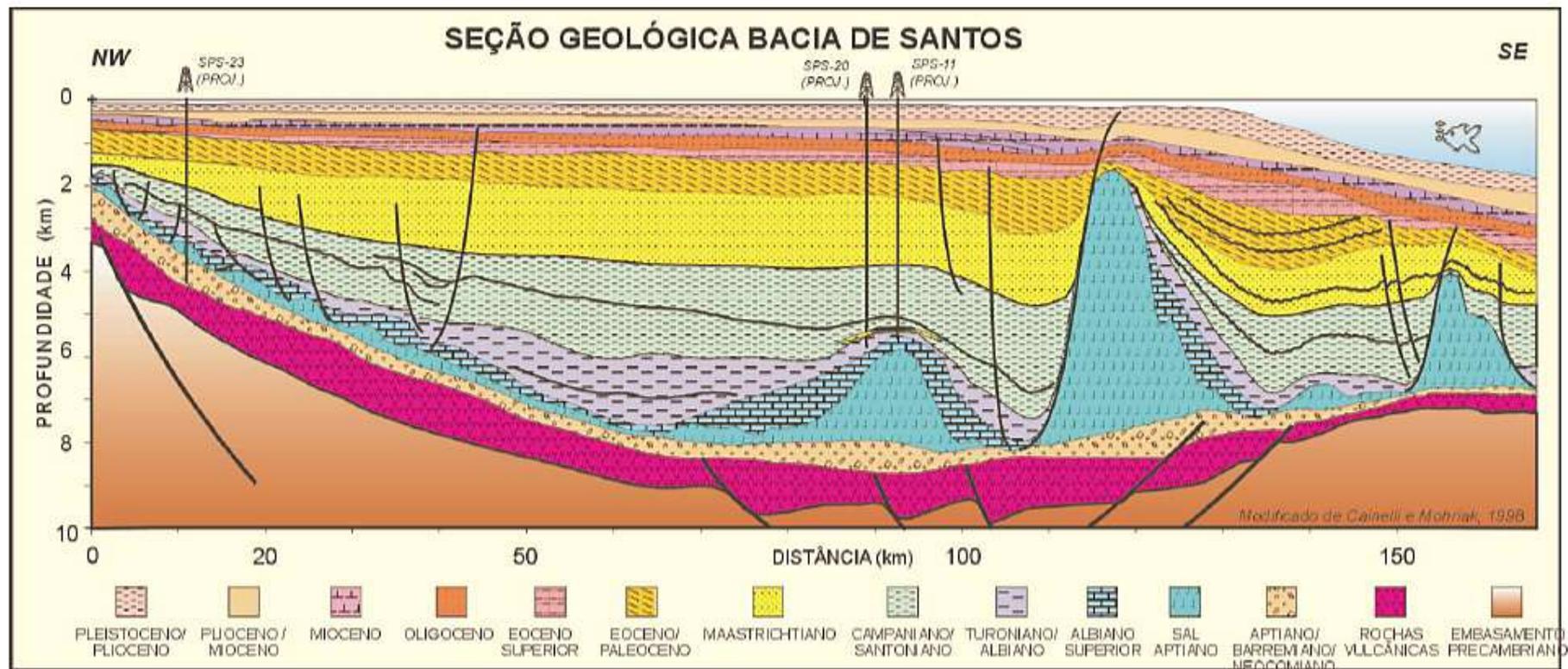


Figura III.63 – Seção geosísmica na Bacia de Santos, mostrando seqüências estratigráficas sinrifte e pós-rifte e diápiros de sal próximos da quebra da plataforma continental

Figure III.63 – Geoseismic section in the Santos Basin, showing syn-rift and post-rift stratigraphic sequences, and salt diapirs near the continental shelf break

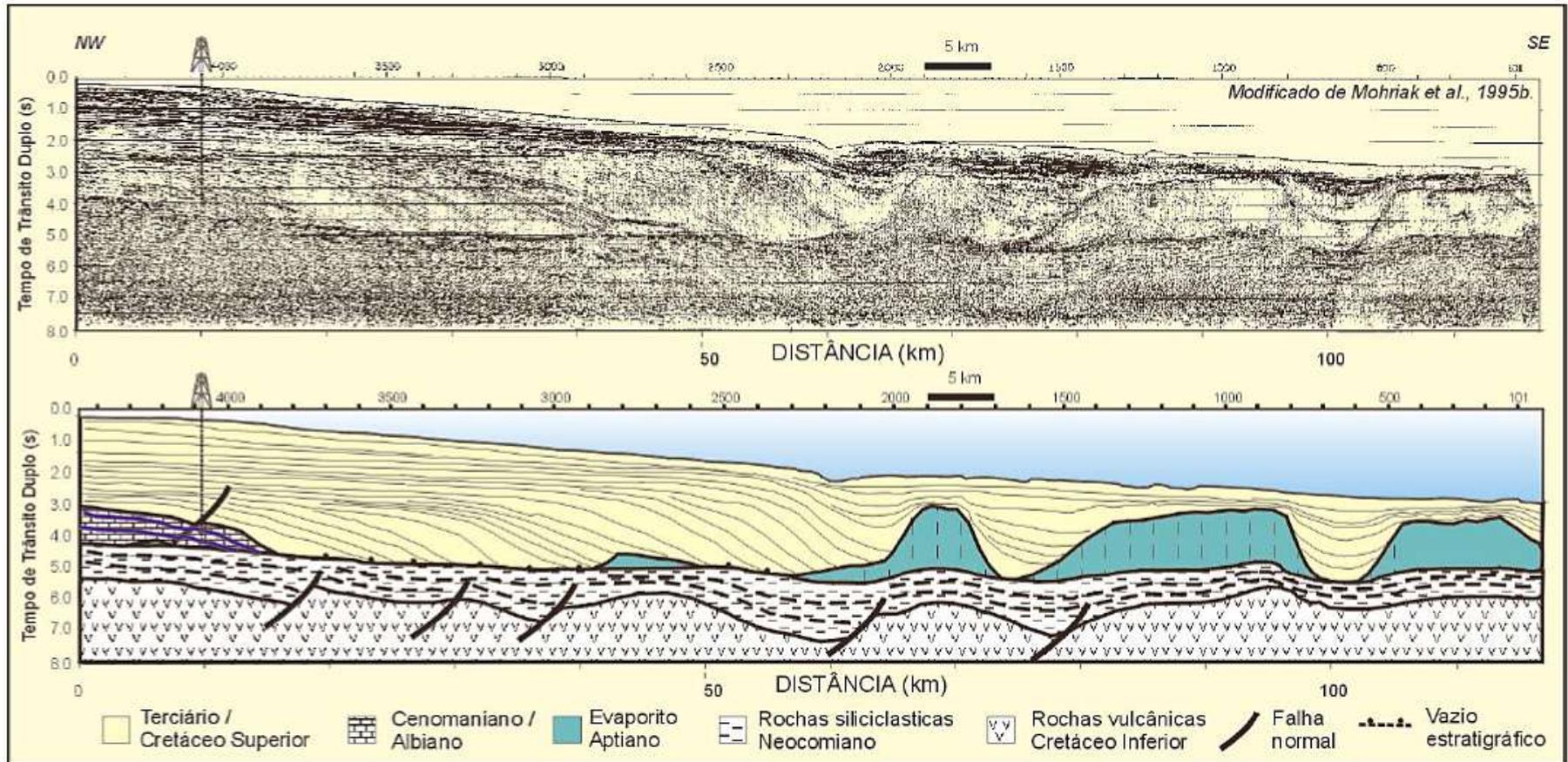
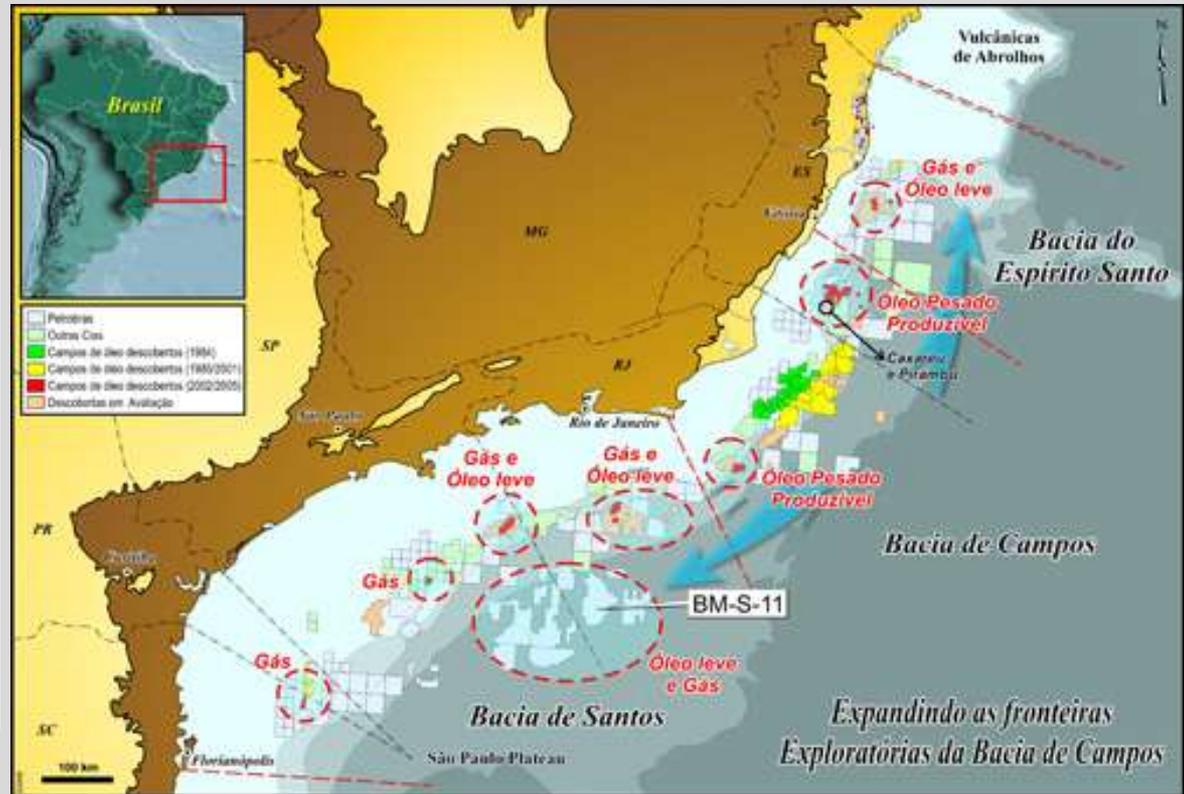
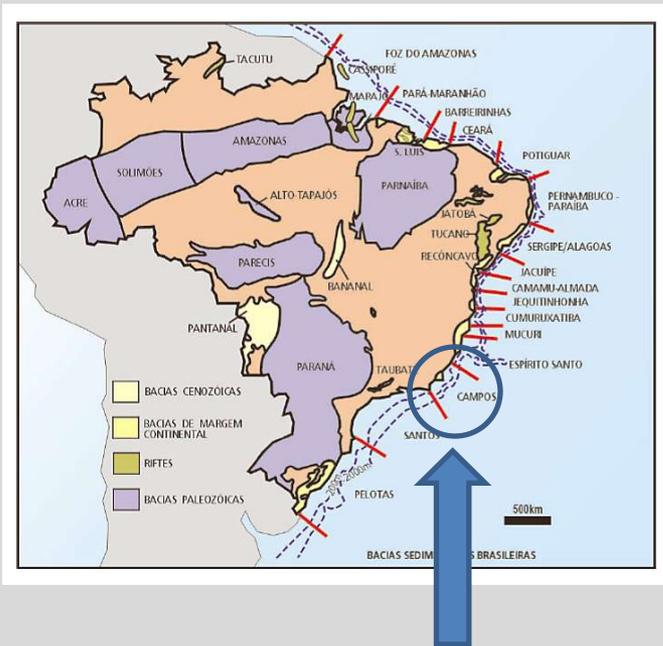


Figura III.19 – Seção sísmica na Bacia de Santos, ilustrando feições halocinéticas relacionadas à progradação clástica maciça no Cretáceo, formando diápiros de sal em águas profundas

Figure III.19 – Seismic section in the Santos Basin, illustrating halokinetic features associated with Cretaceous massive clastic progradation, forming salt diapirs in the deep water region



Bacia de Campos



A Bacia de Campos situa-se em águas territoriais do Estado do Rio de Janeiro, cobrindo cerca de 100.000 km², dos quais apenas 500 km² são em área emersa.

Limite norte - Alto de Vitória (Cadeia de Vitória-Trindade)

Limite sul – Arco de Cabo Frio

Embasamento de gnaisses pré-cambrianos, mesmos que afloram nas áreas vizinhas

Magmatismo persistente ao longo da história da bacia

Fase rift no Neocomiano Superior-Barremiano

Basaltos e rochas vulcanoclásticas interdigitadas com 130 e 120 Ma

Conglomerados com clastos de basalto formam grandes leques ao longo das falhas de borda; também arenitos, folhelhos ricos em matéria orgânica e coquinas – Ambiente lacustre.

As coquinas alcançam até 400 m de espessura, associadas a altos estruturais e representam uma fácies particular de rochas porosas nesta bacia.

Albiano-Cenomaniano - condições marinhas - carbonatos clásticos e oolíticos, , margas, folhelhos e turbiditos

Durante a fase final de subsidência térmica e basculamento, a bacia foi coberta por sedimentos proximais - areno-conglomerático-carbonático

Na parte distal, folhelhos e margas, com arenitos turbidíticos intercalados

Basculamento gerou intenso diastrofismo

MAPA REGIONAL DA REGIÃO DE CABO FRIO NORTE DA BACIA DE SANTOS E SUL DA BACIA DE CAMPOS

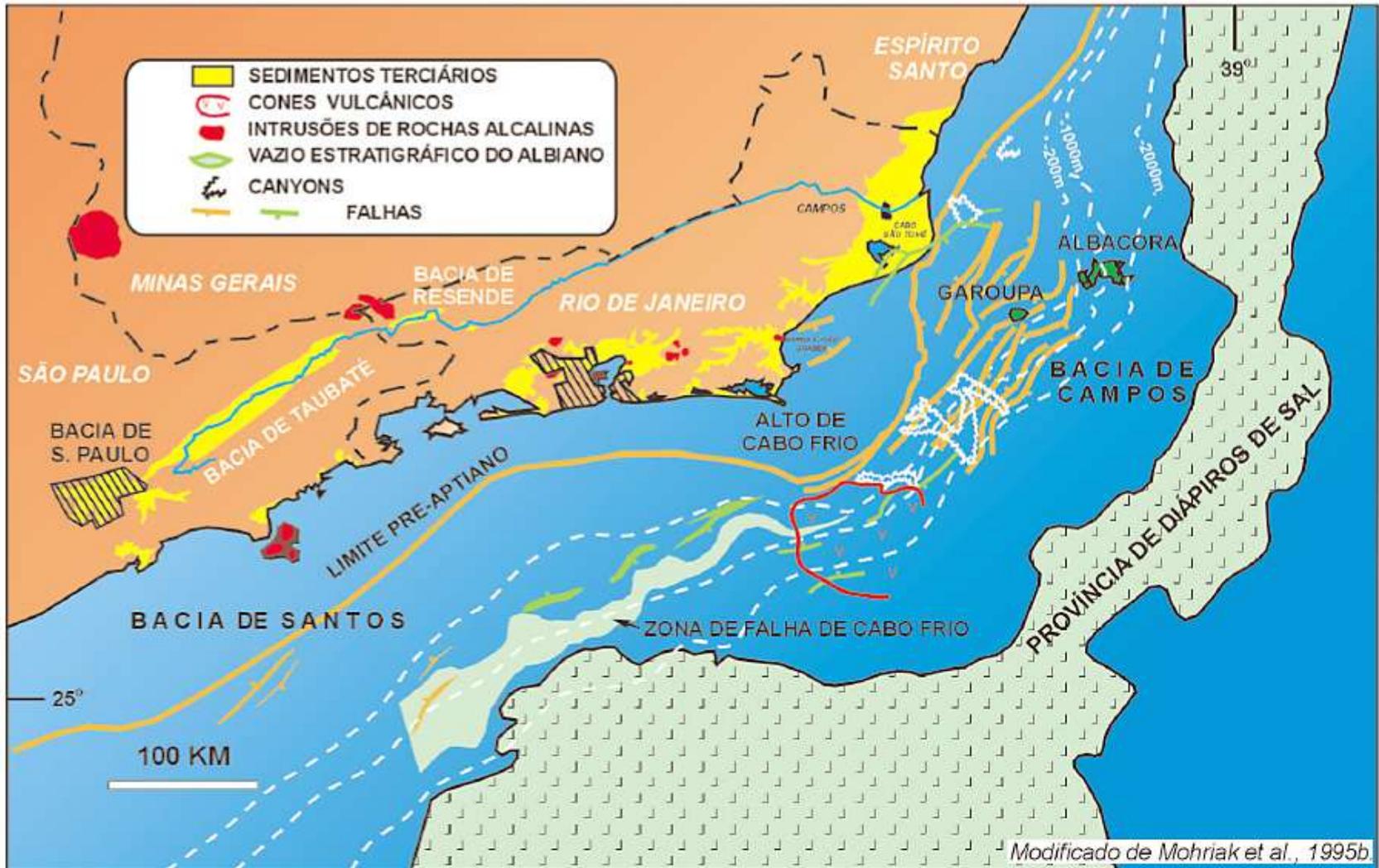


Figura III.18 – Mapa geológico esquemático da região sudeste brasileira, mostrando as bacias tafrogenicas do continente, a região de vulcanismo terciário ao longo do Alto de Cabo Frio e a região do vazio albiano associado a zona de falha antitetica de Cabo Frio

Figure III.18 – Schematic geological map of the southeastern Brazilian region, showing the onshore taphrogenic sedimentary basins, the Tertiary volcanic region along the Cabo Frio High and the Albian gap associated with the antithetic Cabo Frio fault zone

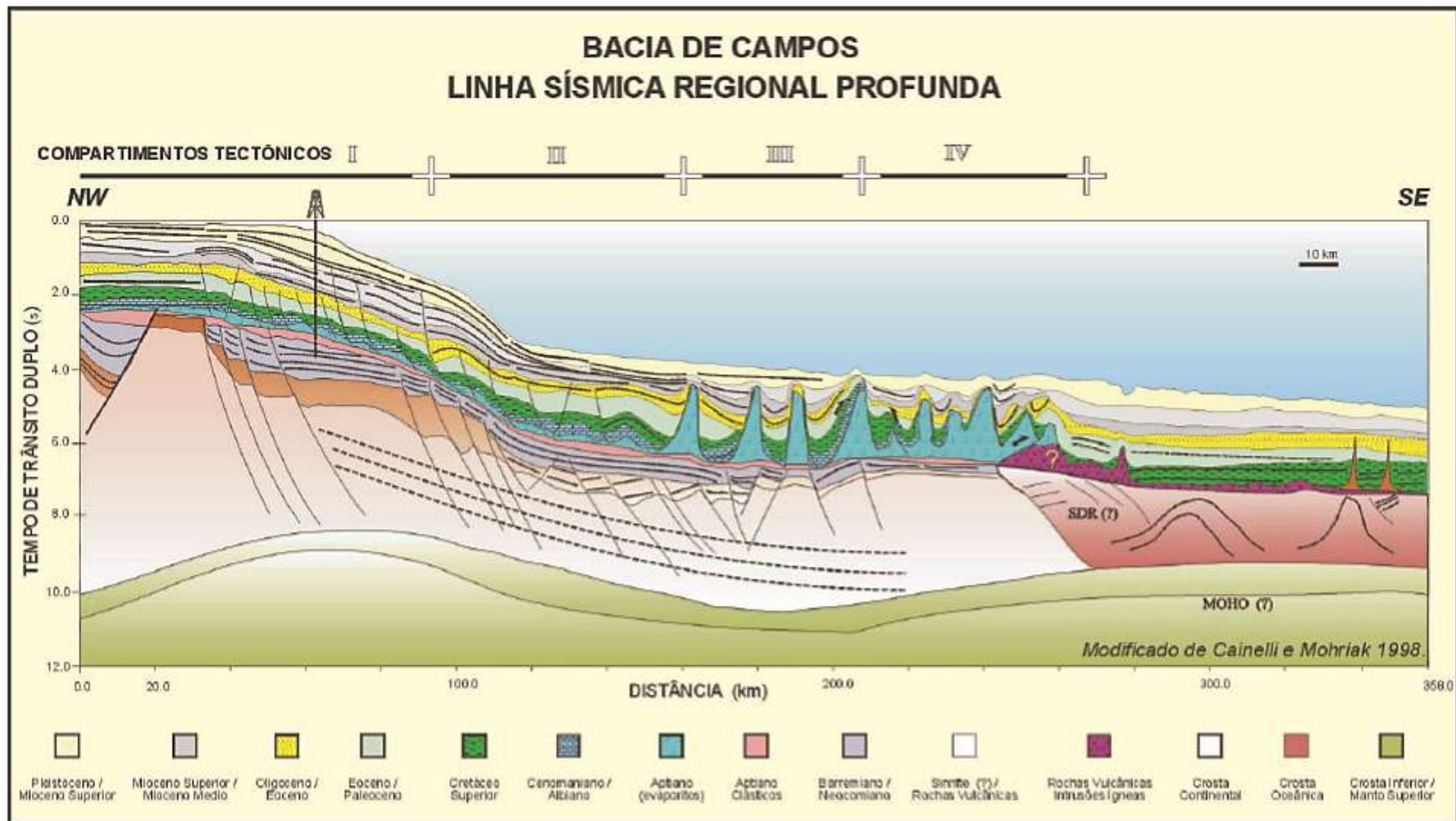


Figura III.62 – Seção geosísmica na Bacia de Campos, mostrando seqüências estratigráficas sinrift e pós-rifte e compartimentos tectônicos associados à halocinese

Figure III.62 – Geoseismic section in the Campos Basin, showing synrift and post-rift stratigraphic sequences, and tectonic compartments associated with halokinesis

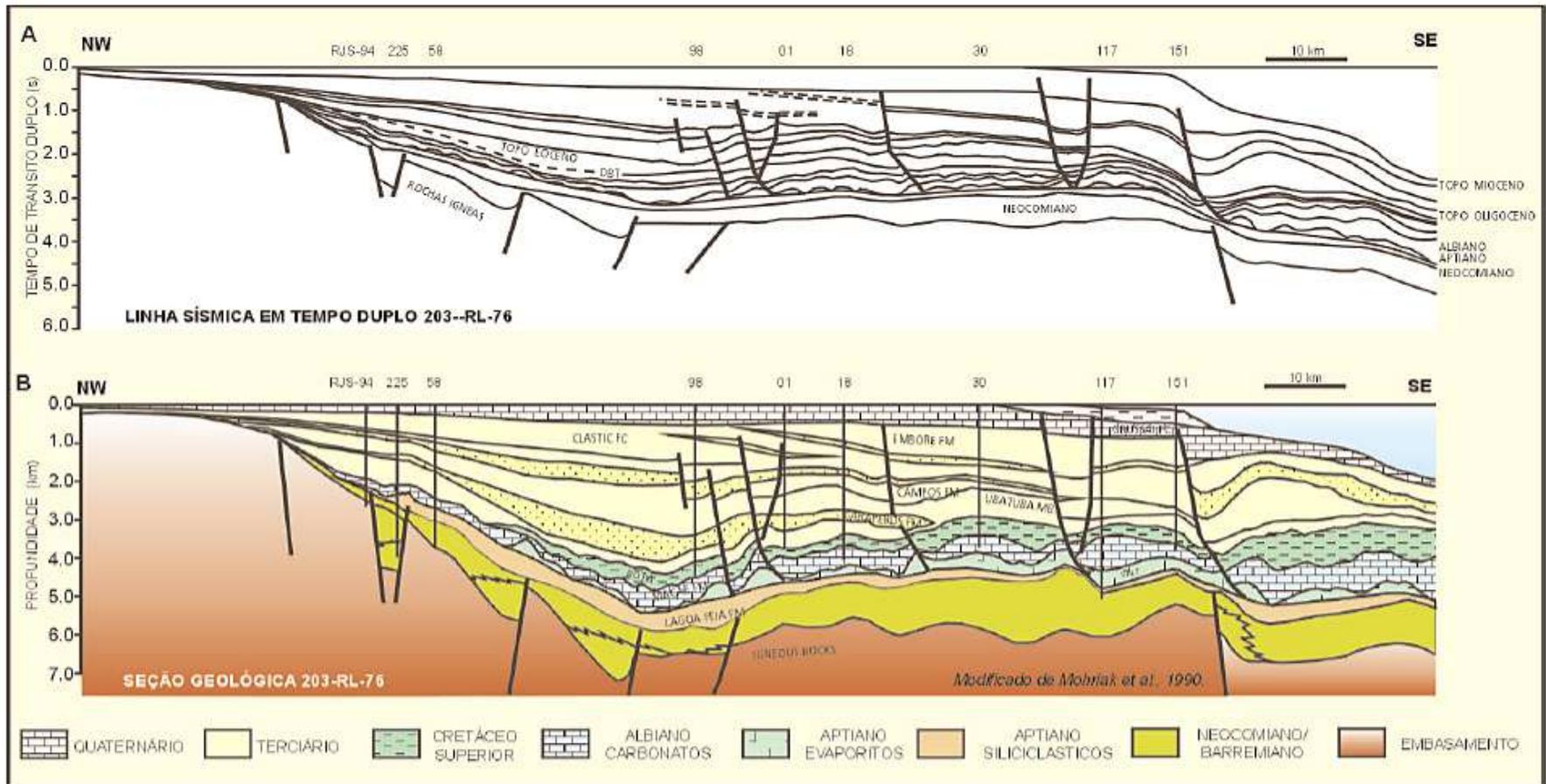


Figura III.15 – Perfil geosísmico (A) e seção geológica (B) na Bacia de Campos, mostrando as principais seqüências estratigráficas das megasseqüências sinrifte, transicional e pós-rifte ou marinha

Figure III.15 – Geoseismic profile (A) and geological section (B) in the Campos Basin, showing the main stratigraphic sequences of the syn-rift, transitional and post-rift or marine megasequences

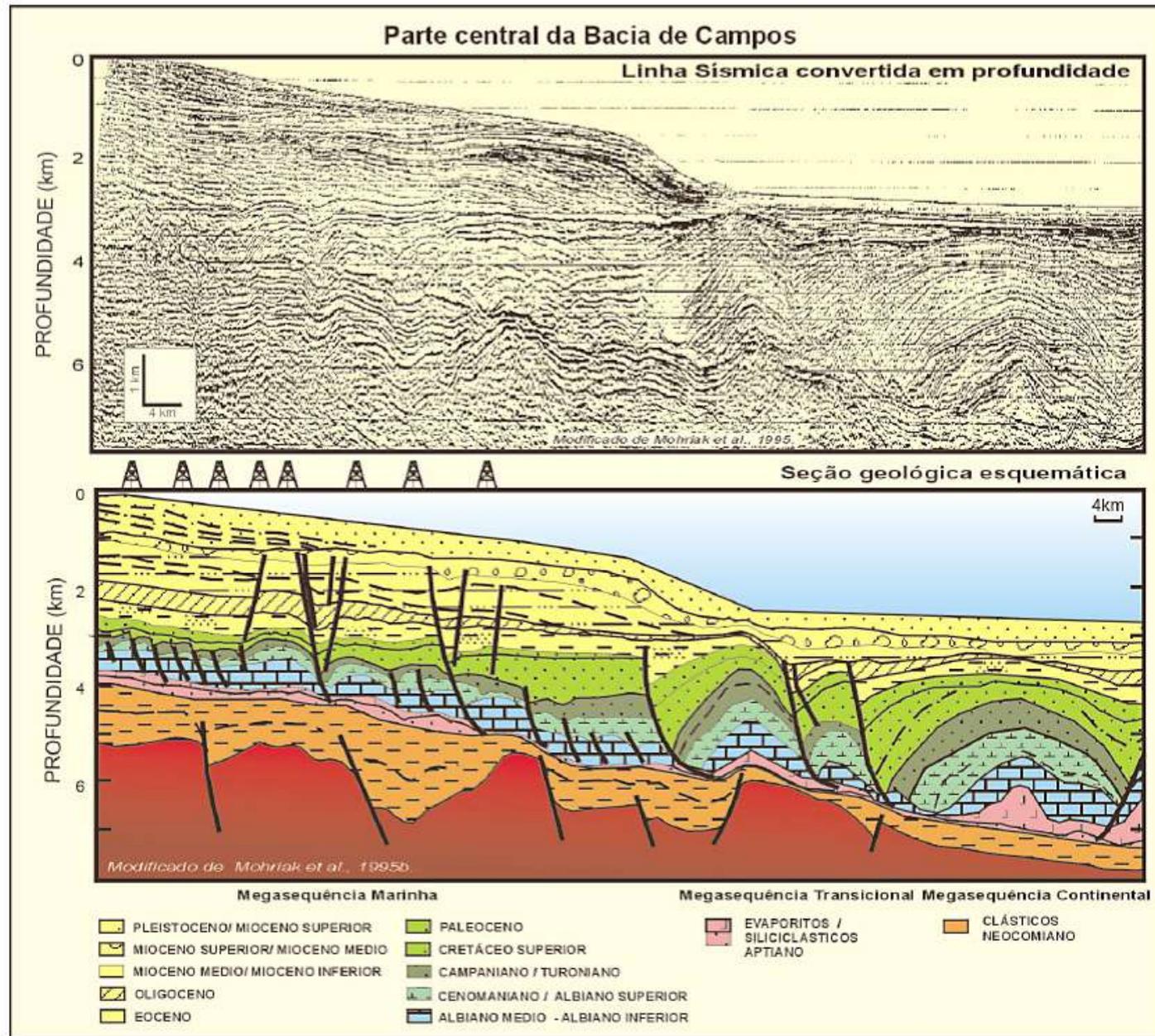
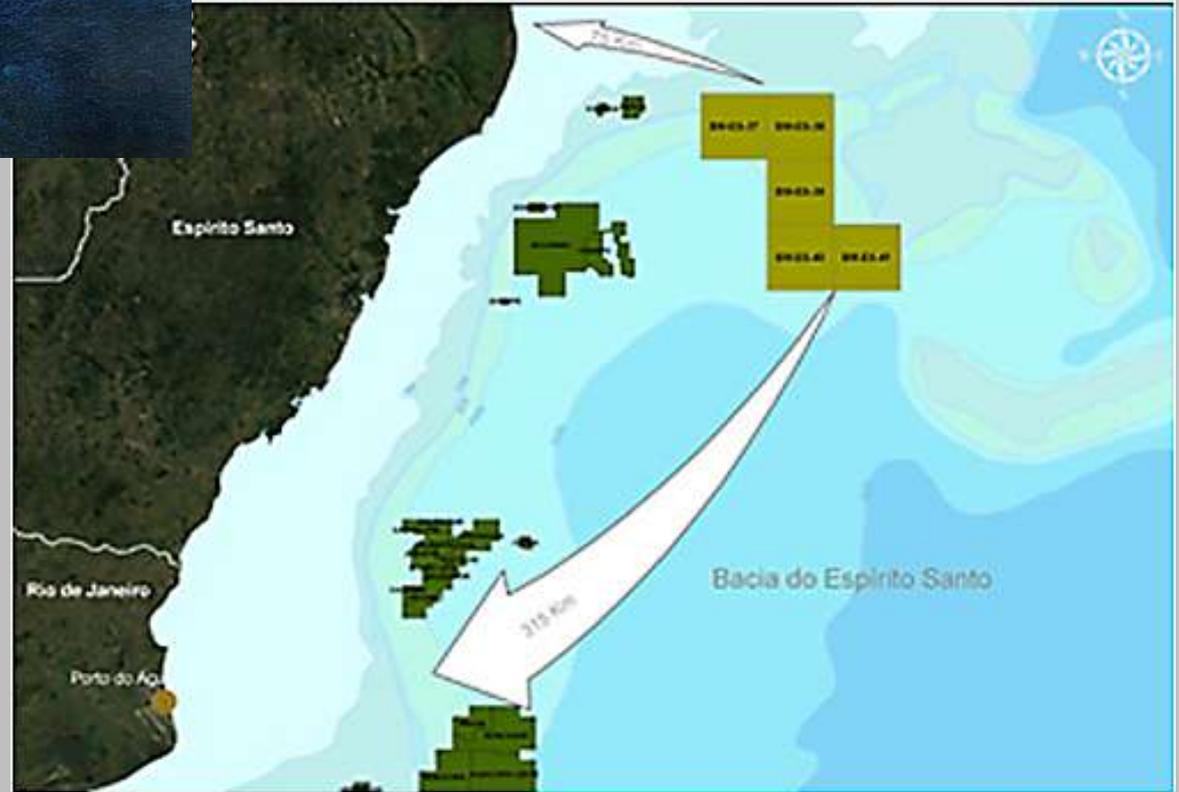


Figura III.16 – Seção convertida em profundidade na Bacia de Campos, com interpretação geológica das principais seqüências tectono-sedimentares, ilustrando feições halocinéticas em águas profundas

Figure III.16 – Depth-converted seismic section in the Campos Basin, with geological interpretation of the main tectono-sedimentary sequences, illustrating halokinetic features in the deep water region



Bacia do Espírito Santo - Mucuri



Bacia do Espírito Santo-Mucuri

Situa-se na região costeira (20.000 km²) e na plataforma continental (200.000 km²) do Estado do Espírito Santo e porção sul da Bahia, tendo evoluído sobre um complexo de terrenos ígneos e metamórficos pré-cambrianos

Fase precoce de magmatismo durante o jurássico – diques de diabásio

Neocomiana-barremiano – fase rift com extrusão de basaltos toleíticos e rochas vulcanoclásticas

Pacote sedimentar sin-rift - conglomerados continentais, arenitos, coquinas e dolomitos, associados a folhelhos ricos em carbono orgânico.

A seqüência acomodou-se em depressões falhadas (falhas normais sintéticas)

Sobreposição de evaporitos

Albiano ao recente - pacote correspondente à fase marinha aberta

Seqüência de plataforma continental progradacional – arenosa proximal e pelítica distal

Cenozóico - importante episódio magmático que definiu a Formação Abrolhos - grandes rearranjos estruturais

A acumulação de grandes volumes de magma na porção externa da plataforma continental trouxe complicações ao quadro convencional de halocinese

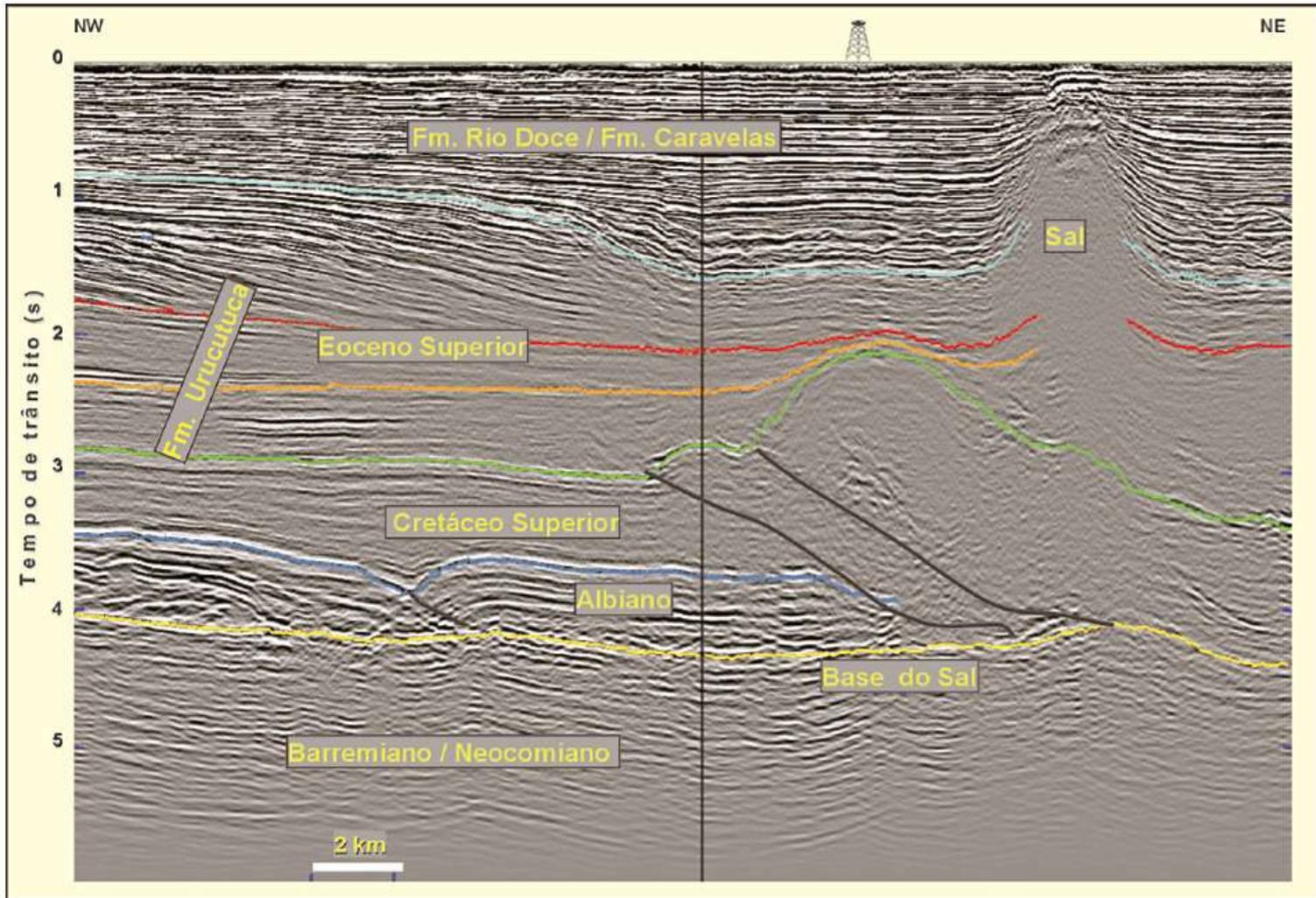


Figura III.58 – Seção sísmica na Bacia do Espírito Santo (parte marinha), mostrando seqüências estratigráficas sinrifte e pós-rifte e estruturas extensionais e compressãois características da tectônica de sal

Figure III.58 – Seismic section in Espírito Santo Basin (offshore), showing syn-rift and post-rift stratigraphic sequences and extensional and compressional structures related to salt tectonics

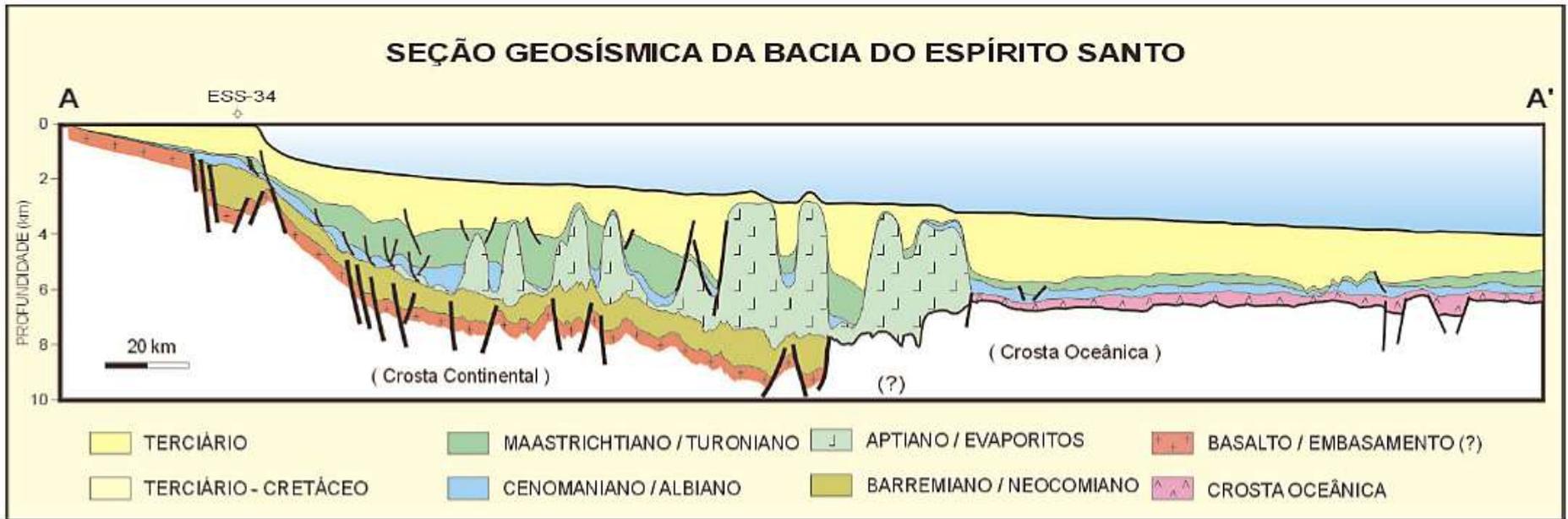


Figura III.60 – Seção geológica esquemática na Bacia do Espírito Santo, mostrando o arcabouço estrutural e estratigráfico das seqüências sinrifte e pós-ripte

Figure III.60 – Schematic geological section in the Espírito Santo Basin, showing the structural and stratigraphic framework for the syn-rift and post-rift successions

Tabela III.1a Bacias Sedimentares da Margem Continental Brasileira
 Tabela III.1a Brazilian Continental Margin Sedimentary Basins

BACIA	AREA (km ²)	LIMITE NORTE	LIMITE SUL	ROCHAS PRE-RIFTE	TECTÔNICA RIFTE	TECTÔNICA SAL - FOLHELHO	VULCANISMO PÓS-RIFTE
PELOTAS	250.000	Plataforma Florianópolis	Limite territorial (Uruguai)	Sedimentos Paleozóico/Mesozóico (Bacia do Paraná)	alto ângulo alta rotação falhas antitéticas	Ausente a incipiente (parte norte) cinturão de dobramento	Intrusões vulcânicas próximo do limite crustal cunhas de SDR
SANTOS	350.000	Arco de Cabo Frio	Plataforma de Florianópolis	Rochas vulcânicas Cretáceo Inferior	alto ângulo baixa rotação falhas sintéticas e antitéticas bacia sag	Intensa a muito intensa falhas antitéticas diápiros / muralhas de sal	Cabo Frio Intrusões vulcânicas próximo do limite crustal cunhas de SDR
CAMPOS	120.000	Arco de Vitória	Arco de Cabo Frio	Rochas vulcânicas Cretáceo Inferior	alto ângulo baixa rotação falhas sintéticas bacia sag	Intensa a muito intensa falhas sintéticas falhas reversas	Cabo Frio Intrusões vulcânicas próximo do limite crustal cunhas de SDR
ESPÍRITO SANTO / MUCURI	18.000 (emerso) 200.000 (submerso)	Complexo Vulcânico Abrolhos	Arco de Vitória	Rochas vulcânicas Cretáceo Inferior	alto ângulo baixa rotação falhas sintéticas bacia sag	Reduzida (plataforma) intensa (talude) falhas lítricas sintéticas	Abrolhos Intrusões vulcânicas próximo do limite crustal cunhas de SDR

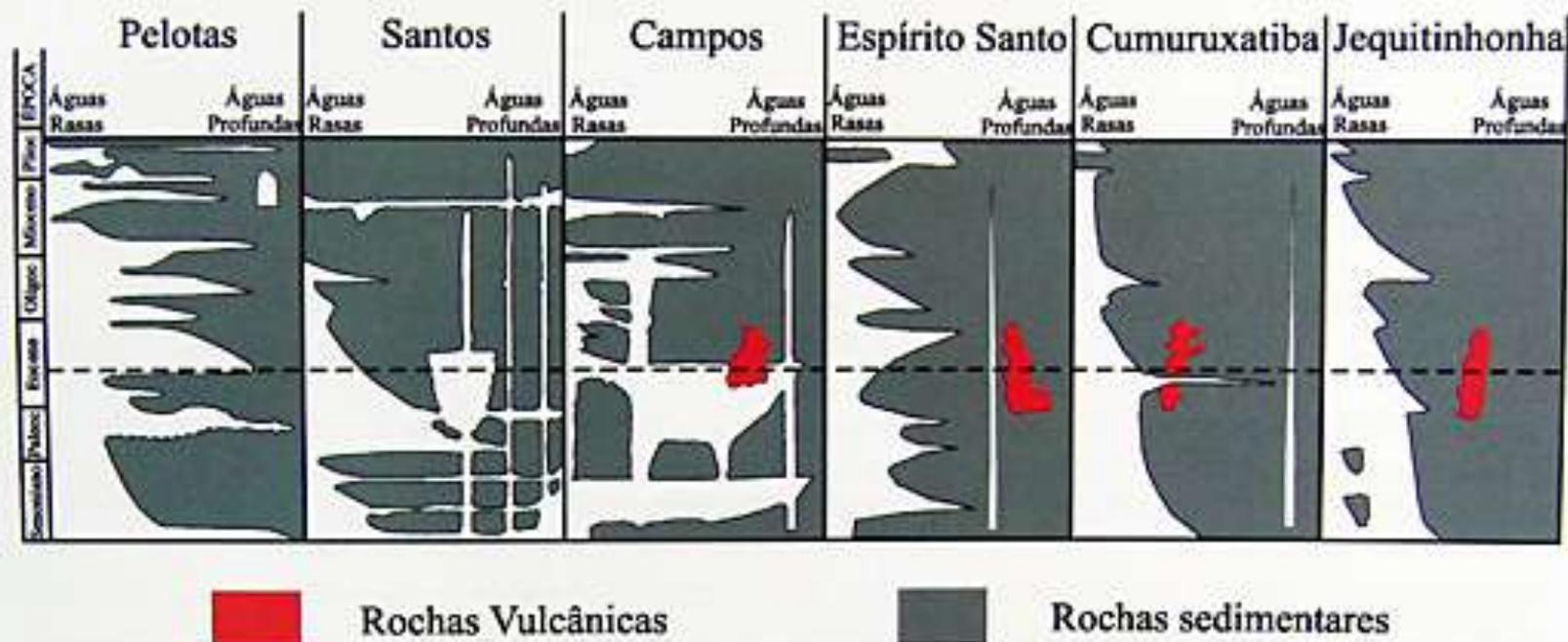


Figura 7 - Sedimentação de águas rasas e profundas nas bacias sedimentares marginais do leste e sudoeste do Brasil. As rochas vulcânicas das bacias de Campos, Espírito Santo, Cumuruxatiba e Jequitinhonha são de idade eocênica. As áreas claras na direção horizontal representam descontinuidades na sedimentação das bacias (Dias et al. 1994, Pereira & Feijó 1994, Ragel et al. 1994, Santos et al. 1994, Vieira et al. 1994).

Considerações sobre as Bacias Costeiras do Sul e Sudeste

- Bacias de Pelotas, Santos, Campos e Espírito Santo-Mucurí
- Campos destaca-se na produção de petróleo e conhecimento geológico maior
- Santos é a maior e ainda não tão bem conhecida
- Os campos gigantes de Tupi e Júpiter estão na Bacia de Santos – potencial de petróleo maior
- Bacia de Pelotas é a menos estudada e com menor potencial petrolífero
- Espírito Santo-Mucurí – produtora, mas halocinese complexa
- Importância da halocinese e seu detalhamento
- Brasil entre os principais produtores de petróleo

Para saber mais...

ASSINE, M.L., CORREIA, F.S. & CHANG, H.K. 2008. Migração de depocentros na Bacia de Santos. Revista Brasileira de Geociências. Vol 38. junho

BIZZI, L. A. et al. 2003. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. CPRM.

CHANG, H.K., et al. 2008. Sistemas petrolíferos e modelos de acumulação de HC na Bacia de Santos. Revista Brasileira de Geociências. Vol 38. junho

GABAGLIA G.P.R. & MILANI, 1990. Origem e Evolução de Bacias Sedimentares. Petrobrás. Ed. Gávea. Rio de Janeiro

MILANI, E.J. et al. 2007, Bacia do Paraná. In Cartas Estratigráficas. Boletim de Geociências da Petrobrás v.15. n.2

MOHRIAK, W., SZATMARI, P. ANJOS, S.M.C. 2008. Sal – Geologia e Tectônica. Exemplos das Bacias Brasileiras. Petrobrás. Ed. Beca.

MANTESSO-NETO et al. 2004. Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. Ed. Beca.