

*downlaps* sobre a superfície azul. Também, nesta área, são mais evidentes os processos deposicionais/erosionais relacionados ao rebaixamento do nível do mar: formação de cunhas autóctones nas bordas da plataforma carbonática, fluxos gravitacionais e deslizamentos de massa em frente ao talude.

Nos perfis de raio gama, a SIM é o marco mais evidente de todo o intervalo estudado. Também nos dados sísmicos, esta superfície marca a base de uma grande ampliação do sítio deposicional carbonático.

#### 5.2.5 – Seqüência Laranja

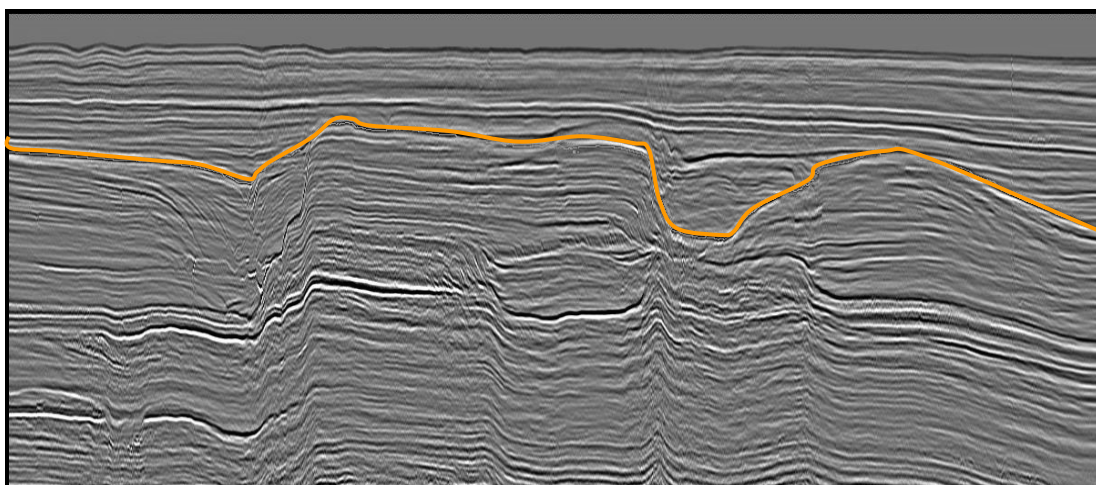
Durante a deposição da seqüência laranja, ocorreram importantes modificações na área de estudo. Observa-se uma retração gradativa das fontes de sedimentos siliciclásticos, propiciando uma deposição carbonática significativa. A porção distal e as áreas laterais às plataformas carbonáticas isoladas apresentaram condições "famintas" e foram novamente "realimentadas" durante o trato de sistemas de mar baixo da seqüência laranja. Os sedimentos siliciclásticos ocuparam as áreas baixas entre estas plataformas carbonáticas e alcançaram as porções mais distais, ampliando a área plataformal e permitindo uma expansão do sítio deposicional carbonático durante o TSMA da seqüência laranja.

Segundo Shimabukuro *et al.* (2006), durante o Mioceno superior (Tortoniano) ocorreu um grande evento erosivo de abrangência global ocasionado pela formação da calota glacial no oeste Antártico, a qual produziu a maior queda eustática do Terciário. Este evento, por ter sucedido à grande transgressão do intervalo Mioceno superior – Mioceno médio, foi responsável pela transferência de grande quantidade de sedimentos do continente para o mar.

Uma visão regional da distribuição desta seqüência e dos seus respectivos tratos de sistemas pode ser observada nos anexos. Os limites

inferior e superior estão representadas pelos horizontes laranja e azul, respectivamente.

Sismicamente, observa-se um padrão agradacional dos refletores com estruturas internas paralelas e com geometria externa tipo *mound* (figura 5.7). O topo desta seqüência é marcado por refletores de alta amplitude e, por vezes, apresentando feições crenuladas, interpretadas como representativas do relevo cárstico, indicativo de uma queda relativa do nível do mar.



**Figura 5.7 - Linha sísmica mostrando o padrão agradacional dos refletores com estruturas internas paralelas e com geometria externa tipo *mound*.**

### 5.2.6 – Trato de Sistemas de Mar Baixo

O trato de sistemas de mar baixo é caracterizado pela deposição de sedimentos abaixo da quebra de plataforma. Durante este intervalo, a plataforma tem exposição subaérea (Cucci & Clark, 1993). As descontinuidades geradas no limite inferior deste trato de sistemas constituem uma seqüência tipo 1 (Sarg, 1988). Durante o Mioceno, Sarg (*op. cit*) defende uma grande queda global do nível do mar.

Sismicamente, estas descontinuidades são caracterizadas por truncamentos erosionais na margem de plataforma, apresentando refletores que terminem em “onlap” estes truncamentos de margem de plataforma e “downlapando” a rampa plataformal.

O trato de sistemas de mar baixo é caracterizado, nas porções proximais, pela progradação dos depósitos siliciclásticos. Já nas porções mais distais da plataforma, os carbonatos progradavam para as áreas com lâminas d'água mais favoráveis a sua produção.

A ocorrência simultânea de sedimentação siliciclástica e carbonática, seismicamente identificada, sugere que o rebaixamento do nível do mar não foi de grande magnitude. Este fato ocasionou apenas um deslocamento dos ambientes deposicionais costeiros em direção à bacia, ficando os depósitos siliciclásticos restritos à área proximal e/ou às áreas altas na plataforma (acumulações carbonáticas).

### 5.2.7 – Trato de Sistemas Transgressivo e de Mar Alto

O trato transgressivo é caracterizado pelos depósitos que ocorrem durante o intervalo caracterizado por uma taxa de elevação do nível do mar superior a da subsidência. Este processo ocorre geralmente durante intervalos de rápida elevação do nível do mar relativo (Sarg, 1988). O trato de sistemas de mar alto ocorre durante os intervalos em que a subida relativa do nível do mar acontece de forma gradativa (Sarg , *op. Cit.*).

Durante o desenvolvimento do trato de mar alto das seqüências amarelo, azul, verde e laranja, a sedimentação foi predominantemente carbonática. Estes intervalos são representados por uma deposição carbonática bastante expressiva. O padrão das sismofácies é bastante característico e representado por uma alternância de reflexões de alta e baixa amplitude plano-paralelas.

Os dados sísmicos sugerem uma evolução mais complexa da deposição carbonática. A pequena deposição durante o TSMB nesta região, para os horizontes azul e amarelo, restringiu o crescimento carbonático nas áreas topograficamente mais elevadas próximas à borda da plataforma continental. Nestes locais, durante a subida relativa do nível do mar, estabeleceram-se condições batimétricas rasas com o desenvolvimento das plataformas carbonáticas isoladas.

Porém, a produção carbonática não conseguiu acompanhar a taxa de subida relativa do nível do mar, nos estágios iniciais do TSMA, e se posicionou abaixo da zona fótica, sendo identificadas nos dados sísmicos por um refletor de alta amplitude, posicionado logo acima da superfície de inundação máxima.

### **5.3 – Análise das plataformas isoladas**

De uma maneira geral, as plataformas isoladas registraram de forma mais efetiva as oscilações do nível do mar de mais alta frequência durante o TSMA. A análise do padrão das sismofácies e das terminações dos refletores permitiu a subdivisão deste trato de sistemas em cinco subunidades (seqüência vermelha, amarela, azul, verde e laranja), interpretadas como seqüências deposicionais de 4ª ordem, posicionadas em uma tendência geral de subida relativa do nível do mar. Esta tendência geral de subida do nível do mar pode ser observado na figura 5.11 durante o Mioceno inferior e médio.

Com o objetivo de discutir algumas particularidades inerentes às plataformas, observou-se que as unidades mapeadas são agradacionais em consequência de taxas mais elevadas de geração do espaço de acomodação e de taxas de produção apenas suficientes para acompanhar a subida relativa do nível do mar e manter a fábrica produtora. Porém, observa-se também uma tendência progradacional, sugerindo, além do controle do espaço de acomodação sobre o desenvolvimento das seqüências deposicionais, que a produção carbonática foi maior. O balanço entre a produção carbonática e as variações no espaço de acomodação levaram à configuração final das plataformas isoladas (Figura 5.8 e 5.9).

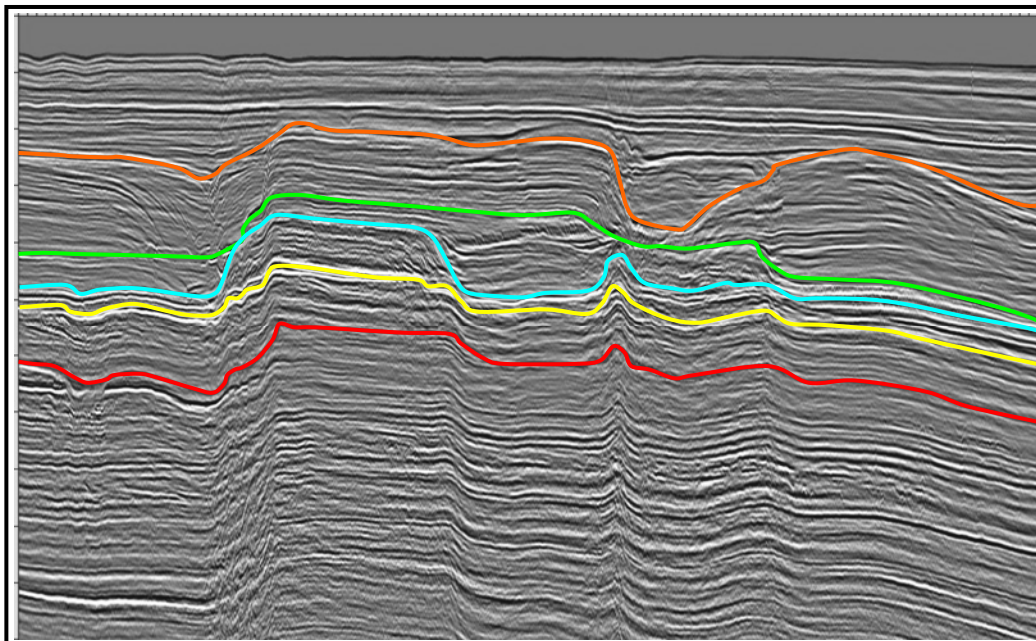


Figura 5. 8 - configuração final das plataformas isoladas.

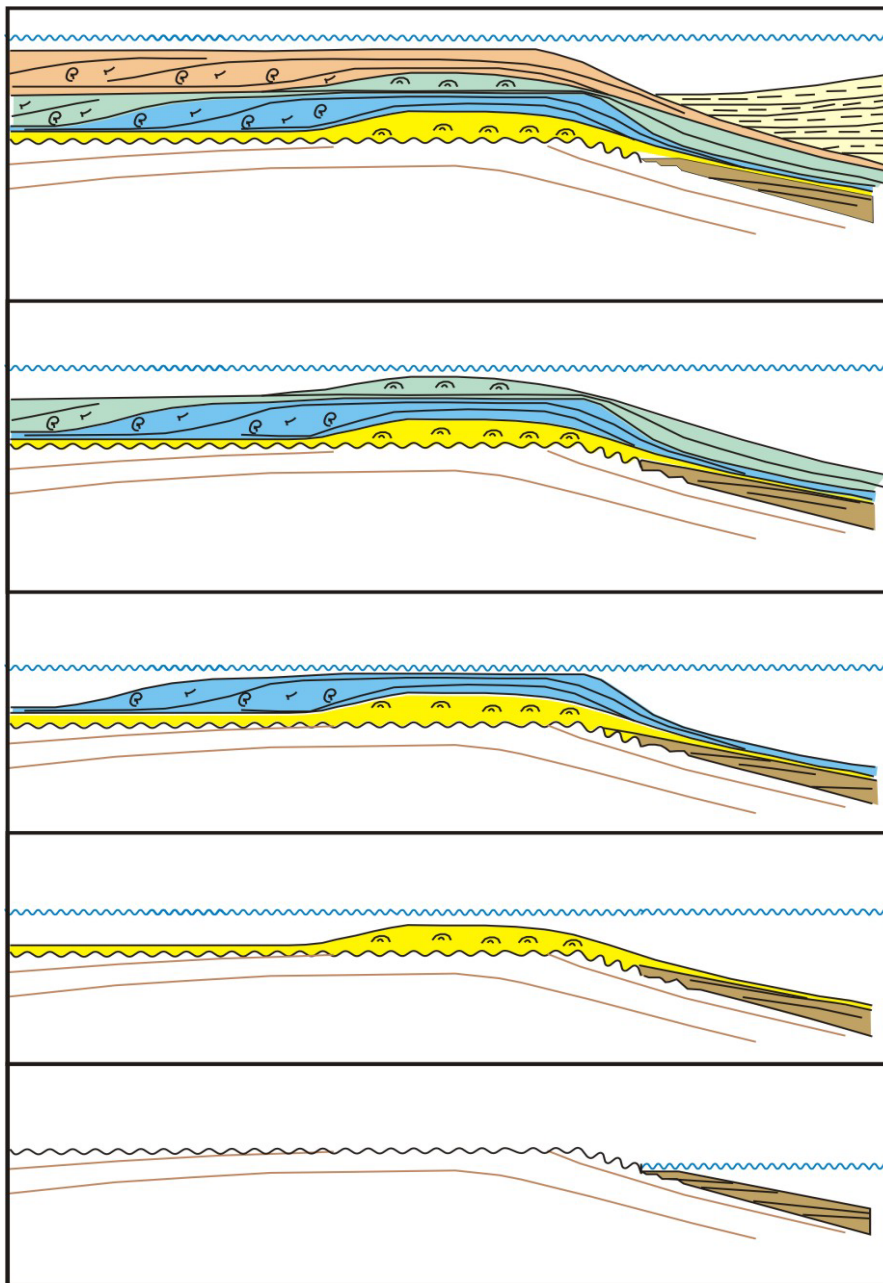
Para haver um crescimento lateral ou uma progradação das plataformas carbonáticas é necessário que haja um excesso de produção de sedimentos, nas áreas inundadas da plataforma rasa, e energia para o transporte dos mesmos para as áreas laterais. A produtividade orgânica, também, encontra-se diretamente relacionada à energia ambiental, com as áreas de alta energia propiciando um aumento nas taxas de produção de grãos biogênicos e abiogênicos e, principalmente, no desenvolvimento de bioconstruções recifais (Handford & Loucks, 1993).

A plataforma isolada laranja apresenta a borda externa bastante íngreme. A presença de estruturas agradacionais em forma de *mound*, ancoradas na borda da plataforma, reforçam a sugestão de construções recifais. A geometria dos depósitos, em todo o intervalo do TSMA, sugere a “exportação” do excesso de sedimentos produzidos na borda da plataforma para as áreas mais internas, onde o padrão das sismofácies é sigmoidal e os taludes são menos inclinados. O sentido predominante das progradações é de E para W (figura 5.10).

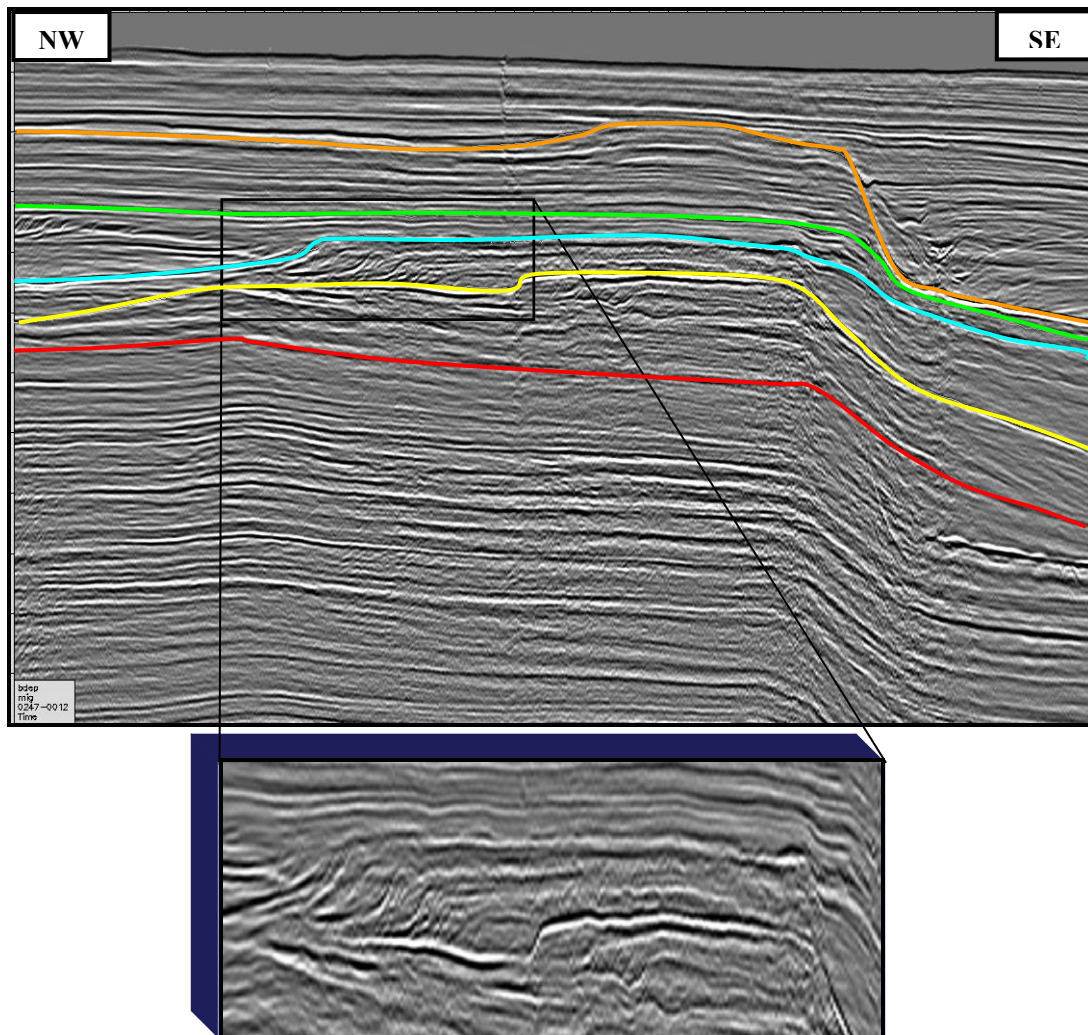
Nas plataformas isoladas verde, azul e amarela, os taludes são menos íngremes, mas também apresentam uma diferenciação acentuada entre o



talude externo e o interno (Figura 5.4). Neste local, o padrão caótico das sismofácies sugere a ocorrência de construções recifais, não parecendo formar uma barreira efetiva na borda da plataforma, como no caso da plataforma isolada laranja. Persiste, nesta plataforma, a grande progradação dos depósitos para NW.



**Figura 5.9 – Desenho esquemático mostrando a evolução do processo de sedimentação das plataformas isoladas, inseridas dentro de uma tendência geral de subida relativa do nível do mar. As cores utilizadas remetem às cores das seqüências reconhecidas.**



**Figura 5. 10 – A figura mostra o padrão de sismofácies (agradacional-progradacional) das plataformas isoladas. Em detalhe observa-se que o sentido predominante das progradações é de SE para NW.**

A mesma direção das progradações nas plataformas isoladas para SE-NW, sugere o controle não só do espaço de acomodação na distribuição dos depósitos carbonáticos, mas também, uma forte influência de um componente ambiental, interpretado como conseqüência da ação de correntes oceânicas e da halocinese que aumentava a subsidência para o interior da bacia e por conseqüência aumentava a batimetria. Segundo vários autores, um dos fatores que podem modificar o padrão das unidades deposicionais carbonáticas são as correntes, principalmente as direcionadas pelos ventos e/ou marés, que normalmente interagem com a topografia, controlando não só as áreas de máxima produção, como as áreas de redeposição dos sedimentos produzidos nestes locais. Em geral, as margens de barlavento tendem a ser mais escarpadas e dominadas por construções



---

recifais. Já as áreas de sotavento tendem a apresentar taludes acrescionários com ângulos mais baixos.

#### **5.4 – Correlação global das plataformas isoladas**

Inicialmente, são necessárias algumas considerações quanto à ordem dos eventos de variação relativa do nível do mar identificados. A superposição de eventos de amplitude variadas, característicos do Mioceno, está bem registrada em todos os dados utilizados (sísmicos e perfis geofísicos). Isto se deve à própria resolução de cada ferramenta ou às condições ambientais (locais ou globais) que atuaram de forma mais significativa na sedimentação em determinados intervalos, ou ao tipo de deposição (se predominantemente siliciclástica, carbonática, ou mista) ou mesmo à escala de trabalho proposta (regional).

A análise integrada dos dados sísmicos (contraste de impedância acústica) e perfis de raios gama dos poços (diferenças na argilosidade dos depósitos) permitiram uma subdivisão do intervalo estudado em cinco seqüências (vermelha, amarela, azul, verde e laranja). Nesta subdivisão, os limites de seqüências foram estabelecidos utilizando-se como critérios discordâncias, mudanças nos padrões estratigráficos e bruscas variações faciológicas.

A carta global de variação relativa do nível do mar de Haq et al. (1988), sintetizada na figura 5.11, exemplifica os eventos relativos de variação do nível do mar identificados neste trabalho.

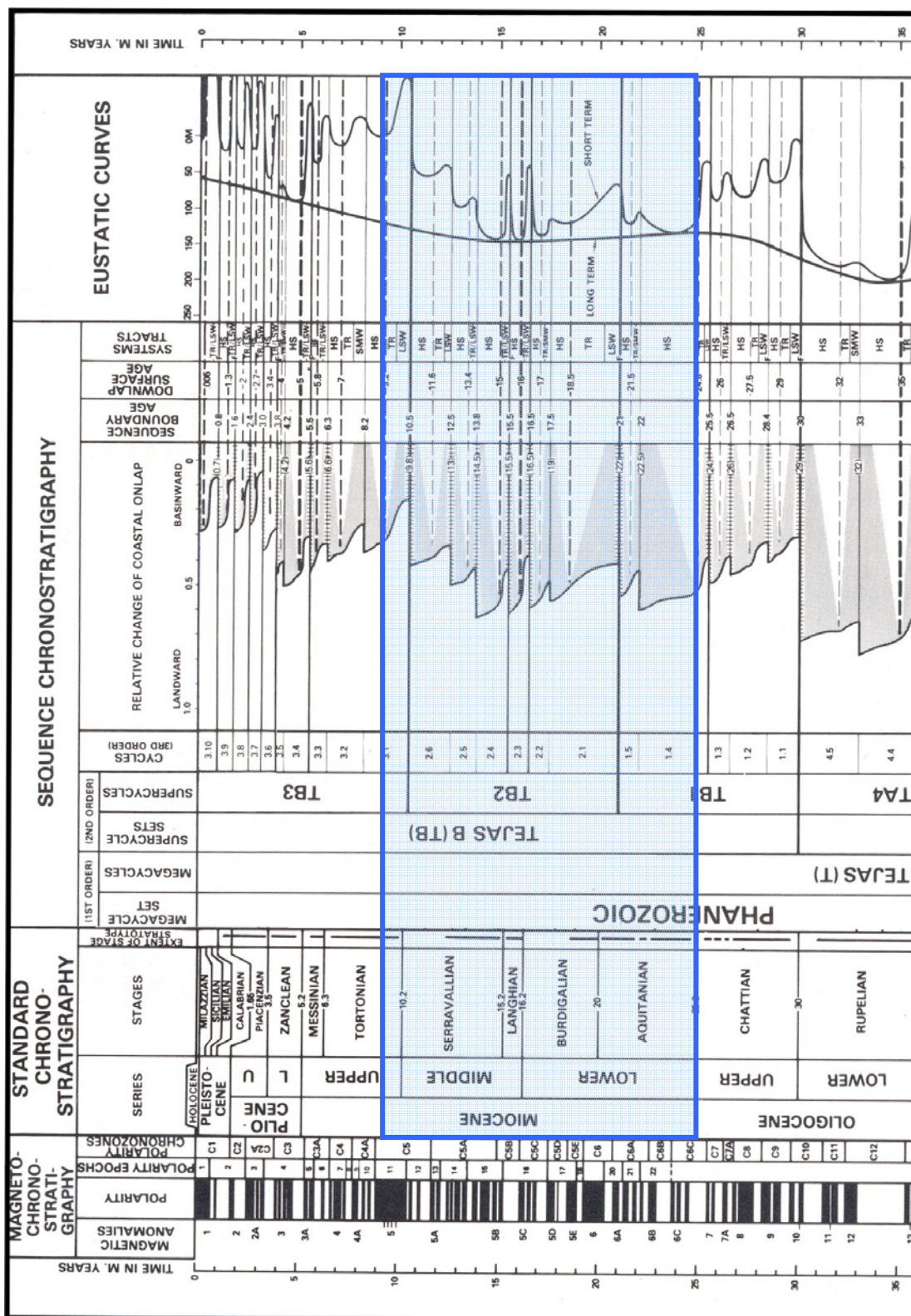
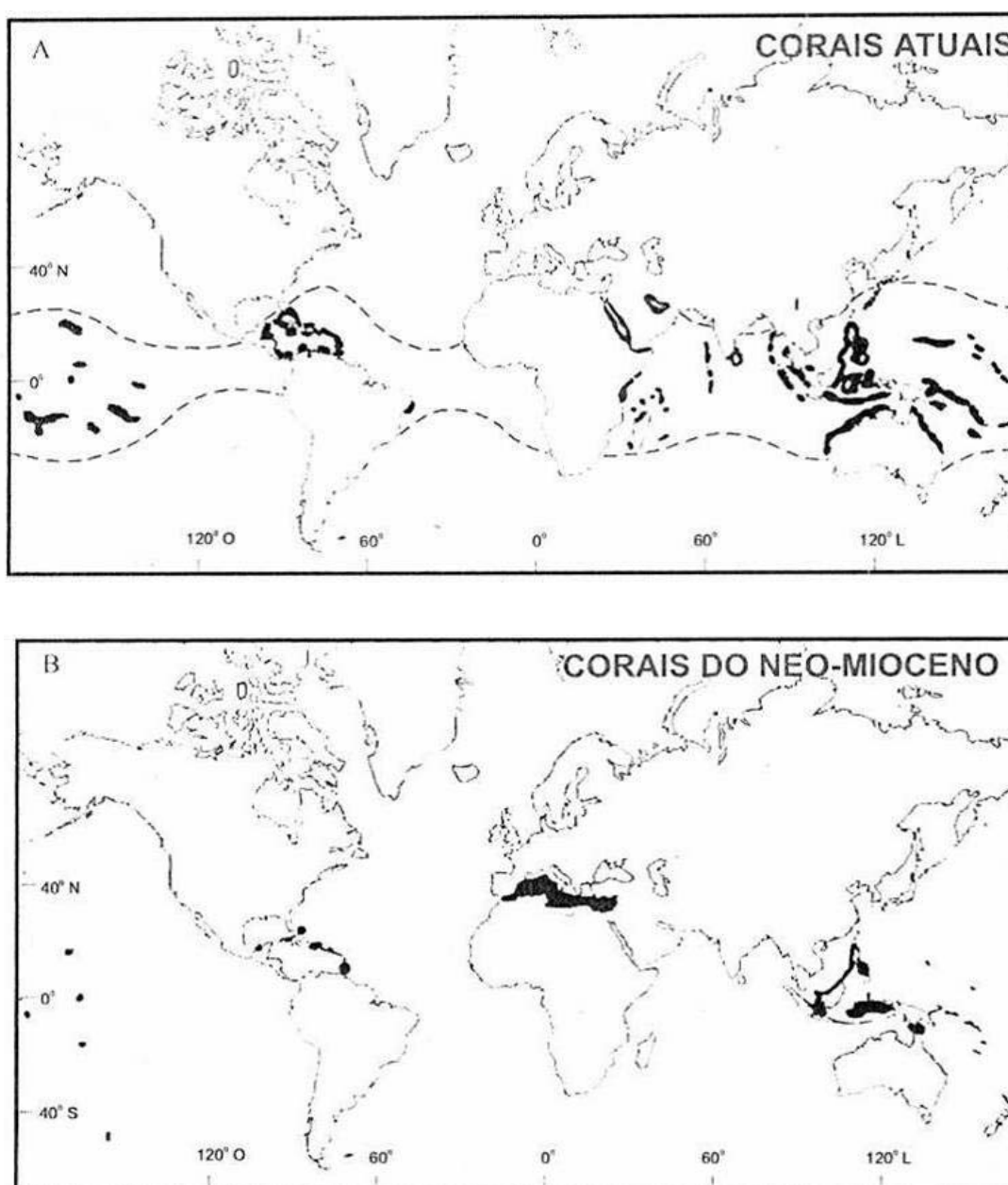
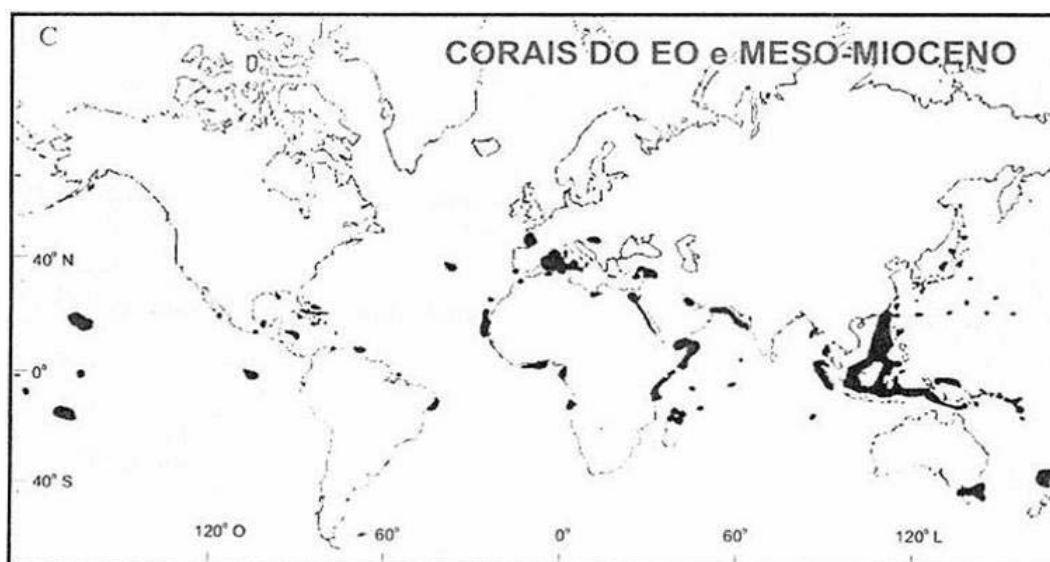


Figura 5.11 - Correlação dos principais eventos reconhecidos na área de estudo com as seqüências deposicionais de Haq (Adaptado de Haq *et al.* 1988). O intervalo analisado está destacado em azul.

Em várias partes do mundo, neste mesmo período, ocorreu uma deposição expressiva de rochas carbonáticas. Durante o Mioceno inferior e médio, observa-se uma ampla distribuição dos depósitos carbonáticos, ultrapassando o cinturão de ocorrência do recente; em contraste, a sua ocorrência do final do Mioceno Superior é bastante restrita (Figura 5.12). Segundo Franseen *et al.* (1996 *in* Severino, 2000), a contração do cinturão carbonático reflete, provavelmente, a tendência de resfriamento global que ocorreu no período. Estas variações de caráter global influenciaram diretamente a deposição mista na porção sul da bacia de Santos.





**Figura 5. 12 - A) Distribuição dos recifes de corais recentes. B) Distribuição global dos corais do neomioceno C) Distribuição global dos recifes de corais Eo-mioceno e Meso-mioceno. (Modificado de Franseen et al., 1996 in Severino , 2000).**

Os limites das seqüências, interpretadas neste trabalho, correlacionados com a carta global de variação relativa do nível do mar, mostram que os principais intervalos carbonáticos coincidem com os tratos de mar alto das seqüências de 2ª ordem. Por outro lado, os rebaixamentos do nível do mar, nesta escala, marcam os momentos em que ocorreram as principais incursões de sedimentos siliciclásticos.

O desenvolvimento dos carbonatos durante o trato de sistema de mar alto dos ciclos de 2ª ordem foi também observado nos depósitos carbonáticos do Mioceno no Mar Mediterrâneo. Esteban (1996 in Severino, 2000), realizando uma revisão dos recifes do mar mediterrâneo, observa que embora eles ocorram em uma ampla variedade de cenários tectônicos e litológicos, existe muita similaridade nos padrões sismofaciológicos e na geometria dos recifes. Esta similaridade sugere o domínio dos controles paleoceanográficos regionais, ou mesmo globais, sobre os controles locais (estruturais e litológicos). O referido autor salienta ainda que as épocas de desenvolvimento dos recifes de corais do Mediterrâneo apresentam um sincronismo, sendo na sua maioria formados nos intervalos Aquitaniano, Langhiano (final do Burdigaliano?) e final do Tortoniano e Messiniano.

Segundo o autor, este padrão reflete uma relação com os níveis de mar alto (*highstands*) dos ciclos eustáticos de 2ª ordem da carta de Haq *et al.* (1988).

O sincronismo da deposição carbonática, na área de estudo e no Mar Mediterrâneo, vem corroborar que fatores globais atuaram de forma determinante na sua formação e que ela está relacionada principalmente aos estágios de mar alto dos ciclos de 2ª ordem das cartas globais de variação relativa do nível do mar.

Embora não se tenha realizado um estudo de ciclicidade para a seção carbonática, acredita-se que os ciclos deposicionais identificados através da análise sismofaciológica nas plataformas carbonáticas isoladas e nos perfis de raios gama da plataforma carbonática, também estejam relacionadas às variações climáticas relacionadas aos ciclos de Milankovitch.