

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Distribuição dos Sedimentos Modernos da Plataforma Continental Entre São Paulo e Santa Catarina

Iran Carlos Stalliviere Corrêa

Pesquisas em Geociências, 13 (13): 109-141, set./dez., 1980.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21752>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos

UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - set./dez., 1980.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

DISTRIBUIÇÃO DOS SEDIMENTOS MODERNOS DA PLATAFORMA CONTINENTAL
ENTRE SÃO PAULO E SANTA CATARINA*

Iran Carlos Stalliviere Corrêa**

SINOPSE

A plataforma continental entre São Paulo e Santa Catarina foi pesquisada no presente trabalho através de dados obtidos em vários projetos com a finalidade de estudar seus aspectos sedimentares (Figura 1).

Os sedimentos são divididos em três facies predominantes: arenosa, areno-siltico-argilosa e lamosa.

A facies arenosa predomina na plataforma interna e parte da externa, a facies areno-siltico-argilosa acha-se distribuída em áreas esporádicas da plataforma interna e média e a facies lamosa é texturalmente constituída de silte argiloso e acha-se distribuída na plataforma média.

Na tentativa da caracterização ambiental baseamo-nos em análises granulométricas que nos mostraram que os métodos de FOLK & WARD (1957) e PASSEGÁ & BYRANJEE (1969) são efetivamente úteis na descrição e interpretação de ambientes de sedimentação onde os parâmetros físicos são conhecidos.

ABSTRACT

Data on recent surveys of the continental shelf between São Paulo and Santa Catarina, have been joined in a map for the whole area. The results have been presented in terms of sedimentary facies.

Three chief facies types are distinguished: (1) sandy; (2) sandy-silty-clayey and (3) muddy. On the maps the distribution of these facies has been given.

The sandy facies is predominant in inner shelf and part of the outer shelf; the sandy-silty-clayey facies is distributed in sporadic area in inner and middle shelf and the muddy facies is composed texturely of clayey silt and is distributed in middle shelf.

1-INTRODUÇÃO

A determinação das propriedades físicas de tamanho dos sedimentos é fundamental no estudo da geologia marinha, tanto em termos de classificação dos depósitos sedimentares, como também para o estabelecimento dos mecanismos dinâmicos atuantes durante a deposição, o transporte e a classificação.

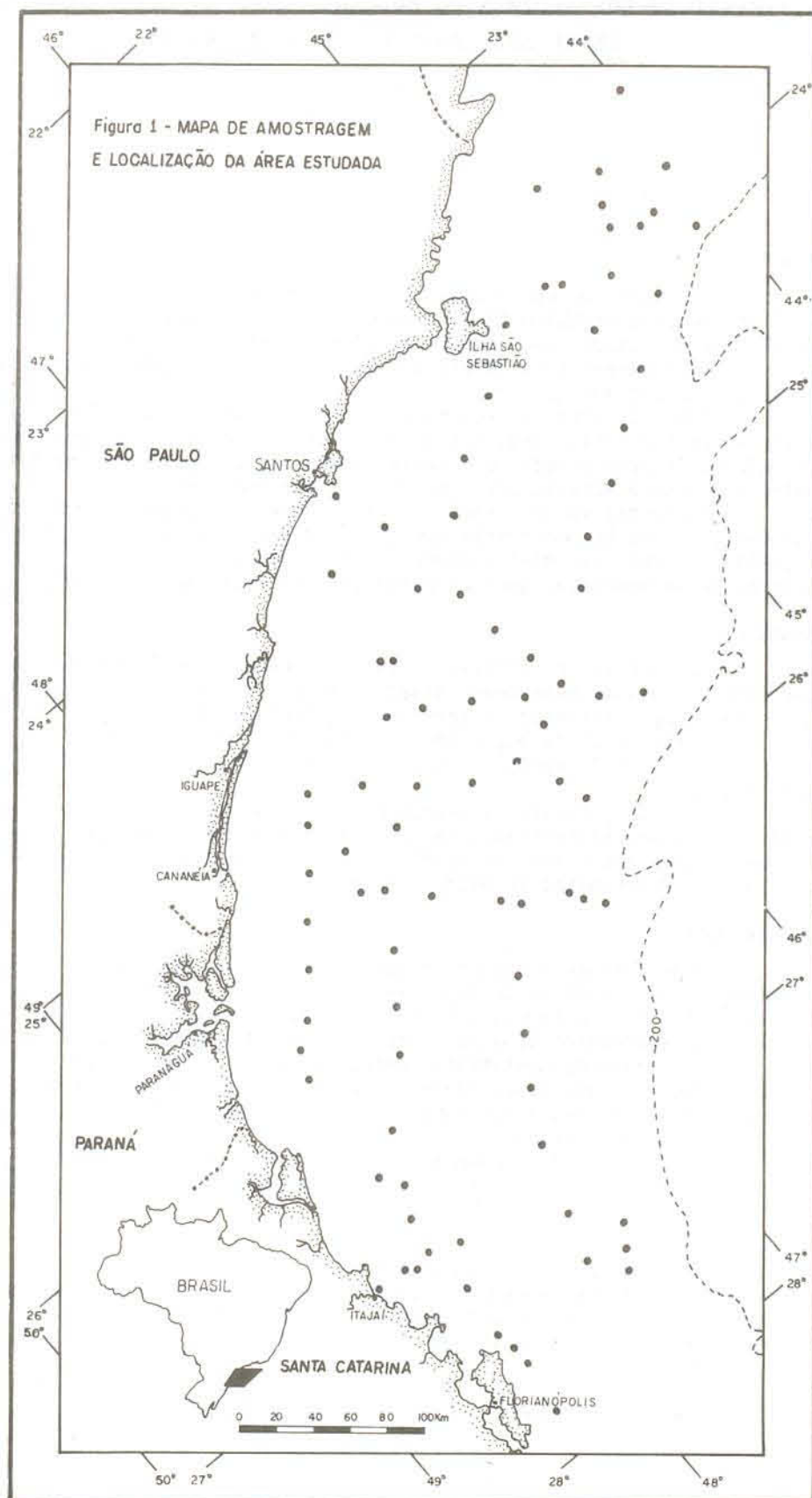
A plataforma continental entre São Paulo e Santa Catarina acha-se caracterizada por uma diversidade faciológica peculiar de zona de sedimentação terrígena moderna, progradando sobre uma superfície de areias relíquias quartzosas e biodetríticas.

Com estes dados podemos definir os sedimentos presentes na plataforma continental entre São Paulo e Santa Catarina em termos de sedimentação atual e pretérita.

* Suporte financeiro do CNPq e UFRGS.

** Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica - CECO, Departamento de Geodésia, Instituto de Geociências - UFRGS.

Trabalho recebido para publicação em 10/03/80.



Analisando os resultados dos estudos sedimentológicos da margem continental brasileira, MARTINS et al. (1972) distinguiram os seguintes regimes de sedimentação:

a) plataformas com sedimentação terrígena importante, proveniente de grandes bacias de drenagem, tendo como exemplo a plataforma Amazônica;

b) plataformas cobertas por sedimentos biogênicos e biodetríticos, resultantes de uma intensa atividade de organógenos. A plataforma do Nordeste é um exemplo típico;

c) plataformas cobertas por sedimentos relíquias, recebendo uma pequena contribuição atual ou sofrendo retrabalhamento, como é o caso da plataforma sul-brasileira.

A composição granulométrica dos sedimentos das plataformas depende em parte do material fornecido pelo continente, especialmente através dos rios e em parte da contribuição organógena. A distribuição granulométrica dessas partículas está intimamente ligada à interação de vários fatores, principalmente condições hidrodinâmicas, relevo de fundo e fatores físico-químicos.

Certas propriedades físicas parecem ser fundamentais na classificação dos depósitos sedimentares. Os sedimentos são geralmente referidos como cascalho, areia, silte e argila. Esses termos naturalmente se referem ao tamanho das partículas que é uma propriedade importante do material. O tamanho fornece apenas uma parte do aspecto do sedimento. De igual interesse para o geólogo é a natureza da constituição do grão.

2-TEXTURA SEDIMENTAR

Partindo-se dos resultados das análises granulométricas e levando-se em conta as quantidades de areia, silte e argila contidas nas amostras, tentou-se classificá-las segundo o diagrama triangular de SHEPARD (1954), que é o mais usado para representar graficamente os sedimentos (Figura 2).

Na Figura 3, podemos notar que a plataforma continental da área estudada encontra-se dividida em três zonas distintas:

- a) Facies Arenosa
- b) Facies Areno-Siltico-Argilosa
- c) Facies Lamosa

A plataforma interna apresenta uma textura arenosa desde Porto Belo em Santa Catarina até Caraguatatuba em São Paulo. Estas areias são predominantemente quartzosas, apresentando em algumas áreas cascalho biodetrítico. Na parte norte da área esta textura domina também a plataforma média e externa.

Na plataforma média a predominância é de uma textura siltico-argilosa. Pequenas áreas da plataforma média apresentam uma textura areno-siltico-argilosa principalmente na altura de Peruibe em São Paulo e de Itajaí e Florianópolis em Santa Catarina, atingindo esta textura a plataforma interna na altura de Florianópolis.

A plataforma externa apresenta uma textura arenosa composta quase que exclusivamente por cascalhos e areias biodetríticas, isolando do talude em quase toda sua extensão os depósitos silticos-argilosos da plataforma média.

Na parte norte da área a plataforma média e externa apresentam pequenas áreas isoladas com textura predominantemente siltico-argilosa.

2.1 Facies Arenosa

Esta facies é formada por areias de granulometria média a muito fina e apresenta uma composição mineralógica quartzosa dominante. Em alguns casos a areia se enriquece pela presença de uma terminal grosseira ocasionada pelos calcários biodetríticos e em outros casos pela presença dupla de terminais, grosseira e fina oferecida pela presença de lama e biodetritos (Figura 4).

2.1.1 Areia Quartzosa

A distribuição das areias quartzosas puras sem terminais são caracterizadas por um número pequeno de classes texturais (3-4), são unimodais, apresentam a classe modal bem expressiva (mais que 60%); esta se encontra localizada no intervalo 2-3 ϕ e em algumas áreas no intervalo 3-4 ϕ (Figura 5). Estas classes representam areias bem classificadas com uma assimetria praticamente negativa e uma classificação leptocúrtica para a curtose. Estes dados coincidem aproximadamente com as areias de praias atuais.

Se observarmos as figuras 6,7 e 8, podemos notar que a área de predomínio

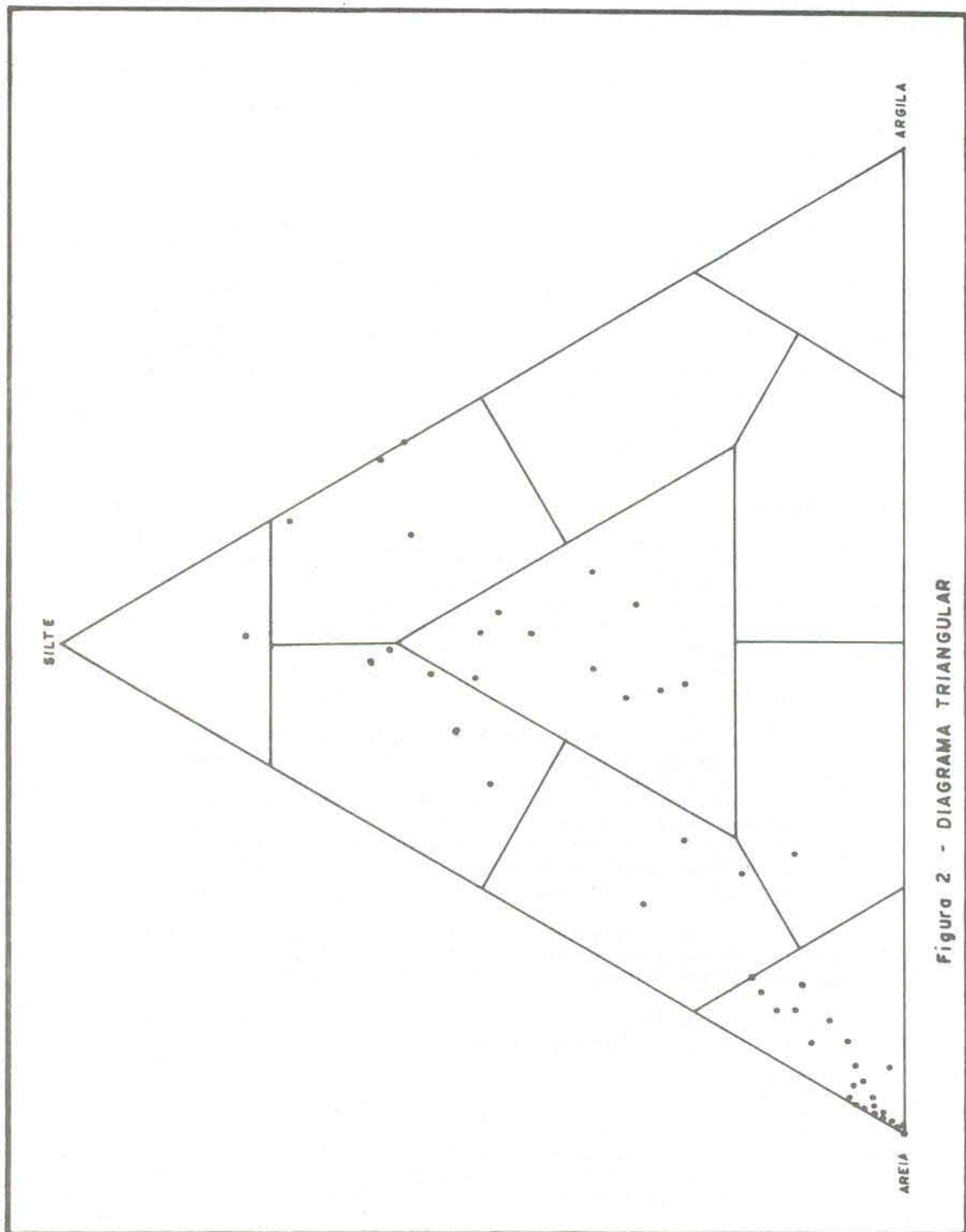
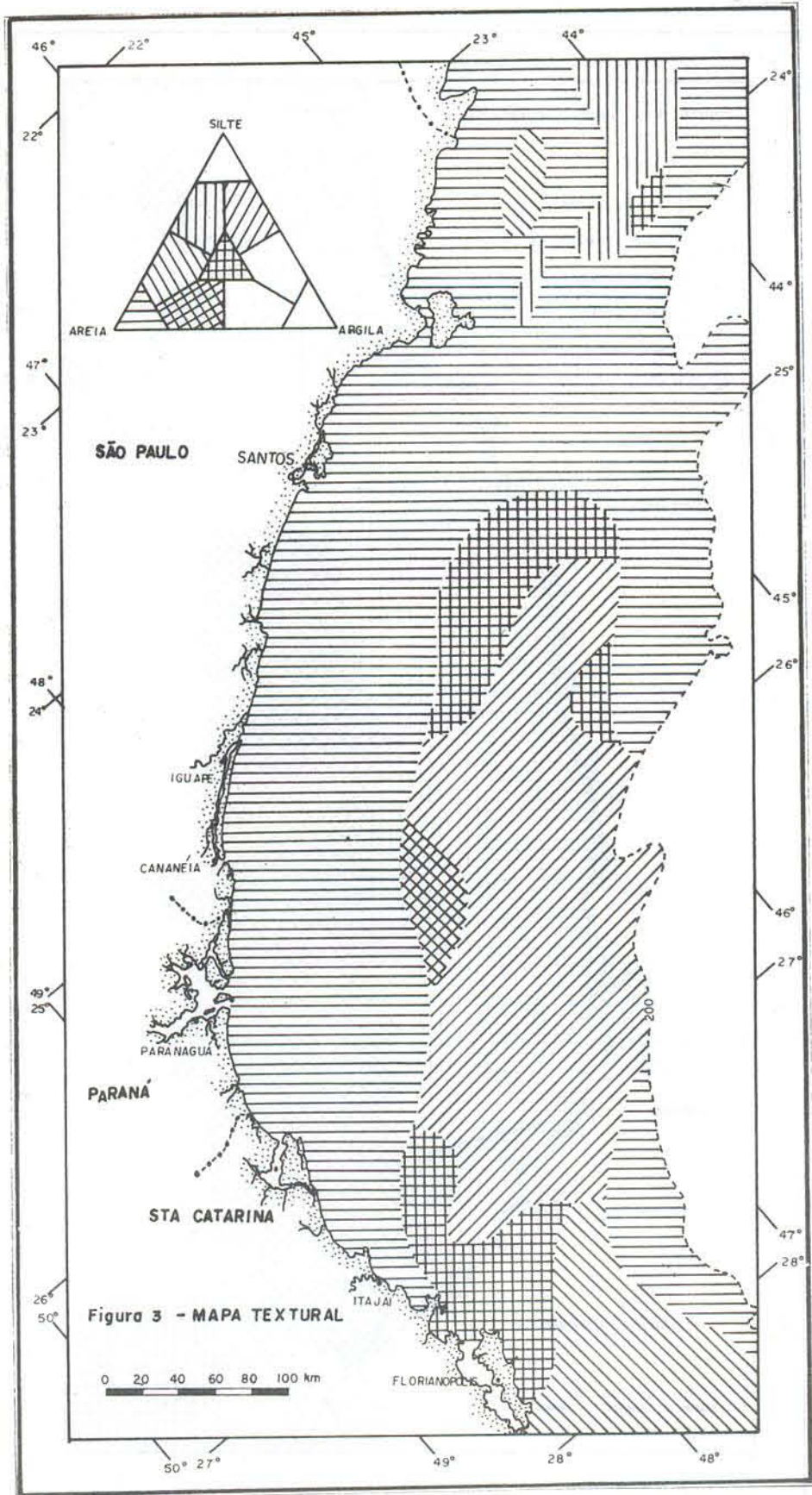
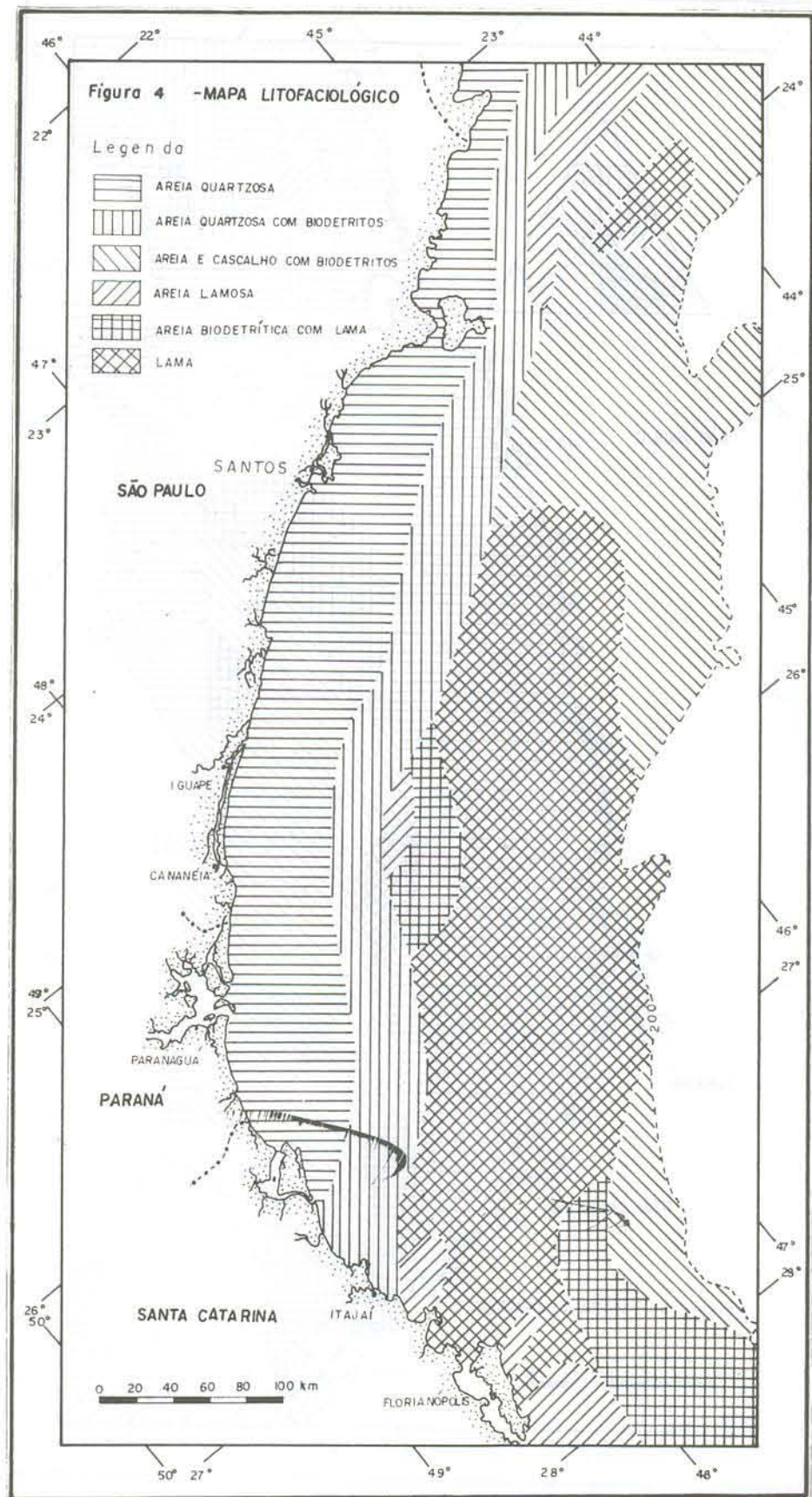


Figura 2 - DIAGRAMA TRIANGULAR





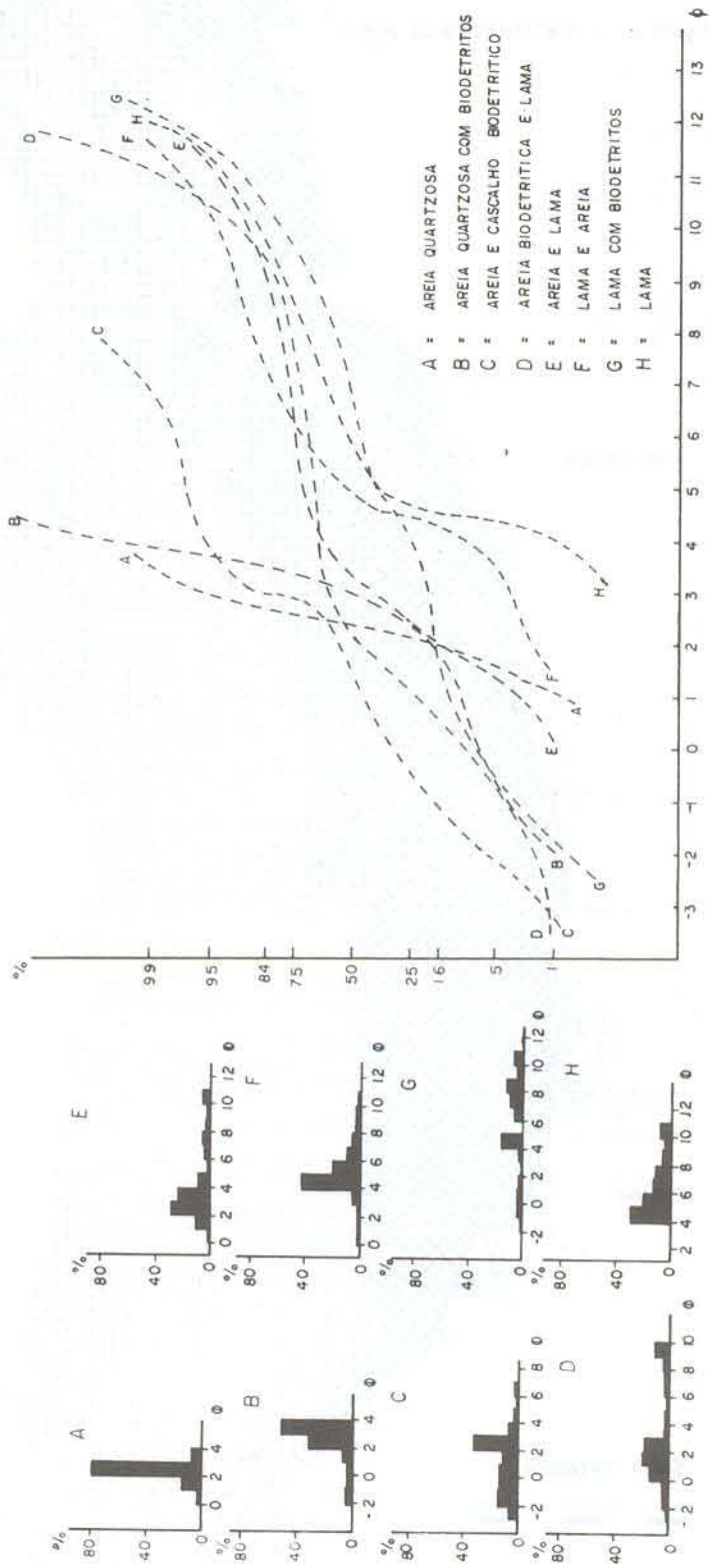
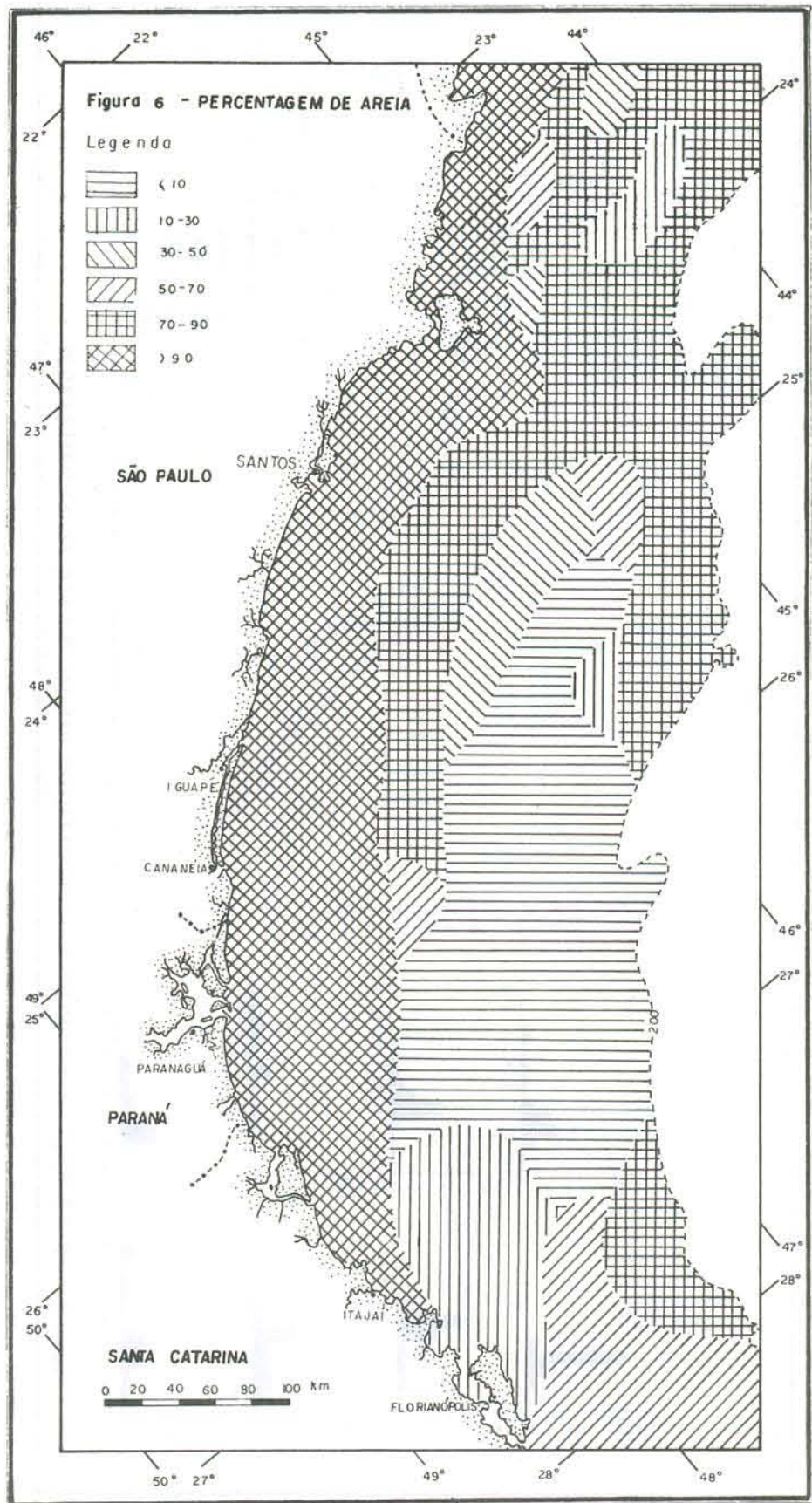
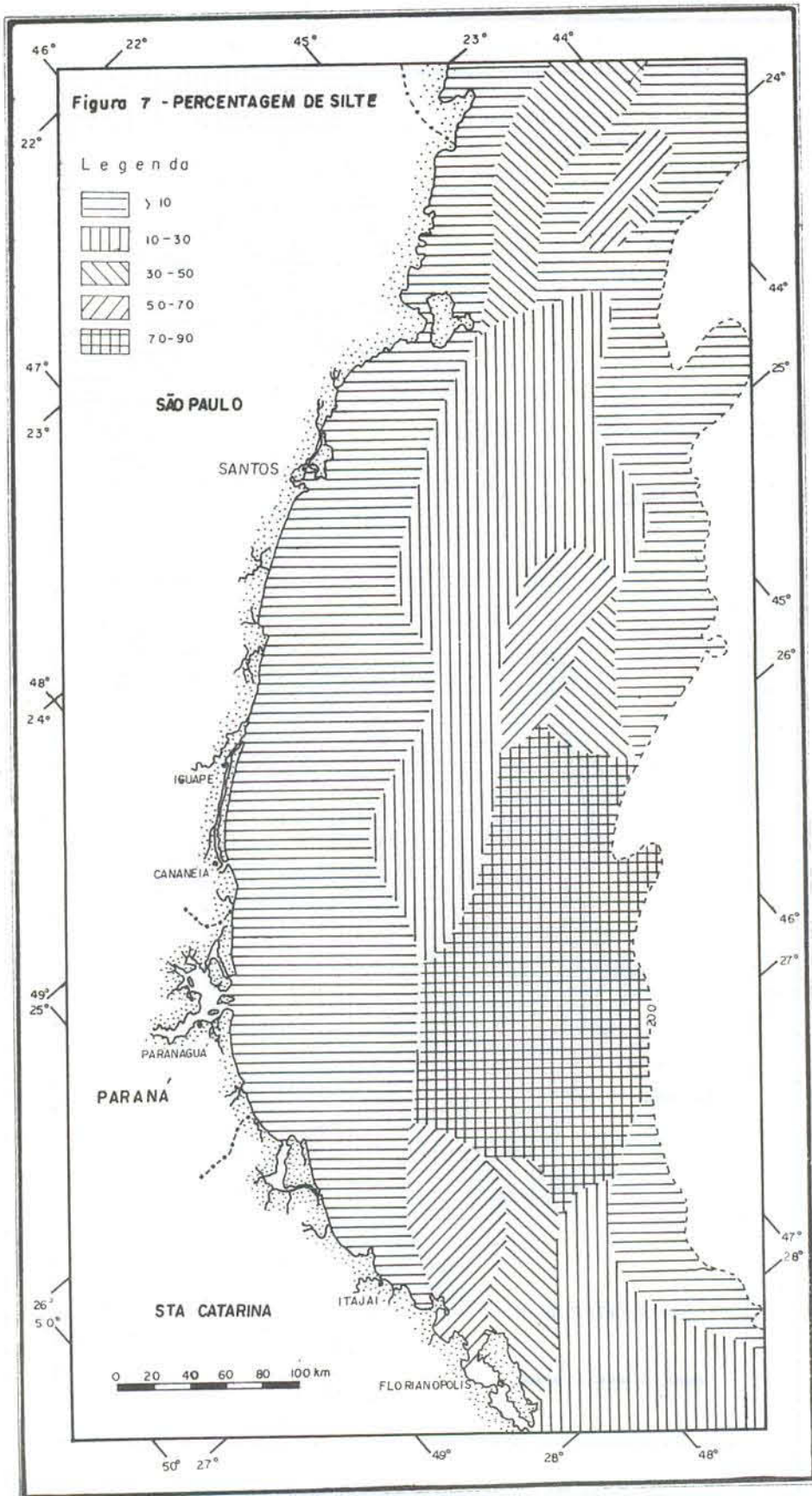
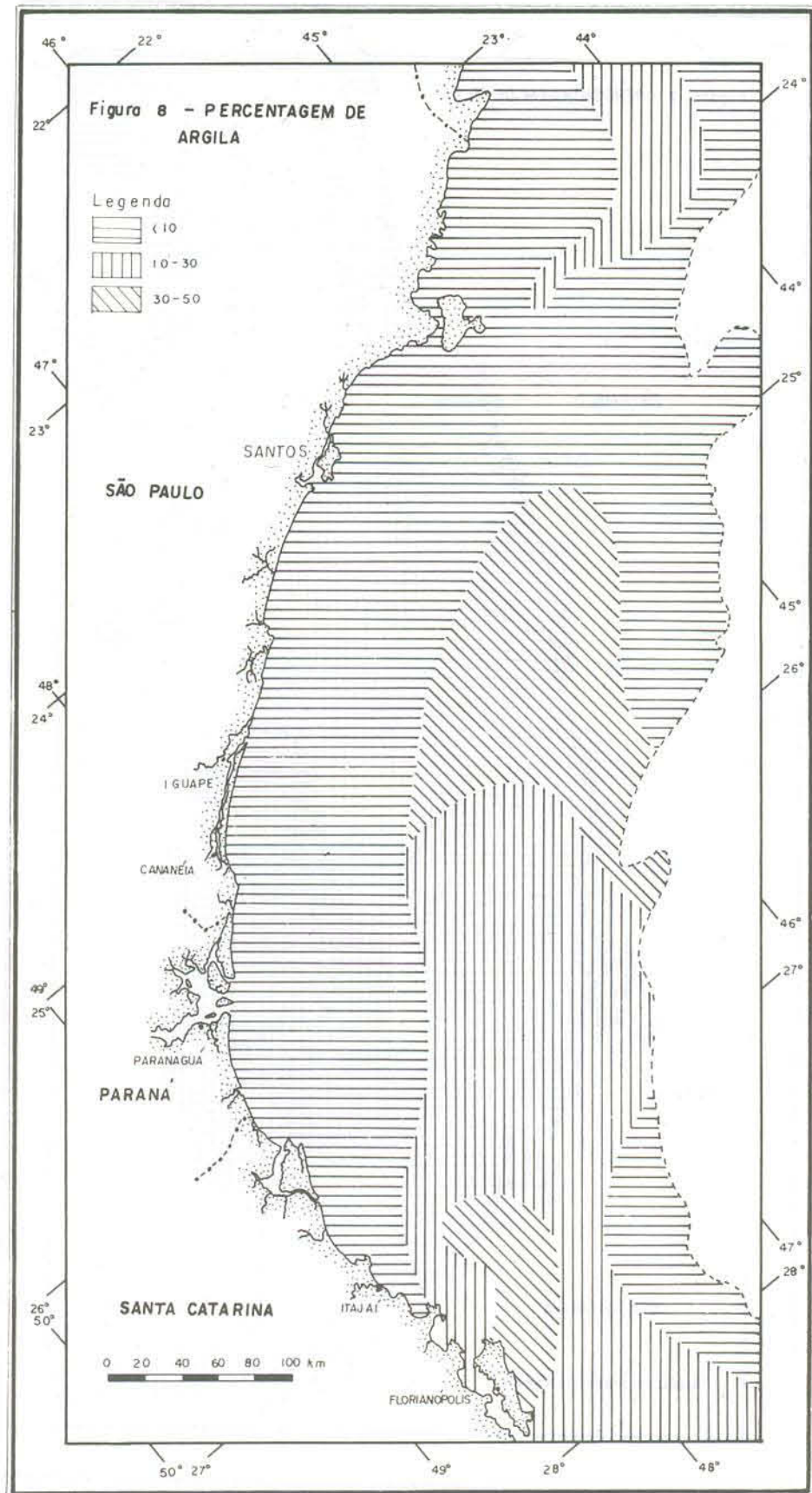


Figura 5 - DISTRIBUIÇÕES GRANULOMÉTRICAS REPRESENTATIVAS DAS FÁCIES E SUB-FÁCIES OBSERVADAS







minância das areias quartzosas apresentam teores de silte e argila praticamente nulos enquanto que as porcentagens de areia chegam a valores superiores a 90%. Estes sedimentos distribuem-se por toda a plataforma interna da área estudada.

2.1.2 Areia Quartzosa com Biodetritos

Os sedimentos de composição areno-quartzosos com biodetritos apresentam um número mais elevado de classes texturais (6-13) em relação ao grupo anterior, enquanto a classe modal principal se localiza no intervalo areia fina a muito fina (2-3 e 3-4 ϕ). A expressão da classe modal é bem menor (40 a 50%) (Figura 5). Esta fácies representa sedimentos pobremente classificados e com uma assimetria levemente positiva a simétrica, sua curtose apresenta-se leptocúrtica. Na figura 9 podemos observar que esta fácies coincide com a área de concentração de cascalho com teores em torno de 10%, os quais foram constatados serem de composição biodetrítica.

As porcentagens de silte e argila são insignificantes (Figuras 7 e 8), enquanto que as de areia se mostram maiores que 90% (Figura 6). Esta fácies se distribui também na plataforma interna mais afastada da costa que a fácies anterior.

2.1.3 Areia Quartzosa com Biodetritos e Lama

Esta fácies apresenta uma população principal de areia quartzosa com terminal grosseira (areia) e fina (lama), são normalmente caracterizadas por um número bastante elevado de classes texturais (10-15), bi ou polimodais com pequena expressão da classe modal (Figura 5). Esta se apresenta muito pobremente classificada devido ao enriquecimento dos terminais. Estes sedimentos se encontram distribuídos pela plataforma média em áreas esporádicas.

Podemos notar que quando os sedimentos não apresentam contaminação por terminais, a população quartzosa apresenta-se caracteristicamente bem classificada e madura tanto textural como mineralogicamente, o que vem a indicar que estes sedimentos se acumularam em ambientes litorâneos ou de plataforma rasa com apreciável energia ambiental.

2.1.4 Areia e Cascalho Biodetrítico

As areias e os cascalhos biodetríticos são formados em grande parte por fragmentos carbonáticos; embora apresentando granulometria grosseira possuem características texturais bastante semelhantes às areias quartzosas. Este comportamento pode ser explicado pela presença de uma única população genética (carbonática) e não de uma mistura populacional.

Esta fácies é caracterizada por apresentar um número moderado de classes texturais (10-14) sendo normalmente unimodal, com uma expressão da classe modal de 20 a 30%. Nestas distribuições a classe modal se situa no intervalo 1-2 ϕ preferencialmente (areia média) (Figura 5). Estes sedimentos são formados especialmente por algas, moluscos e foraminíferos. São sedimentos pobremente classificados e leptocúrticos.

Através dos mapas de porcentagem de areia, silte e argila (Figura 6, 7 e 8), podemos notar que os teores de silte e argila apresentam-se bastante baixos, menores que 20% em média, enquanto as areias apresentam teores maiores que 70%. No mapa de distribuição de cascalho (Figura 9) podemos notar que nesta zona os teores chegam a alcançar 20%.

Estes sedimentos acham-se distribuídos na plataforma média da parte norte da área estudada e em uma pequena área na plataforma externa na parte sul, na altura da ilha de Florianópolis.

2.2 Facies Areno-Siltico-Argilosa

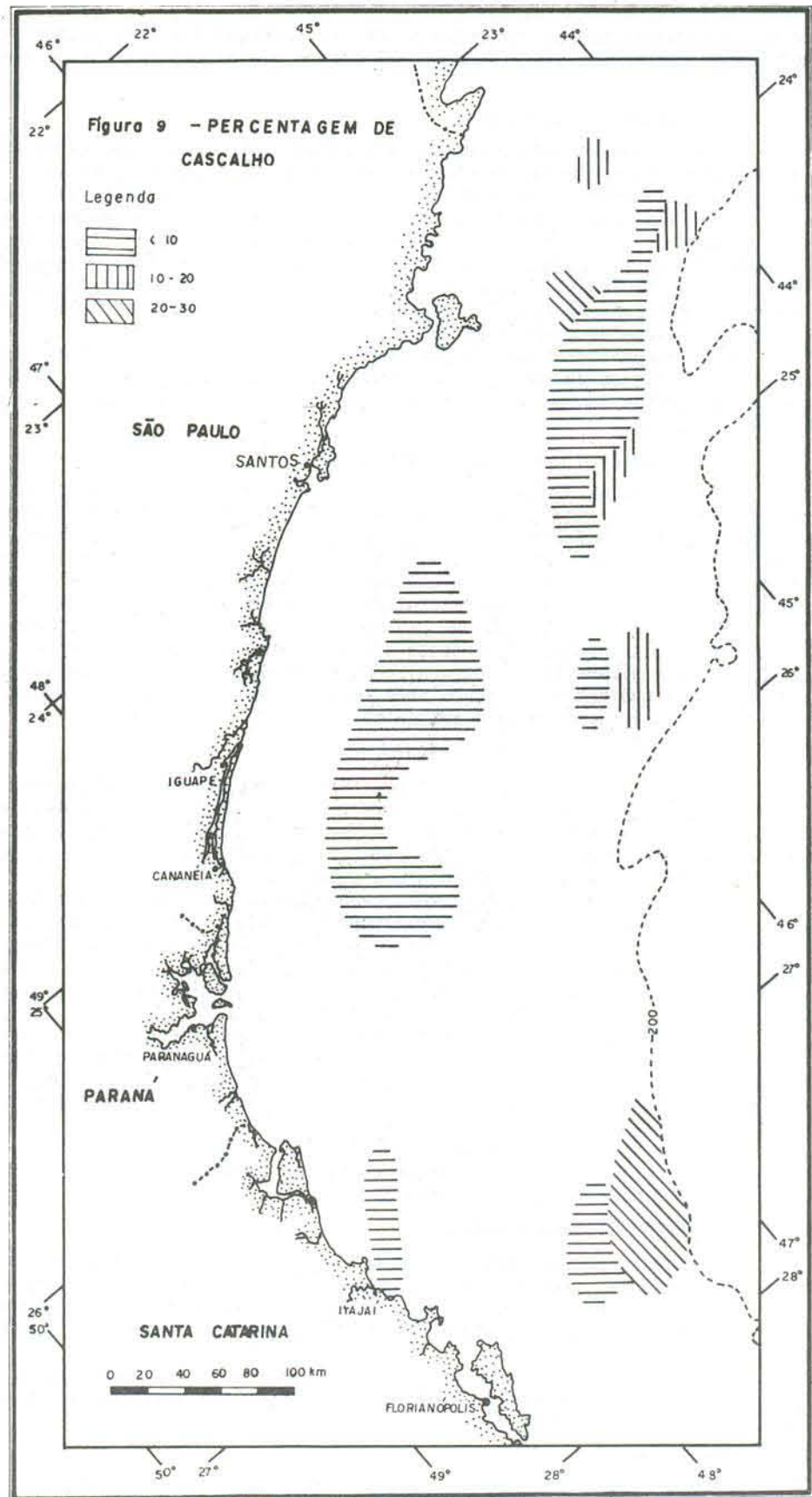
Acha-se representada por uma granulometria variada desde areia siltica a silte arenoso, além de misturas proporcionais de areia/silte/argila.

Esta fácies acha-se distribuída em áreas esporádicas da plataforma média, apresentam texturas variadas com distribuições unimodais a polimodais (Figura 5).

Estes sedimentos apresentam uma classificação de pobre a muito pobre e leptocúrtica. Sua assimetria apresenta-se fortemente positiva devido a um enriquecimento da terminal fina da curva.

2.3 Facies Lamosa

Esta fácies é texturalmente constituída por siltes argilosos cujas distribuições granulométricas são caracterizadas pela presença de um grande



número de classes texturais (8-14), bi ou polimodais e com uma pequena incidência percentual da classe modal (menor que 30%) (Figura 5). Estes sedimentos são pobremente classificados provavelmente pelo enriquecimento da terminal grosseira, sua assimetria é fortemente positiva e apresenta-se totalmente platicúrtica.

Através das figuras 6,7 e 8, podemos notar que o teor de areia não ultrapassa a 30 e 40%, enquanto as argilas se encontram dentro de uma faixa de 10 a 50% e os siltes em porcentagens sempre superiores a 50%.

Estes sedimentos acham-se distribuídos na plataforma média da área estudada, isolados do continente por uma faixa arenosa e do talude por uma faixa de sedimentos areno-cascalhosos.

3-VARIAÇÃO DOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS

3.1 Variação do Diâmetro Médio (Mz)

O diâmetro médio indica a tendência central do tamanho médio dos grãos dos sedimentos. Segundo SAHU (1964) o tamanho médio representa a energia cinética média do agente de deposição embora seja também dependente da distribuição de tamanho de grão dos materiais disponíveis como fonte.

Se observarmos o mapa de variação do diâmetro médio (Figura 10) podemos verificar a existência de oito populações granulométricas distintas ou seja, areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina, silte grosso, silte médio e silte fino.

A população areia média é expressiva na parte norte da área nas proximidades da ilha de São Sebastião; distribui-se nesta área desde a plataforma interna até a externa.

Esta zona reflete um nível energético mais elevado que as restantes onde o material grosseiro fornecido por fontes próximas ou de zonas relíquias se mantém sem contaminação por populações mais finas.

As populações areia fina e muito fina dominam o restante da plataforma interna.

As populações silte grosso, médio e fino, distribuem-se pela parte mais central da área coincidindo com a plataforma média e parte da externa, retratando uma dinâmica ambiental menos ativa.

As populações areia muito grossa e grossa apresentam-se distribuídas em uma faixa na plataforma externa. Estas populações separam os sedimentos finos da plataforma média do talude continental. Estes sedimentos são constituídos de material biodetrítico.

3.2 Variação do Desvio Padrão

O desvio padrão mede o grau de seleção de um sedimento indicando as flutuações do nível energético, do agente deposicional e sua capacidade de classificar os materiais ali mobilizados. Entretanto se não houver disponibilidade de diferentes tamanhos de grão no fornecimento ao agente de deposição, as diferenças energéticas não serão retratadas no material acumulado, o que mostra que a distribuição de tamanho dos materiais da área fonte influencia, de certo modo, o grau de seleção dos sedimentos deposicionais em um dado ambiente, SAHU (1964).

O mapa de variação do desvio padrão apresentado na figura 11 reflete com exatidão o processo de selecionamento a que foi submetida a plataforma continental da área estudada.

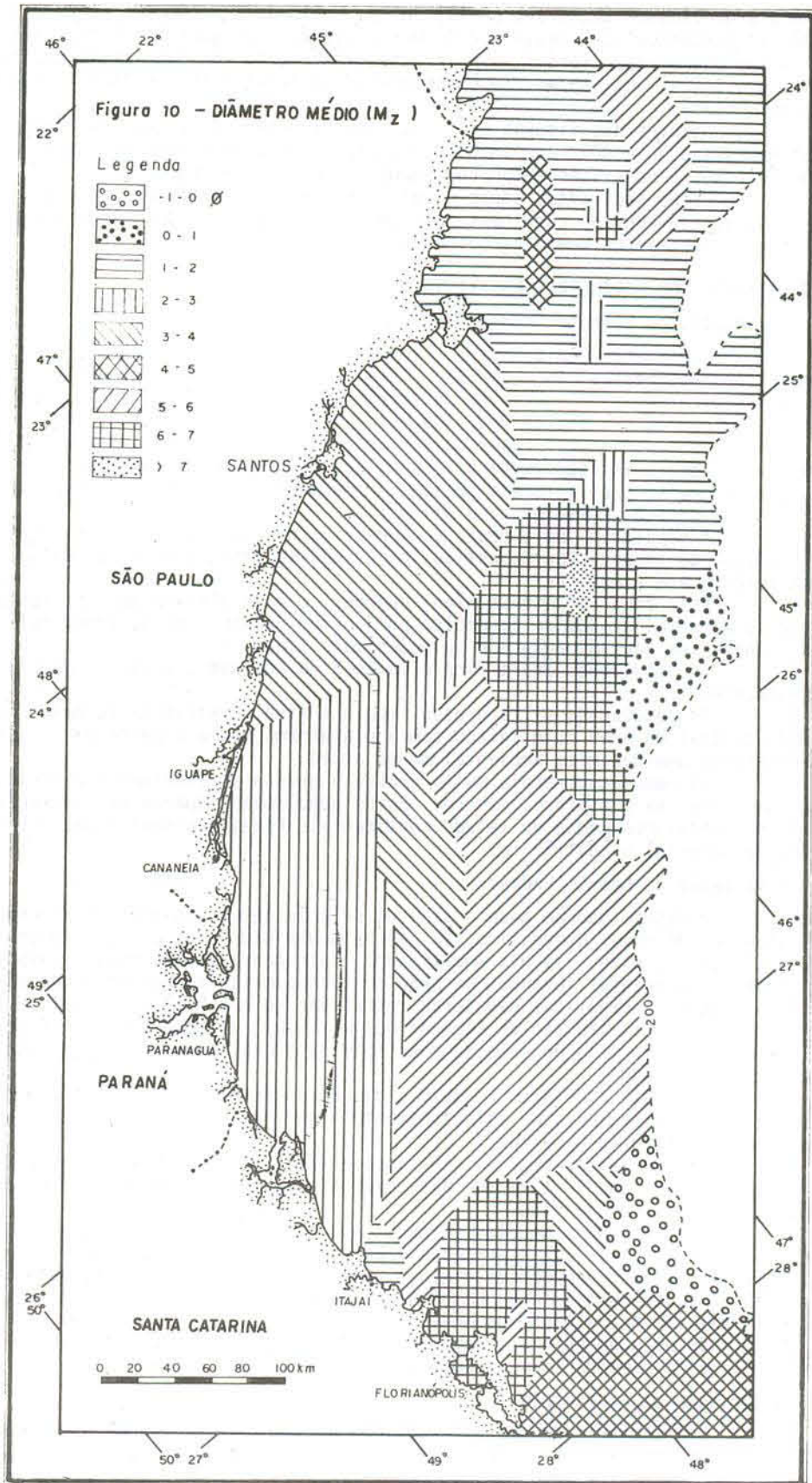
Os sedimentos bem classificados estão distribuídos ao longo das áreas marginais onde a atividade das ondas e a pequena profundidade inibem a deposição de material fino.

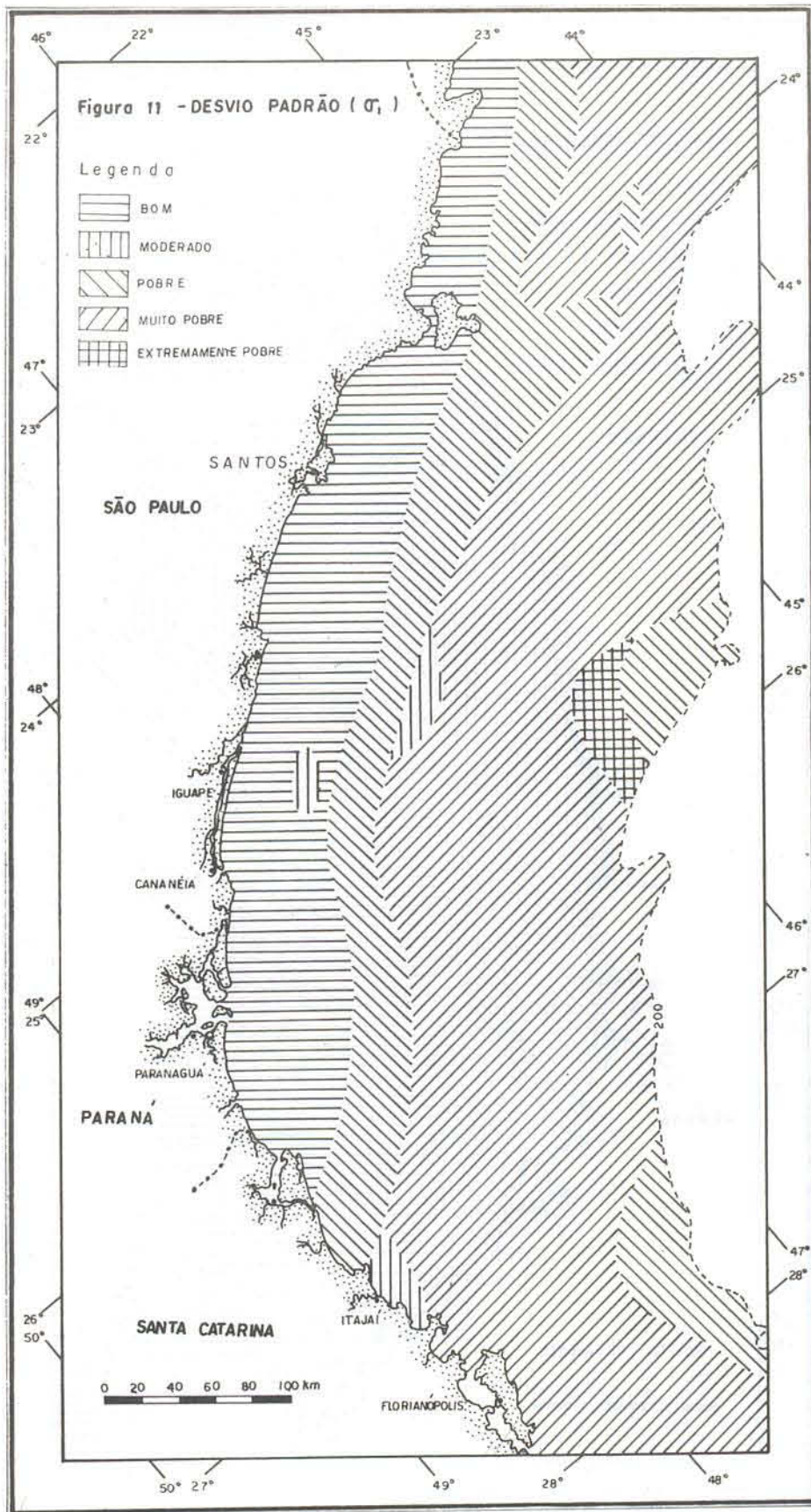
Os sedimentos de classificação pobre encontram-se distribuídos em uma faixa contínua de sul a norte da área coincidindo com a plataforma média onde a efetividade energética diminui progressivamente com a profundidade. Entretanto os sedimentos muito pobremente classificados se distribuem em toda a plataforma externa e parte da média.

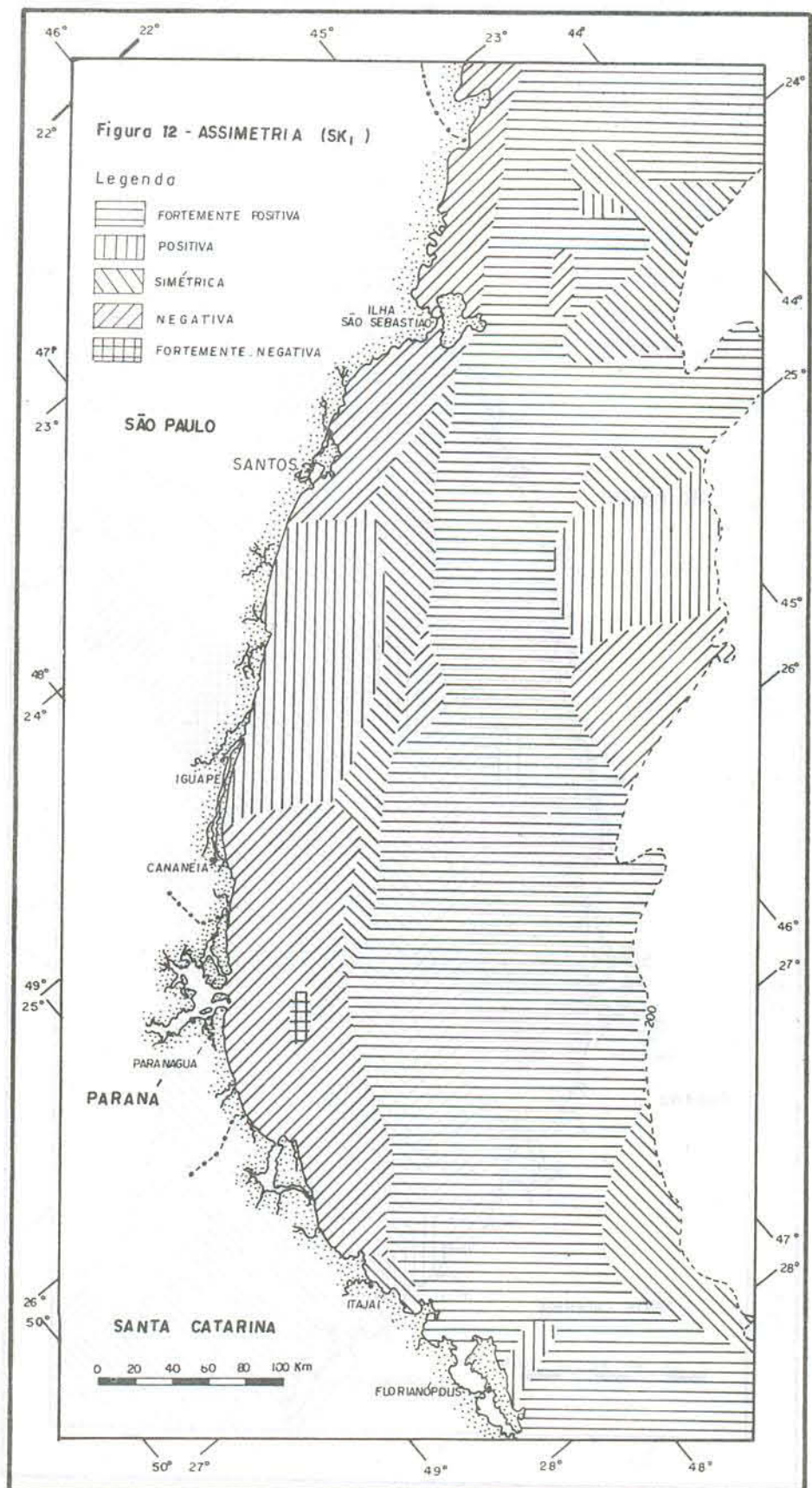
De um modo geral, o comportamento da variação do desvio padrão mostrou-se muito semelhante ao encontrado em outras plataformas.

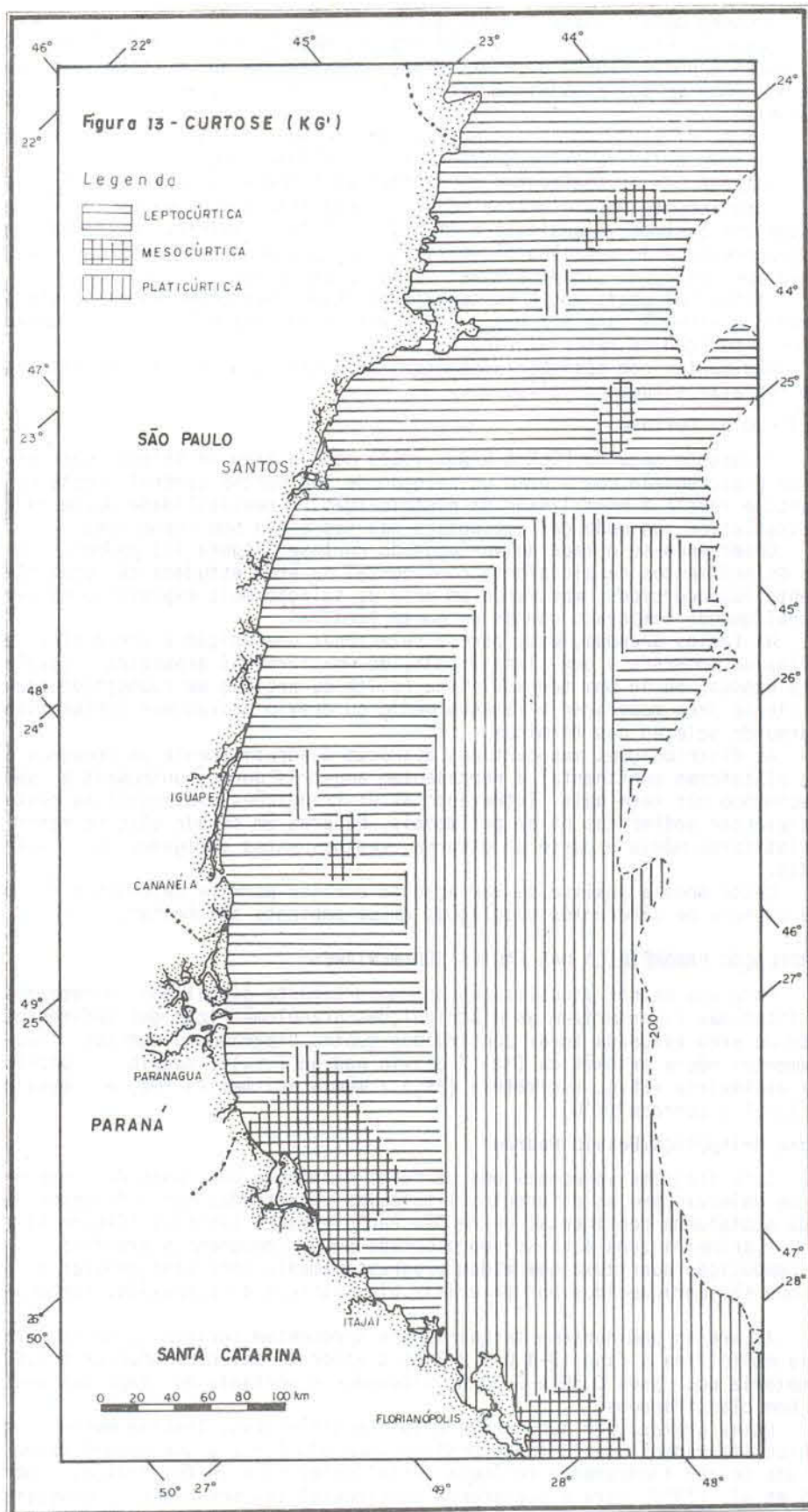
3.3 Variação da Assimetria

A assimetria de uma distribuição granulométrica traduz a posição da mediana com relação à média aritmética. Em um sedimento onde temos a predominância do material grosseiro sobre os finos a assimetria é negativa mostran









do que o tamanho médio é mais elevado que a mediana.

Segundo estudos de FOLK & WARD (1957), MASON & FOLK (1958), MARTINS (1965), HAILS & HOYST (1969) e CRONAN (1972) constataram que a assimetria tem se mostrado como um dos parâmetros estatísticos mais sensíveis na caracterização ambiental.

O mapa de variação da assimetria apresentado na figura 12, mostra-se diagnóstico no que diz respeito à expressão da dinâmica atual.

Nota-se que os sedimentos da plataforma interna na parte sul da área são predominantemente de assimetria negativa, enquanto que os da parte norte apresentam uma assimetria positiva e em algumas áreas simétrica, evidenciando com isso a presença de cascalho biotritico na população areia muito fina. Esta área apresenta uma dinâmica atual de baixa expressão.

Sedimentos positivos a fortemente positivos são encontrados na plataforma média e externa, uma vez que ali o nível de energia mais baixo promove uma maior deposição de material fino.

Sedimentos com assimetria negativa localizados na plataforma externa parecem retratar situações reliquias.

3.4 Variação da Curtose

A curtose segundo FOLK & WARD (1957) mede o grau de seleção dos extremos da distribuição com o grau de seleção de sua porção central. Deste modo a curtose revela a normalidade da distribuição. A sensibilidade deste parâmetro estatístico nas mudanças ambientais não são ainda bem conhecidas.

Observando-se o mapa de variação da curtose (Figura 13) podemos notar que os sedimentos da plataforma continental da área estudada são predominantemente leptocúrticos, mostrando um grau de seleção mais expressivo na parte central quando comparado com as da parte terminal.

Na facies arenosa, este parece relacionar uma adição à areia fina e muito fina de moderada a bem classificada, de uma terminal grosseira (areia média ou grossa) ou de uma terminal fina (silte ou argila) em quantidade pouco suficiente para modificar o tamanho médio ou desvio padrão mas influenciando no grau de seleção das terminais.

As distribuições mesocúrticas aparecem esporadicamente em pequenas áreas da plataforma continental e representam amostras puras, unimodais e sem enriquecimento nas terminais. Entretanto as distribuições platocúrticas costumam representar sedimentos bi ou polimodais. Na área em estudo elas se restringem à plataforma média e parte da externa, regiões estas abrigadas das ondas.

Deste modo a análise de variação da curtose permite determinar o grau de mistura de diferentes populações em um ambiente sedimentar.

4-INTERRELAÇÃO PARAMÉTRICA DAS FACIES SEDIMENTARES

Para uma melhor visualização do comportamento global dos parâmetros estatísticos que caracterizam as distribuições granulométricas dos sedimentos de fundo da área estudada foram construídos quatro diagramas dispersos respectivamente: média aritmética (M_z) / desvio padrão (σ_1), desvio padrão (σ_1) / assimetria (SK_1), assimetria (SK_1) / média aritmética (M_z) e desvio padrão (σ_1) / curtose ($K'G$).

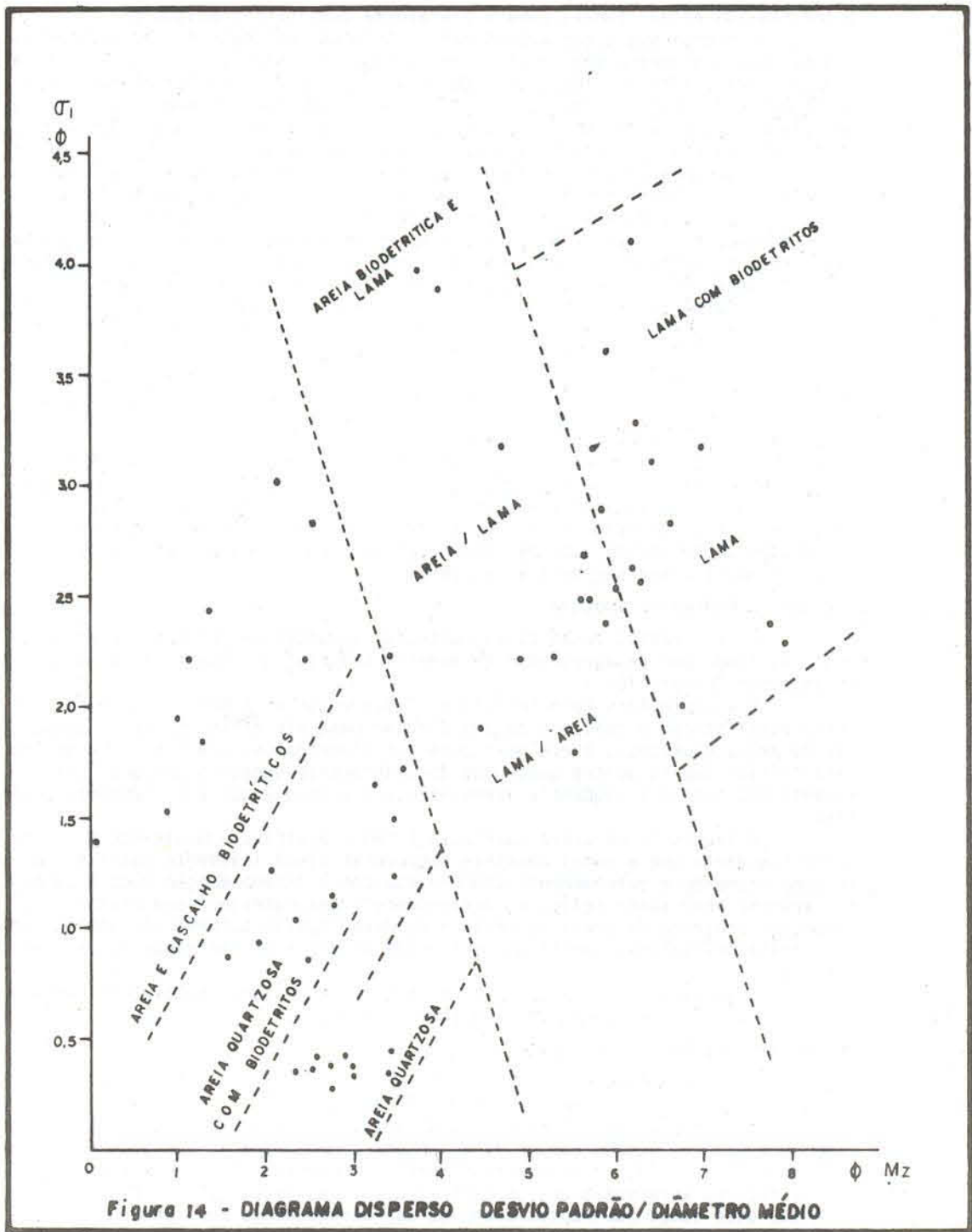
4.1 Média Aritmética/Desvio Padrão

Este diagrama apresenta uma perfeita distinção por zonas de concentração de valores para as diferentes litologias encontradas nos sedimentos de fundo da plataforma continental entre São Paulo e Santa Catarina (Figura 14).

A primeira zona acha-se representada pelos componentes arenosos finos de composição quartzosa que mudam progressivamente para mais grosseiros à medida que são enriquecidos por materiais bioclásticos de composição carbonática.

As areias predominantemente quartzosas apresentam incidência no intervalo areia muito fina a fina (3-4 ϕ e 2-3 ϕ) e valor de seleção inferior a 0,60 ϕ , na maioria dos casos 0,50 e 0,30 ϕ , situando-se portanto no campo dos sedimentos bem classificados.

Estas areias, por suas propriedades estatísticas, lembram muito os sedimentos litorâneos atuais tanto praias como elólicos, o que poderá representar uma feição tipicamente reliquia desta facies como já foi indicado por MARTINS et al. (1967) para a plataforma continental sul brasileira e uruguaia



e por MARTINS et al. (1972) para a plataforma continental amazônica.

À medida que estas areias vão se tornando enriquecidas em sedimentos grosseiros, o diâmetro médio sofre uma variação do intervalo de areia fina (2-3 ϕ) para o intervalo de areia média (1-2 ϕ). Nota-se igualmente um aumento no valor do desvio padrão e conseqüentemente um empobrecimento do índice de seleção o qual é devido à presença de duas populações granulométricas; quartzosa (terrígenos) e bioclástica (calcário biogênico).

A segunda zona encontra-se representada pela seqüência granulométrica pelítica da plataforma da área estudada. O diâmetro médio desta zona varia de silte fino (6-7 ϕ) a silte extremamente fino (7-8 ϕ). Os índices de seleção representados em valores quantitativamente bastante elevados, indicam uma classificação muito pobre. Como observação geral podemos notar que à medida que o diâmetro médio diminui, aumenta a má classificação do material.

A terceira zona de concentração acha-se representada pelos componentes areno-lamosos ou pelas lamas-arenosas, com um diâmetro médio situado nos intervalos areia muito fina (3-4 ϕ) e silte médio (5-6 ϕ).

Os índices de seleção apresentados mostram uma classificação de pobre a muito pobre (1-4 ϕ), o que indica uma heterogeneidade no material. Certas amostras deste grupo apresentam componentes biodetríticos os quais são provavelmente os responsáveis por estas características.

Em razão da mistura ocorrente nesta zona entre areia e lama em proporções variáveis, os valores tanto para o primeiro como para o segundo momento estatístico não são tão concentrados como ocorre nas duas zonas anteriormente descritas, podendo ter-se desta forma três zonas não perfeitamente determinadas em função da sobreposição de alguns pontos; estas servem para explicar a ampla dispersão da área em geral.

4.2 Desvio Padrão/Assimetria

As diferentes zonas de concentração de material por tipo de recobrimto de fundo não se apresentam de maneira tão distinta quanto as do diagrama anterior (Figura 15).

O aspecto mais característico parece estar no sinal do terceiro momento estatístico, o qual nos dá uma divisão bastante nítida entre a seqüência de areia quartzosa, areia quartzosa com biodetritos, areia e cascalho biodetrítico que se mostra quase que predominantemente negativo tendendo para levemente positivo e a seqüência areno-lamosa e a lamosa que é nitidamente positiva.

A seqüência de areia quartzosa é bem classificada mostrando sinal negativo enquanto que algumas amostras apresentam sinal levemente positivo. Este comportamento é extremamente concordante com a interpretação dada à seqüência arenosa como sendo relíquia, pertencente a uma cobertura sedimentar litorânea com presença de areia de praia e de duna. Muitos autores têm obtido em seus trabalhos valores negativos para areia de praia e simétricos para areia de duna.

A seqüência lamosa e a areno-lamosa apresentam-se totalmente com assimetria positiva, característica destes sedimentos.

4.3 Assimetria/Média Aritmética

Conforme podemos observar na figura 16 também a assimetria é função do tamanho médio dos sedimentos de plataforma.

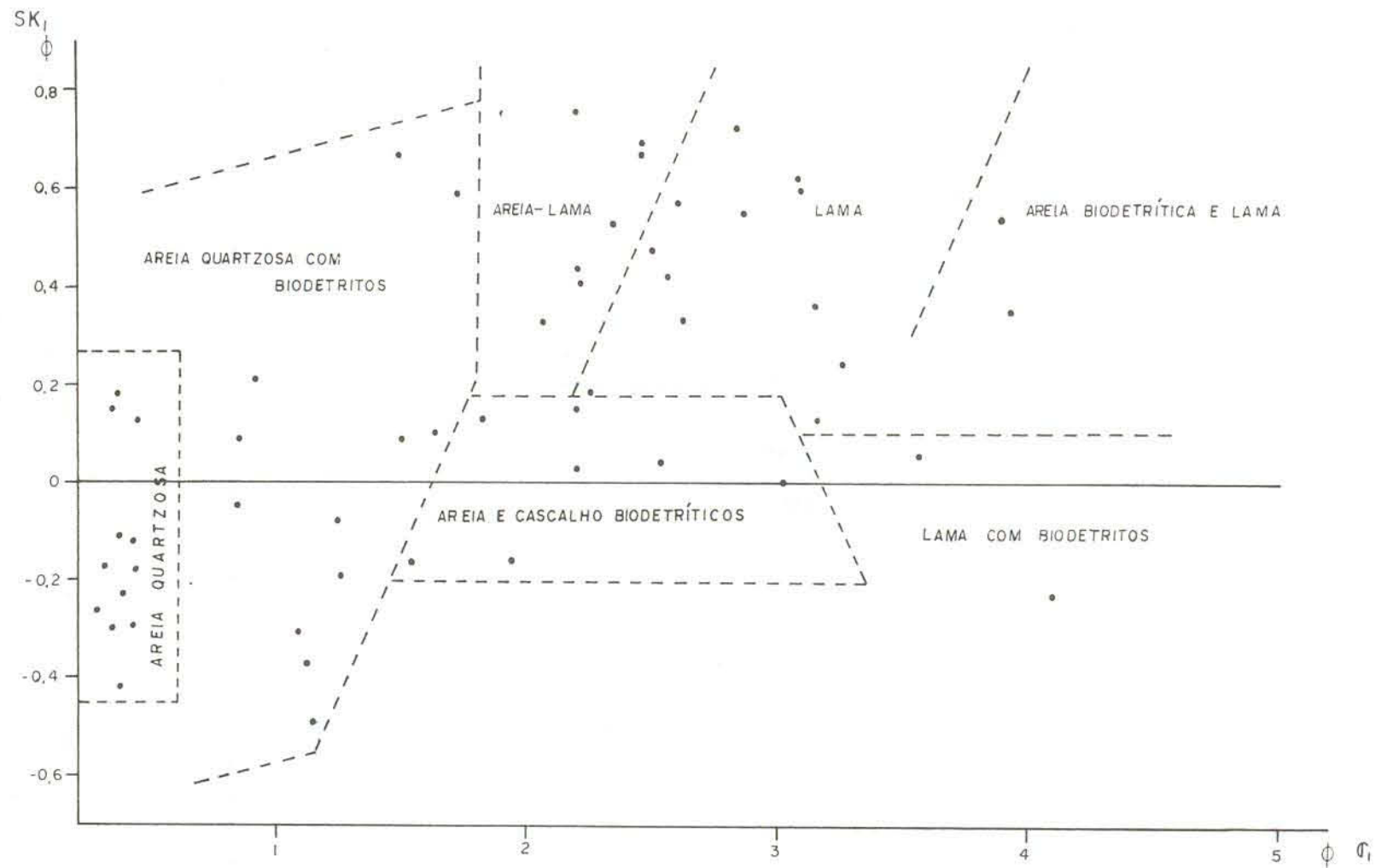
A facies arenosa apresenta sedimentos com assimetria tanto positiva como negativa. De acordo com os dados observados no mapa de variação deste parâmetro na figura 12, os sedimentos arenosos ocorrentes na plataforma continental interna apresentam uma assimetria negativa, exceto a área entre Iguape e Santos onde estes sedimentos arenosos são enriquecidos por sedimentos finos.

A facies areno-siltico-argilosa apresenta uma assimetria positiva, conseqüência da predominância dos materiais finos à moda arenosa.

A facies lamosa apresenta uma assimetria predominantemente positiva, característica deste tipo de sedimento.

As características da distribuição aqui analisada confirmam as idéias de FOLK & WARD (1957) e DUANE (1964) no que diz respeito à sensibilidade da assimetria na caracterização de ambientes. Ela é negativa sempre que os sedimentos forem submetidos a um processo que lhes remova os finos. É positiva quando a sedimentação fina promovida pelo baixo nível energético ambiental do

Figura 15 - DIAGRAMA DISPERSO ASSIMETRIA / DESVIO PADRÃO



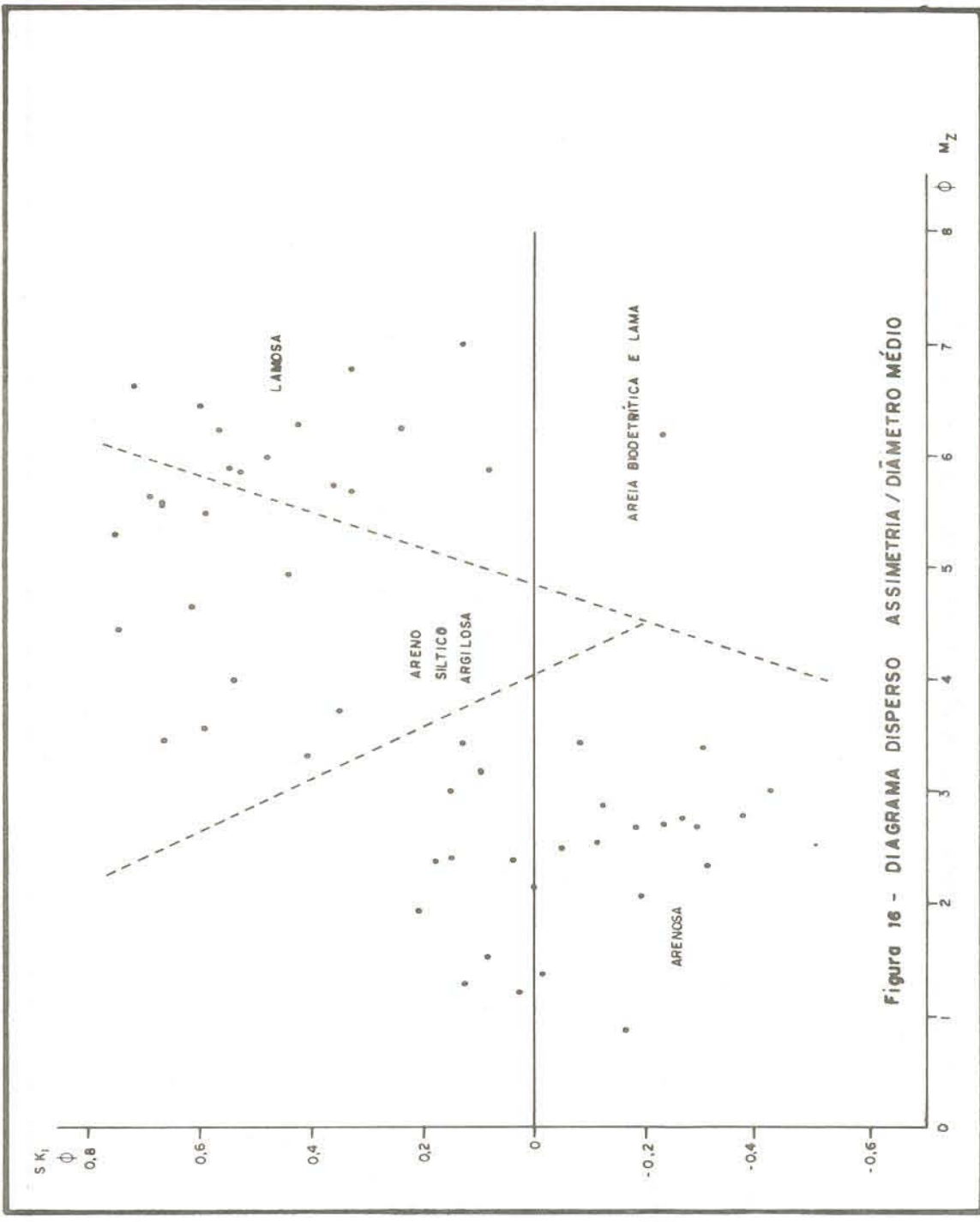
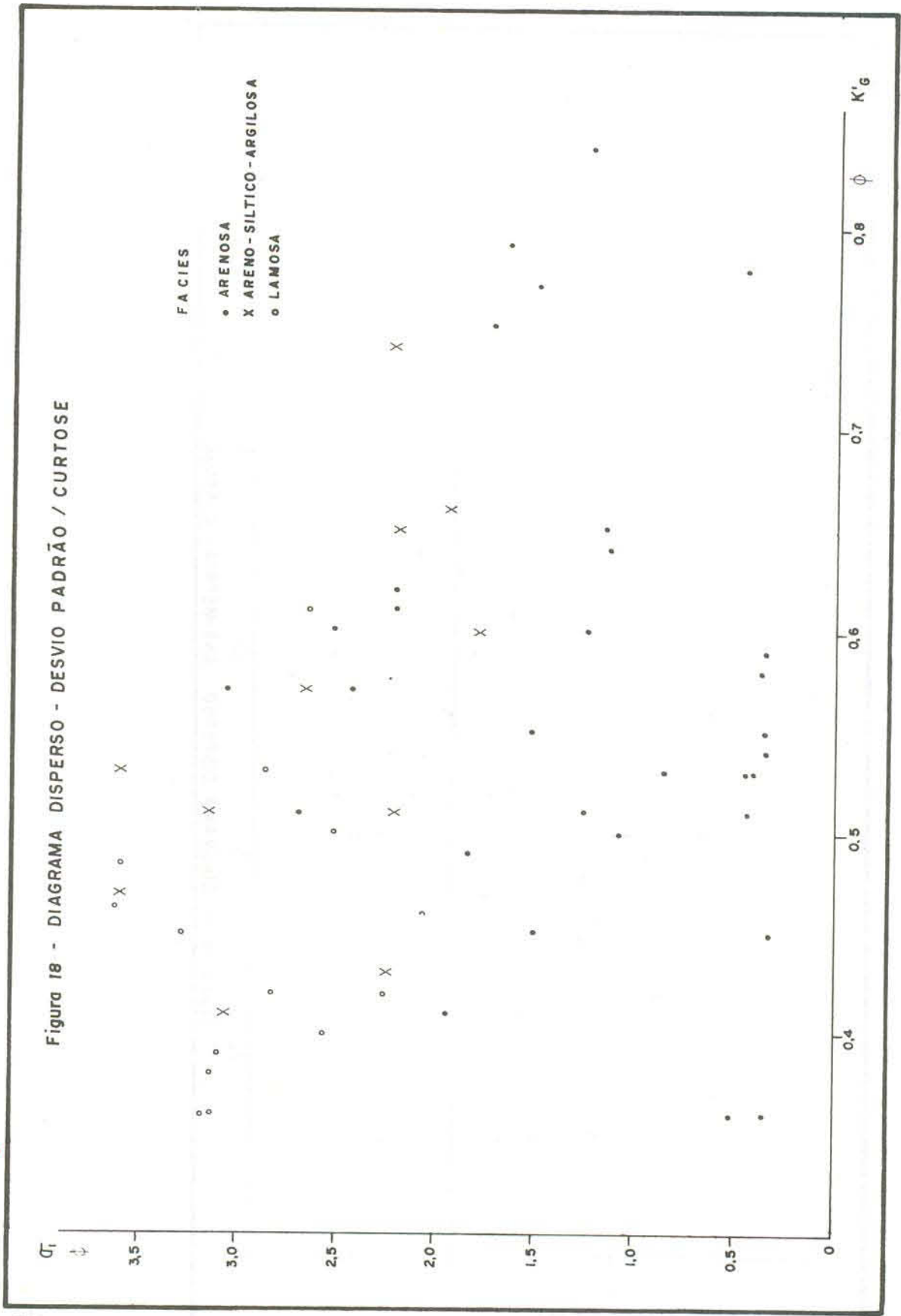


Figura 16 - DIAGRAMA DISPERSO ASSIMETRIA / DIÂMETRO MÉDIO



mina sobre a grosseira.

4.4 Assimetria/Curtose

O diagrama apresentado na figura 17 não mostra um comportamento definido para as facies observadas na plataforma continental da área estudada.

Tanto a assimetria como a curtose dependem das proporções entre as classes modais dominantes nestes sedimentos. Com isso o diagrama disperso retrata para a área estudada uma ampla variação entre as proporções de areia e silte, provavelmente devido à dinâmica deposicional desta área.

Podemos notar que a facies arenosa apresenta uma assimetria negativa enquanto que os valores da curtose não se afastam dos de distribuição unimodal. Entretanto os sedimentos das demais facies têm assimetria positiva e a curtose variando de leptocúrtica à platicúrtica, consequência de um excesso de finos sobre os grosseiros ou vice-versa.

4.5 Desvio Padrão/Curtose

Da mesma forma que o diagrama anterior, este não permite estabelecer um comportamento distinto para as facies da plataforma continental.

Podemos observar sobre a figura 18 que os sedimentos da facies arenosa apresentam um desvio padrão de bem a pobremente classificado e apresentam uma curtose de meso a leptocúrtica.

Os sedimentos das demais facies não apresentam uma boa relação entre estes dois parâmetros texturais, provavelmente devido à mistura de diversas populações granulométricas.

5-DIAGRAMA "CM"

Através dos aspectos texturais apresentados por um sedimento podemos caracterizar o agente que proporcionou a sua deposição. PASSEGA (1957, 1964) em seus estudos observou que esta relação é particularmente evidenciada se a textura for representada por dois parâmetros granulométricos, ou seja, o valor do 1º percentil e o valor do diâmetro mediano, os quais são representados por "C" respectivamente. Segundo o autor o padrão obtido em um diagrama construído em um papel di-logarítmico, locando-se o ponto correspondente a cada amostra na intersecção dos valores de "C" em ordenadas e "M" em abscissas, é característico do agente deposicional que ali atuou.

Com a finalidade de apresentar a imagem granulométrica dos sedimentos da plataforma continental da área estudada, foi elaborado o diagrama "CM" (Figura 19).

O diagrama "CM" dos sedimentos das diversas facies da plataforma continental mostra um padrão que nos permite afirmar, se o compararmos com o gráfico apresentado por PASSEGA & BYRAMJEE (1969), que a facies arenosa apresenta valores de C e M maiores que 1mm e se encontram na extrema direita do campo I estabelecido por PASSEGA & BYRAMJEE (1969), os quais são caracterizados por sedimentos depositados por rolamento próximos das áreas fontes ou transportados através de ambientes onde a sedimentação por suspensão foi escassa. Estes sedimentos se situam na plataforma interna e podem ser classificados como sedimentos transicionais os quais podem ser denominados de relíquias.

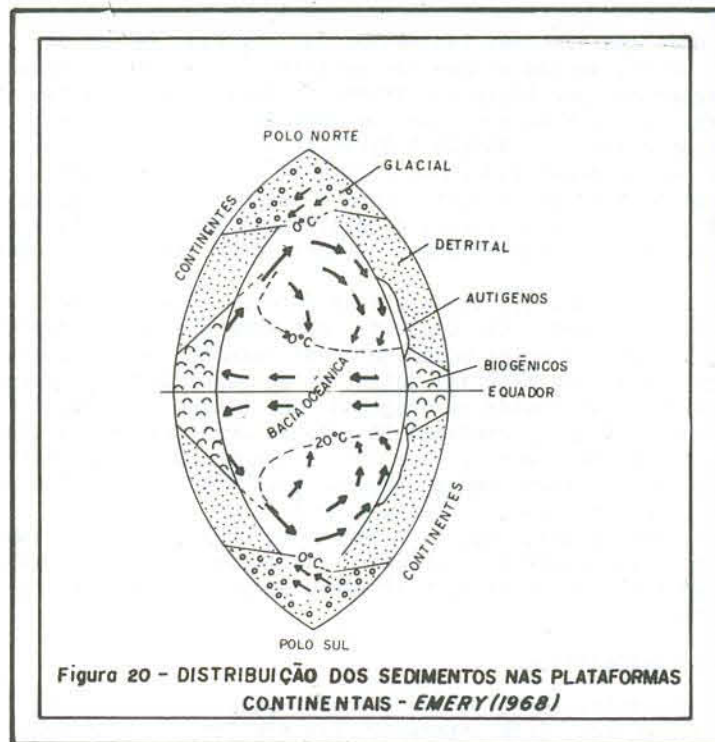
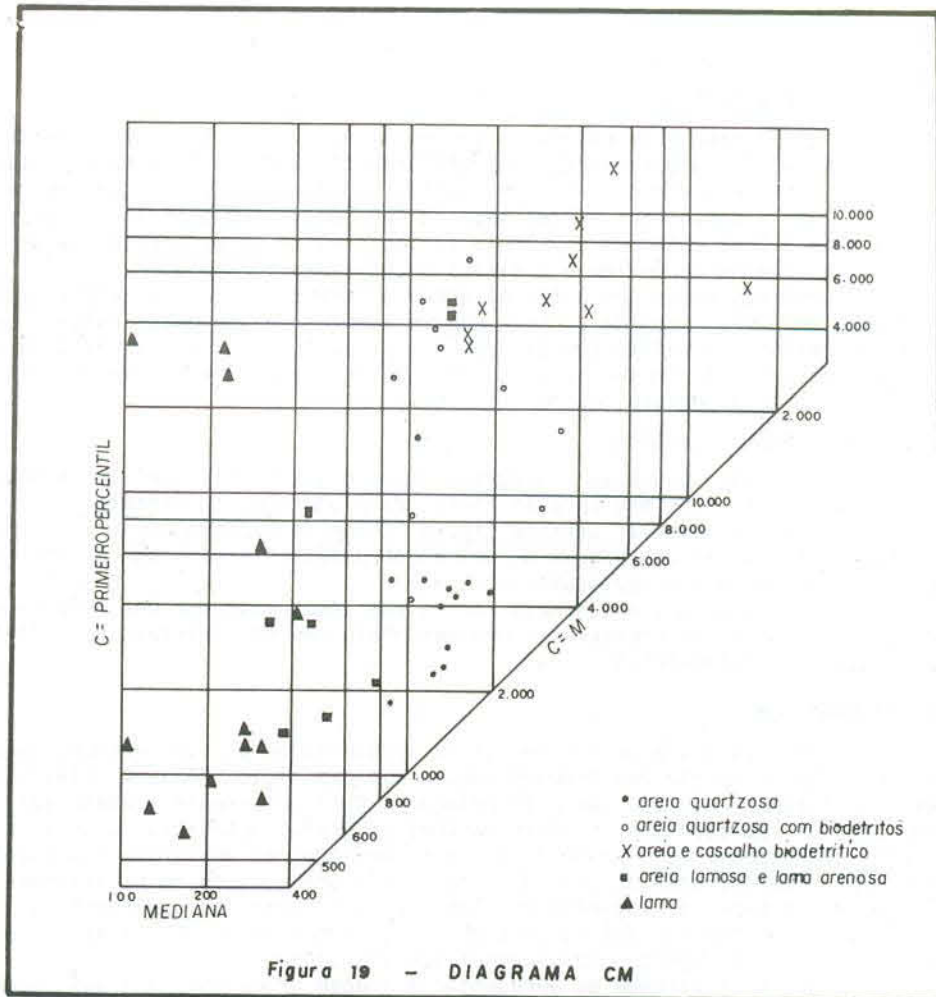
A facies areno-siltico-argilosa apresenta valores de C em torno de 1 a 10mm e M de 0,2 a 1mm e são classificados como sedimentos depositados por rolamento e suspensão; estes podem ser considerados como sedimentos que sofreram um recobrimento por material mais fino de deposição mais recente. Esta facies se encontra distribuída no diagrama "CM" dentro dos campos I e II.

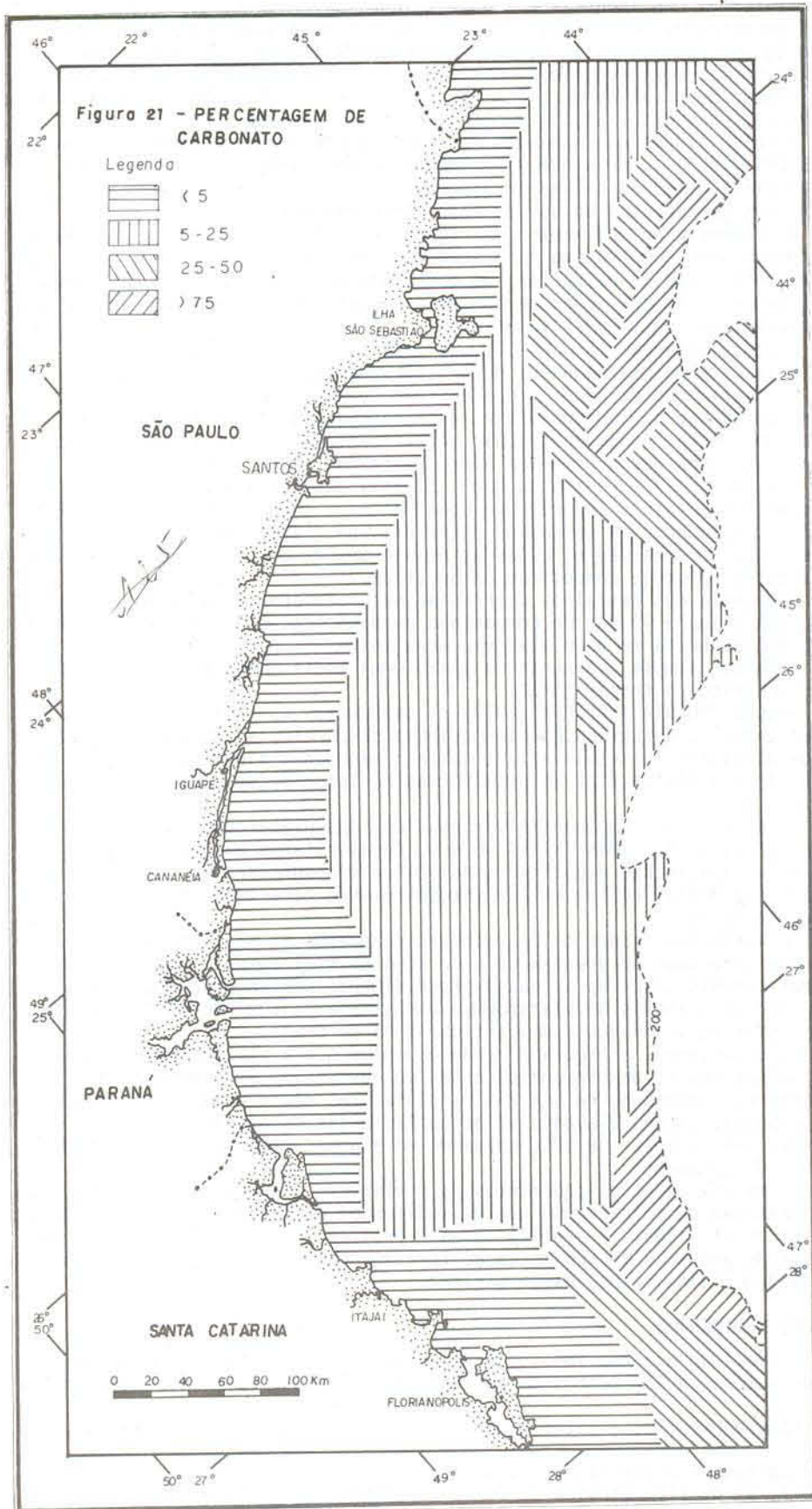
A facies lamosa apresenta-se como de deposição por suspensão gradacional com valores de C menores que 2mm e M menor que 0,4mm. Estes sedimentos se localizam na plataforma média. Segundo KOWSMANN et al. (1976) esta facies corresponde a lama holocênica transgressiva.

Com estes dados, podemos observar no mapa textural (Figura 3) que a plataforma da área estudada é caracteristicamente uma plataforma do tipo transgressiva com sedimentos na plataforma externa, bordejando o talude, do tipo relíquia.

6-SEDIMENTOS CARBONÁTICOS

Os ambientes sub-litorâneos ocupam águas com profundidades que vão dos 20 aos 200 metros. Este intervalo coincide com a profundidade limite de





muitas plataformas continentais e alguns taludes superiores. Os sedimentos carbonáticos encontrados dentro deste habitat representam geralmente uma transição entre águas rasas e fácies de mar profundo. Muitos dos carbonatos depositados em plataformas continentais consistem de materiais depositados durante a última elevação do nível do mar, 5 a 15 mil anos atrás (MILLIMAN & EMERY, 1968) misturados com carbonatos atuais e componentes plantônicos.

A solubilidade do carbonato de cálcio diminui com o aumento de temperatura. EMERY (1968) sugeriu que a sedimentação dos carbonatos biogênicos aumenta nas plataformas de baixas latitudes, sendo as concentrações maiores do lado oeste dos continentes do que do lado leste dos mesmos (Figura 20).

A afluência de sedimentos terrígenos não só dilui os grãos carbonáticos mas também pode soterrar muitos carbonatos de origem orgânica. Esta é uma das causas principais da baixa taxa de carbonato nas zonas de *nearshore* enquanto que as máximas concentrações carbonáticas usualmente ocorrem sobre as plataformas externas ou nos taludes superiores.

Podemos observar (Figura 21) que a plataforma continental entre São Paulo e Santa Catarina se enquadra na descrição acima citada.

A maioria dos carbonatos que ocorrem sobre a plataforma continental da área estudada são do tamanho areia, entretanto moluscos, foraminíferos e fragmentos de conchas podem contribuir significativamente como elemento constituinte dos cascalhos que ocorrem em áreas restritas (Figura 9).

MILLIMAN (1972) constatou que a maioria dos cascalhos ocorrentes sobre a plataforma e talude superior do cabo Hatteras são carbonáticos. CORREA et al. (1978) estudando os cascalhos ocorrentes na plataforma continental interna das áreas de Albardão e Mostardas no Rio Grande do Sul, constataram que a maioria destes eram de composição carbonática.

A maioria dos cascalhos ocorrentes na plataforma interna e externa da área estudada (Figura 9) são de composição carbonática, coincidindo com dados já conhecidos do restante da plataforma brasileira.

A fácies lamosa ocorrente na plataforma média apresenta teores de 5 a 25% de carbonato na fração total.

Segundo MOLNIA & PILKEY (1972) os carbonatos do tamanho silte e argila são derivados da desagregação bio-mecânica de partículas maiores e em menor quantidade de micro-constituintes. Os autores mencionam ainda que muitos dos carbonatos de granulação fina em plataformas refletem provavelmente deposição moderna.

Geralmente os componentes carbonáticos das plataformas são de idade holocênica. Segundo MILLIMAN (1974) oóides, foraminíferos e moluscos de águas rasas foram provavelmente depositados durante a transgressão holocênica do nível do mar. Sedimentos relíquias são freqüentemente caracterizados por sua aparência retrabalhada.

Ao serem analisados os cascalhos encontrados na plataforma, podemos observar que os mesmos apresentam um alto grau de fraturamento, bem como foram encontradas conchas inteiras as quais provavelmente pertencem a organismos que vivem em condições atuais de plataforma. Estes materiais biodetríticos fraturados podem estar relacionados a uma antiga linha de praia.

Se observarmos a figura 21 podemos notar que a plataforma estudada apresenta baixos teores de carbonato; estes se apresentam em torno de 5% na plataforma interna aumentando de 5 a 25% na plataforma média e parte da externa, mostrando apenas valores elevados em áreas restritas da plataforma externa onde os teores são maiores que 50%, chegando em algumas áreas a atingir valores de 80 a 90% de carbonato.

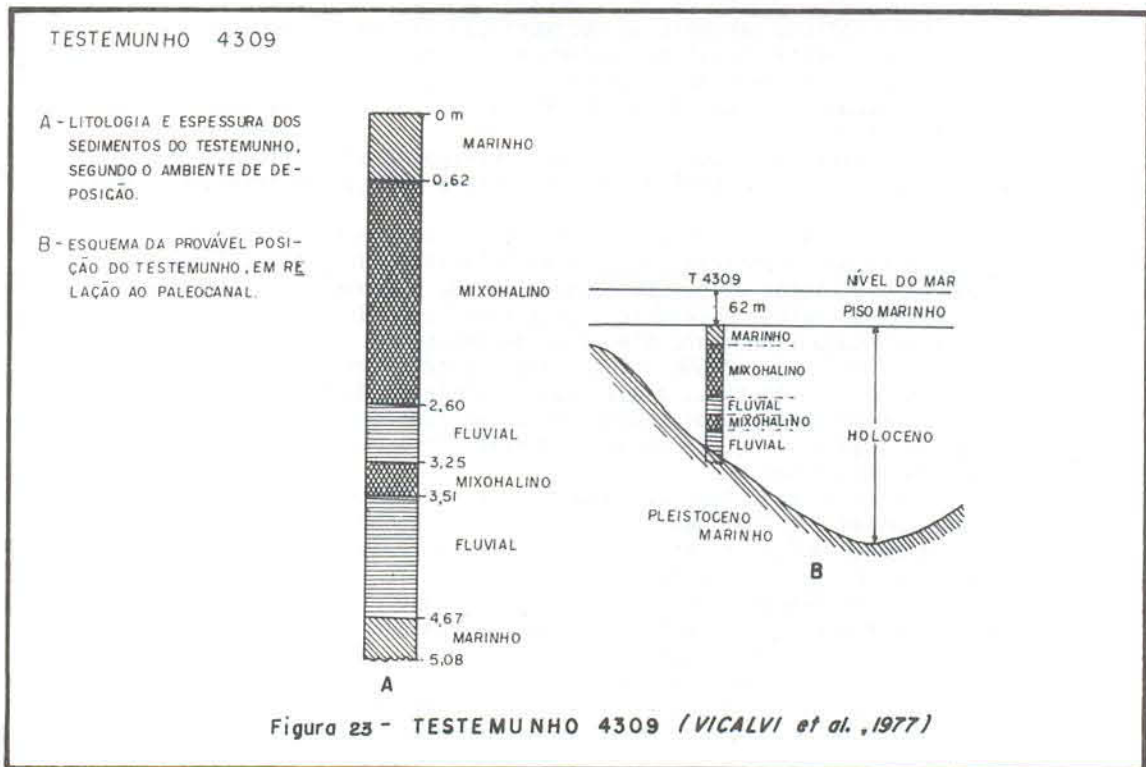
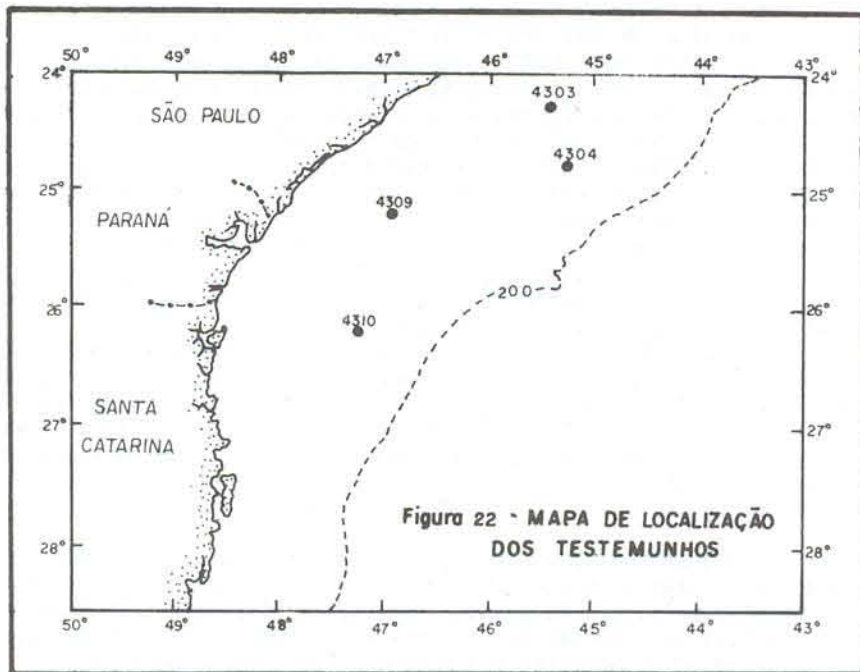
Em muitos casos os sedimentos da plataforma externa tendem a ter uma maior porcentagem de calcário do que os sedimentos de plataforma interna ou média (PILKEY et al. 1969). A explicação mais provável é que a plataforma externa tem sofrido uma taxa de sedimentação terrígena mais baixa que a plataforma interna desde a última transgressão marinha.

7-IDADE DOS SEDIMENTOS

O nível do mar, no início da transgressão Flandriana, é estabelecido por vários autores a 130 metros de profundidade (CURRAY, 1965; MILLIMAN & EMERY, 1968).

FAIRBRIDGE (1961) situa-o, por sua vez, a uma profundidade de 100 metros.

KOWSMANN & COSTA (1974) estudando a costa sul brasileira determinaram dois níveis, um de 110 metros e outro de 170 metros de profundidade. O nível



de 110 metros corresponde provavelmente, segundo os autores, à primeira estabilização do nível do mar dentro da transgressão Flandriana.

Por outro lado CURRAY (1965) sugeriu que o mar, durante o início da transgressão do Wisconsiniano médio estava próximo à isóbata de 145 metros. Com os dados imprecisos do registro pleistocênico, esta profundidade não fica tão longe do segundo nível determinado por KOWSMANN & COSTA (1974) a 170 metros de profundidade. Poderíamos datar este nível em 40 mil anos e o nível de 110 metros como pertencente ao início da transgressão Flandriana, ou seja, 18 mil anos. Logicamente não podemos excluir nessa hipótese a possibilidade de uma pequena subsidência concomitante ter ocorrido na área.

SANTOS (1972) estudando a região do rio Amazonas determinou um nível erosional a 180 metros de profundidade e propôs a este uma idade pleistocênica com base na fauna ocorrente nas amostras.

VICALVI et al. (1977) estudaram quatro testemunhos obtidos na plataforma continental de São Paulo (Figura 22) no aspecto faunístico e puderam assim, estabelecer variações eustáticas do nível do mar nesta área.

O testemunho 4303 caracterizou sedimentos depositados em ambiente marinho raso a medianamente profundo; sua composição era areno-quartzosa fina, mosqueada por lama e com presença de biodetritos. Este testemunho encontrava-se a uma profundidade de 68 metros. Sua idade foi estabelecida como holocênica.

O testemunho 4304 coletado a uma profundidade de 104 metros apresentou uma composição areno-quartzosa com biodetritos mostrando alguns níveis de cascalho biodetrítico. Uma amostra retirada a 0,15 metros do topo do testemunho foi datada pelo método do Carbono-14 e revelou uma idade de 12.550 ± 140 anos AP. A idade do material foi estabelecida como holocênica.

O testemunho 4310 obtido a uma profundidade de 97 metros apresentou uma composição areno-quartzosa fina homogênea na parte inferior, enquanto que em sua parte superior apresentava uma textura lamosa. O material é de idade holocênica; as composições litológicas e faunísticas evidenciam a ocorrência da transgressão Flandriana.

O testemunho 4309 foi coletado na plataforma média de São Paulo a uma profundidade de 62 metros perfurando areias marinhas transgressivas, sedimentos acumulados dentro de um paleocanal e uma lama arenosa cujo conteúdo fóssilífero indicou ambiente de sedimentação marinha (Figura 23).

O intervalo basal do testemunho (5,08-4,67m) é composto por uma lama arenosa rica em biodetritos passando a uma areia lamosa e finalmente a uma areia. Os estudos possibilitaram determinar que o intervalo depositou-se em um ambiente marinho.

O intervalo (4,67-0,62m) que corresponde aos sedimentos depositados de paleocanal são compostos de leitos de lama plástica e arenosos, alguns com biodetritos.

O intervalo inferior (4,67-3,51m) é todo estéril em fósseis, segrin do para este uma deposição continental (fluvial). No intervalo seguinte (3,51-3,25m) os organismos existentes compõem-se de foraminíferos bentônicos sendo os plantônicos raros. A característica faunística dos sedimentos que compõem o intervalo sugerem ambiente mixoalino de deposição.

Entre 3,25 e 2,60m o intervalo é estéril em microfósseis apresentando apenas restos vegetais, o qual sugere ambiente de deposição fluvial.

Complementando os sedimentos acumulados dentro do canal, a parte superior da seqüência (2,60-0,62m) evidencia, através do estudo, um retorno às condições mixoalinas.

Finalmente o topo da seqüência de sedimentos (0,62-0m) do testemunho é representado litologicamente por lama arenosa com abundantes biodetritos, principalmente moluscos. As análises caracterizaram este intervalo como de deposição marinha rasa a média.

No testemunho 4309 podemos observar que o mesmo apresenta a passagem de um ambiente fluvial a estuarino, marinho raso e finalmente marinho médio, caracterizando o ciclo transgressivo.

Com estes dados obtidos por VICALVI et al. (1977) podemos determinar que os sedimentos que recobrem a plataforma continental entre São Paulo e Santa Catarina são de idade holocênica, pertencentes à transgressão Flandriana.

8-CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

O interrelacionamento entre os dados obtidos através das análises granulométricas propiciou o estabelecimento de um modelo de sedimentação para

a plataforma continental da área estudada.

A análise textural dos sedimentos de fundo da plataforma continental entre São Paulo e Santa Catarina permitiu agrupá-los em três facies distintas a saber: arenosa, areno-siltico-argilosa e lamosa.

A facies arenosa, dividida em sub-facies areia quartzosa, areia quartzosa com biodetritos, areia quartzosa com biodetritos e lama e areia e cascalho biodetrítico, distribui-se pela plataforma interna e parte da externa. É constituída por areias de granulometria média a muito fina e apresenta uma composição mineralógica quartzosa dominante. Em alguns casos acha-se enriquecida pela presença de uma terminal grosseira ocasionada pelos calcários biodetríticos e em alguns casos pela presença dupla de terminais grosseira e fina oferecida pela presença de lama e biodetritos.

A facies areno-siltico-argilosa acha-se representada por uma granulometria variada desde areia siltica a silte argiloso, além de misturas proporcionais de areia, silte e argila. Esta facies acha-se distribuída em áreas esporádicas da plataforma média e interna.

A facies lamosa é texturalmente constituída por siltes argilosos e acha-se distribuída na plataforma média.

A análise da variação dos parâmetros granulométricos estatísticos de FOLK & WARD revelou-se de grande utilidade na caracterização da sedimentação da plataforma continental da área estudada.

A variação dos valores da média aritmética mostrou ser dependente da hidrodinâmica do ambiente de deposição e também da distribuição de tamanho dos materiais fornecidos pelas áreas fontes. Assim a plataforma interna é constituída praticamente de areia fina a muito fina, a plataforma média e externa na parte norte da área é constituída de areia média com intercalações esporádicas de silte muito grosso a médio. Na parte central e sul da área estudada a plataforma média é constituída de silte médio a fino e a plataforma externa de areia muito grossa e areia grossa.

O desvio padrão mede o grau de seleção de um sedimento indicando as flutuações do nível energético, do agente deposicional e sua capacidade de classificar os materiais ali mobilizados. A variação deste parâmetro confirma com exatidão o processo de selecionamento a que foi submetida a plataforma continental estudada.

Os sedimentos bem classificados distribuem-se ao longo da plataforma interna onde a atividade das ondas e a pequena profundidade inibem a deposição de material fino.

Os sedimentos de classificação pobre encontram-se distribuídos em uma faixa de norte a sul da área, coincidindo com a plataforma média, onde a efetividade energética diminui progressivamente com a profundidade.

Os sedimentos muito pobremente classificados se distribuem em toda a plataforma externa e parte da média.

A variação da assimetria, parâmetro tido como um dos mais sensíveis na caracterização ambiental, mostrou-se dependente da dinâmica atual do ambiente de plataforma e em menor grau dos característicos herdados das áreas fontes.

Os sedimentos da plataforma interna, na parte sul da área, são predominantemente de assimetria negativa, enquanto que os da parte norte de assimetria positiva e em algumas áreas simétricas, evidenciando com isso a presença de cascalho biodetrítico na população areia muito fina. Esta área apresenta uma dinâmica atual de baixa expressão.

Sedimentos positivos a fortemente positivos são encontrados na plataforma média e externa uma vez que ali o nível de energia é mais baixo propiciando uma deposição de material mais fino.

Os sedimentos com assimetria negativa localizados na plataforma externa parecem retratar situações relíquias.

No que diz respeito à curtose, parâmetro que mede o grau de seleção dos extremos da distribuição granulométrica comparando-o com o grau de seleção da porção central, a maior parte dos sedimentos da plataforma continental são leptocúrticos.

As distribuições mesocúrticas aparecem esporadicamente em pequenas áreas e representam amostras puras, unimodais sem enriquecimento nas terminais.

Entretanto as distribuições platicúrticas costumam representar sedimentos bi ou polimodais e se acham restringidas à plataforma média e parte da externa, regiões estas abrigadas das ondas.

Os carbonatos apresentam-se com baixos teores na plataforma continental da área estudada, em torno de 5% na plataforma interna aumentando de 5 a 25% na plataforma média e parte da externa, mostrando apenas valores elevados em áreas restritas da plataforma externa onde os teores são maiores que 50%.

A maioria dos carbonatos que ocorrem sobre a plataforma continental são do tamanho areia, entretanto moluscos, foraminíferos e fragmentos de conchas podem contribuir como elemento constituinte dos cascalhos que ocorrem em áreas restritas.

O diagrama "CM" dos sedimentos das diversas facies da plataforma continental mostrou um padrão que nos permite afirmar, se o compararmos com o gráfico apresentado por PASSEGA & BYRAMJEE (1969), que a facies arenosa é caracterizada por sedimentos depositados por rolamento próximo das áreas fontes ou transportados através de ambientes onde a sedimentação por suspensão foi escassa. Estes sedimentos se situam na plataforma interna e externa, os quais podem ser classificados como sedimentos transicionais e podem ser denominados de relíquias.

A facies areno-siltico-argilosa é classificada como sedimentos depositados por rolamento e suspensão; estes podem ser considerados como sedimentos que sofreram um recobrimento por material mais fino de deposição mais recente.

A facies lamosa apresenta-se como de deposição por suspensão gradacional. Estes sedimentos se localizam na plataforma média. Segundo KOWSMANN et al. (1976) esta facies corresponde à lama holocênica transgressiva.

Com os dados obtidos através dos testemunhos estudados por VICALVI et al. (1977) podemos determinar que os sedimentos que recobrem a plataforma continental entre São Paulo e Santa Catarina são de idade holocênica.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- CORREIA, I. C. S. & PONZI, V. R. 1978. Bioclastic carbonate deposits along Albardão and Mostardas in Rio Grande do Sul inner continental shelf. In: SEMINÁRIO SOBRE ECOLOGIA BENTÔNICA Y SEDIMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL ATLÁNTICO SUR, Montevideo. *Memorias*. UNESCO. p.67-91.
- CURRAY, J. R. 1965. Late quaternary history, continental shelves of the United States. In: *The Quaternary of the United States*. Princeton, Princeton University Press. p.723-35.
- CRONAN, D. S. 1972. Skewness and kurtosis in polymodal sediments from the Irish sea. *Journal of Sedimentary Petrology*. Tulsa, Okla., 42:102-06.
- DUANE, D. B. 1964. Significance of skewness in recent sediments, western Pamlico Sound-North Carolina. *Journal of Sedimentary Petrology*. Tulsa, Okla., 34:864-74.
- EMERY, K. O. 1968. Relict sediments on continental shelves of world. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*. Tulsa, Okla., 52(3): 445-64.
- FAIRBRIDGE, R. W. 1961. Eustatic changes in sea level. *Physics and Chemistry of the Earth*. London, 4:99-185.
- FOLK, R. L. & WARD, W. C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*. Tulsa, Okla., 27:3-27.
- HAILS, J. R. & HOYT, J. H. 1969. The significance and limitations of statistical parameters for distinguish ancient and modern sedimentary environments of the lower Georgia coastal plain. *Journal of Sedimentary Petrology*. Tulsa, Okla., 39:514-20.
- KOWSMANN, R. O. & COSTA, M. P. A. 1974. Interpretação de testemunhos coletados na margem continental sul brasileira durante a Operação GEOMAR VI. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre. *Anais ...* Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia. 3:297-304.
- KOWSMANN, R. O.; COSTA, M. P. A.; VICALVI, M. A.; COUTINHO, M. G. N & GAMBOA, L. A. P. 1976. Modelo de sedimentação holocênica na plataforma continental sul brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., Belo Horizonte. *Resumo das comunicações ...* Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Geologia. p.116.
- MARTINS, L. R.; URIEN, C. M.; EICHLER, B. B. 1967. Distribuição dos sedimentos modernos da plataforma continental sul-brasileira e uruguaia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 21., Curitiba. *Anais ...* Curitiba, Sociedade Brasileira de Geologia. p.29-43.

- MARTINS, L. R.; GORINI, M. A.; POMERANBLUM, M.; CARVALHO, J. C.; CUNHA, R.; MARTINS, I. R. 1972. XLVI Comissão Oceanográfica Operação GEOMAR II. Costa Norte/Geologia Marinha. *Boletim da Diretoria de Hidrografia e Navegação*. Rio de Janeiro, DG. 32(2):1-80. 6 mapas.
- MILLIMAN, J. D. & EMERY, K. O. 1968. Sea levels during the past 35.000 years. *Science*. New York, 162:1121-23.
- MILLIMAN, J. D. 1972. Atlantic continental shelf and slope of the United States Petrology of the sand fraction-northern New-Jersey to southern Florida. *U.S Geological Survey Professional Paper*. Washington D.C., 529-J:1-40.
- MILLIMAN, J. D. & AMARAL, C. A. B. 1974. Economic potencial of Brazilian continental margin sediments. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre. *Anais ...* Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia. p.335-44.
- MOLNIA, B. F. & PILKEY, O. H. 1972. Origin and distribution of calcareous fines on the Carolina continental shelf. *Sedimentology*. Amsterdam, 18:293-310.
- PASSEGA, R. 1957. Texture as characteristics of clastic deposition. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, Chicago, 41:1952-84.
- PASSEGA, R. 1964. Grain size representation by C-M patterns as a geological tool. *Journal of Sedimentary Petrology*. Tulsa, Okla., 34:830-47.
- PASSEGA, R. & BYRAMJEE, R. 1969. Grain size image of clastic deposits. *Sedimentology*. Amsterdam, 13(3/4):233-52.
- PILKEY, O. H.; BLACKWELDER, B. W.; DOYLE, L. J.; ESTES, E.; TERLECKY, P. M. 1969. Aspects of carbonate sedimentation on the Atlantic continental shelf off the southern United States. *Journal of Sedimentary Petrology*. Tulsa, Okla. 39(2):744-68.
- SAHU, B. 1964. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*. Tulsa, Okla., 34:73-83.
- SANTOS, M. E. C. M. 1972. Paleogeografia do Quaternário superior na plataforma continental norte brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., Belém. *Anais ...* Belém, Sociedade Brasileira de Geologia. v.2, p.267-88.
- SHEPARD, F. P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*. Tulsa, Okla., 24:151-8.
- VICALVI, M. A.; KOTZIAN, S. C. B.; FORTI-ESTEVES, I. R. 1977. A ocorrência de micro fauna estuarina no Quaternário da Plataforma continental de São Paulo. Rio de Janeiro, Petrobrás-DNPM-CPRM-DHN-CNPq. p.77-96. (Série Projeto REMAC, 2).