Pesquisas em Geociências

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

Comportamento dos Sedimentos em Suspensão no Rio de la Plata Exterior e Proximidades

Ricardo Ayup

Pesquisas em Geociências, 18 (18): 39-68, jan./abr., 1986.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/21708>

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 - jan./abr., 1986.

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

COMPORTAMENTO DOS SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO
NO RIO DE LA PLATA EXTERIOR E PROXIMIDADES

Ricardo N. Ayup* **

SINOPSE

O Rio de la Plata apresenta-se como um importante elemento regional na plataforma sul-americana. As condições hidrodinâmicas e os aspectos sedimentológicos nele ocorrentes são importantes para caracterizar as condições do intercâmbio sedimentar com a plataforma continental adjacente.

Através da aplicação de um método apropriado para o estudo do sistema, foram relacionados os diferentes padrões de circulação estuarina que condicionam o comportamento dos sedimentos em suspensão.

Foram observadas áreas de elevadas concentrações de sedimentos em suspensão as quais são denominadas como **corpos de turbidez**.

Os padrões de circulação estuarina favorecem os processos de ressuspensão, transporte e deposição das partículas sedimentares no Rio de la Plata. A deposição geralmente acontece nos setores centro sul e sul assim como na feição interna da zona exterior; enquanto que o setor norte e centro norte apresenta mecanismos mais complexos de deposição, ressuspensão e transporte. O transporte pode-se verificar a nível superficial (plumas) e/ou na camada próxima do fundo (corrente de turbidez) derivados dos **corpos de turbidez** observados.

O ciclo mareal diário tem-se apresentado como um fator importante para deslocar os **corpos de turbidez** no estuário.

ABSTRACT

The Rio de la Plata is an important regional element in the South American platform. Its hydrodynamics conditions and sedimentary aspects are important for characterizing the conditions of sedimentary exchanges with adjacent continental shelf. By application a method adequate for assessing the complex estuary, different estuarine circulation patterns conditioning the behaviour of suspended sediment.

High turbidity areas of suspended sediment are observed, which are designate: "**turbidity bodies**".

The estuarine tidal cycle appears as an important factor for displacement of **turbidity bodies** in the estuary. Estuarine circulation patterns favour the sedimentary deposition in the inner and southern

* Bolsista da O.E.A. no Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO).
** Instituto de Geociências da UFRGS.

Pesquisas	Porto Alegre	n.18	p.39-68	1986
-----------	--------------	------	---------	------

parts of the Rio de la Plata estuary while the northern parts shows complex mechanisms for sediment deposition, resuspension and suspended transport. The suspended transport observed in superficial water (pluma) and/or in bottom waters (turbidity current) derived of turbidity bodies.

INTRODUÇÃO

Muitos estudos tem-se desenvolvido nos últimos anos sobre o movimento das águas e sedimentos nos estuários. Trabalhos recentes sobre hidrodinâmica e transporte sedimentar nos estuários podem ser considerados como indispensáveis para o desenvolvimento dos estudos, porque neles são sintetizados todos os mecanismos atuantes (Lauff, 1967; Graf, 1971; Dyer, 1973; Officer, 1976; McDowell e O'Connor, 1977). Em geral estes autores concluem que o movimento das águas e dos sedimentos em suspensão nos estuários são controlados pela circulação de densidade, derivado dos gradientes de densidade produzidos pelo confronto das águas fluviais e marinhas.

Os gradientes de densidade geram gradientes longitudinais de pressão, o que resulta nos padrões de circulação estuarina descritos por Pritchard (1955). Os principais fatores considerados para explicar as variações em intensidade, dos gradientes de densidade e a circulação de densidade, são a mistura relativa das águas fluviais e marinhas, ou seja o resultado do fluxo fluvial e do prisma de maré.

Estudos desenvolvidos em numerosos estuários, consideraram as variações entre o fluxo fluvial e os gradientes de densidade. Mais recentemente, foram desenvolvidos trabalhos onde são analisados exclusivamente os efeitos das marés de quadratura e sizígia, em ciclos quinzenais, para descrever processos de mistura e transporte sedimentar em **estuários de macro-marés** (Allen et alii, 1980).

O transporte sedimentar, em particular dos sedimentos em suspensão, representa um dos problemas que maior atenção despertaram nos estuários, principalmente pelo interesse que estes apresentam para as atividades humanas.

A maioria dos trabalhos tem visado estudar os aspectos de formação e implicações sedimentológicas nas áreas de elevadas concentrações de sedimentos em suspensão, denominadas classicamente de "máxima turbidez" (Turbidity maxima), atribuindo este fenômeno ao trapeamento dos sedimentos pela convergência do fluxo residual da maré de salinidade e da descarga fluvial na zona limite da intrusão marinha.

Os trabalhos de Postma (1967), Schubel (1971), Haas (1971), Dyer (1972), Nichols e Thompson (1973), Allen et alii (1977 e 1980) e

Krank (1981) estudaram a localização das áreas de máximas turbidez e os processos de geração nos diferentes estuários macro-mareais, concluindo em geral que as mesmas são originadas por celas estuarinas, traçadoras de sedimentos, pelos efeitos das marés de um modo similar as celas de circulação de densidade.

O presente trabalho visa descrever o comportamento dos sedimentos em suspensão no Rio de la Plata e a relação existente com a plataforma continental adjacente, relacionando os padrões de circulação e a dinâmica sedimentar.

MÉTODO APLICADO

Como a área em questão, caracteriza-se pelas condições de ambiente estuarino, onde as condições dinâmicas são derivadas da interação da descarga fluvial, da terceira bacia hidrográfica do mundo, e das águas de origem marinha, o estudo integrado do mesmo foi iniciado, visando resolver as escassas informações existentes do sistema em geral.

Baseados nos elementos existentes, e partindo das concepções básicas de organização para análise de sistemas complexos, procurou-se seguir um esquema de trabalho, que permitiu cumprir com as diferentes fases e alternativas vinculadas com o objetivo da pesquisa (Figura 1).

Segundo Ayup (1986), a organização do conjunto de informações, introduzida no diagrama de blocos, estabelece na fase seguinte as etapas do procedimento, permitindo avaliar os componentes que devem constar do modelo final, resultante da síntese organizada sobre os elementos de informações gerados na fase anterior.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área em estudo compreende o Rio de la Plata e a plataforma interna adjacente, limitada entre os paralelos 34° e $37^{\circ}00'$ de latitude sul e pelos meridianos 53° e $56^{\circ}20'$ de longitude oeste na zona de plataforma e $58^{\circ}30'$ de longitude oeste no extremo continental (Figura 2).

A área abrange uma superfície de 153.000 Km^2 , caracterizando-se pelo elevado interesse econômico que se deriva da elevada produtividade da pesca, e como meio marítimo comercial do Uruguai e Argentina.

ASPECTOS CLIMÁTICOS

Segundo a classificação de Köppen, a região estudada está situada numa zona de Clima Úmido Mesotérmico Brando correspondendo ao subti

po de úmido temperado sem estação seca.

Aludindo a classificação simplificada de Blair, o clima da região pode-se incluir como subtropical úmido. Neste tipo de clima as chuvas são entre moderadas e fortes em todas as estações; a temperatura média dos meses frios se situa acima dos 6°C e abaixo dos 18°C ; de nove a dez meses a temperatura é superior a 10°C e ocasionalmente desce a 0°C ; 220 dias no ano são aptos para germinação dos cultivos. É um clima típico das costas leste dos continentes entre 25° a 35° de latitude (Vieira, 1969).

As chuvas oscilam entre 1.100 a 1.350 mm-ano, registrando-se as máximas no período do outono e as mínimas no verão. No período janeiro-dezembro de 1980, foram registradas 1.321,9 mm distribuídas irregularmente na localidade de Punta del Este.

No Rio de la Plata a temperatura anual média decresce desde o Delta do Paran até a frente marítima, sendo o gradiente de 3°C , apresentando valores de 18° a 15°C ; com média máxima mensal absoluta de $30,1^{\circ}\text{C}$ em Buenos Aires (janeiro) e média mínima mensal absoluta de $5,0^{\circ}\text{C}$ para a mesma localidade (julho).

Dias quentes e úmidos podem ocorrer durante o inverno, assim como são frequentes no verão períodos úmidos e frescos.

O regime de ventos na área, em geral apresenta um comportamento similar aos campos médios de pressão atmosférica a nível do mar, e nas zonas próximas à costa pode-se verificar uma circulação de caráter local, produzida pelo esquentamento diferencial terra-gua, que as vezes modifica as características dinmicas no Rio de la Plata. Os ventos mais importantes em geral so os correspondentes ao quadrante sul (Ayup, 1986).

Outra caracterstica do clima da rea, fica representada pelos cmbios bruscos da temperatura e umidade, ao extremo de observar-se em poucas horas descensos de at 15°C , e valores de umidade de mais 95% pela manh que atingem 40% na tarde (Vieira, op.cit.).

SITUAO GERAL DO ESTURIO

O Rio de la Plata como meio ambiente estuarino, deve-se considerar como um sistema aberto. As diferentes funes que, a nvel ecolgico (abiticas e biticas) se desenvolvem no ecossistema, so produto de suas condies internas, associada s condies dos limites fluvial e marinho que nele atuam.

O Rio de la Plata apresenta caractersticas de esturio do tipo de costa plana (Tipo 3, aplicando a classificao hidrogrfica de Fair

bridge, 1980) com forma de funil, semelhante à Chesapeake Bay.

O Rio de la Plata foi dividido em três zonas ou regiões que são: inferior, médio e exterior (Urien, 1967) (Figura 3).

O estuário que se caracteriza por apresentar forma afunilada, aumenta sua profundidade e largura desde seu limite fluvial (zona superior) até o oceano (zona exterior). Apresenta dois canais importantes na seção superior (derivados dos afluentes principais, os rios Paraná e Uruguai) com canais secundários entre os bancos arenosos; na zona média um canal "Principal" que ao incrementar a largura, na zona exterior, se divide em dois pela presença dos bancos Arquimedes-Inglês e Rouen, sendo o canal Norte o mais profundo e significativo para os processos hidrológicos e sedimentológicos do sistema (Figura 3). A seção transversal varia de 30 milhas (Colônia-Buenos Aires, limite do Rio de la Plata superior e médio) a 45 milhas (Montevideo-El Codillo, limite das zonas médias e exterior), atingindo uma largura de 130 milhas entre punta del Este e Cabo San Antonio, que é considerado como o limite legal do Rio de la Plata com o Oceano Atlântico (Figura 3). A profundidade média varia de 2,5 m no limite superior, 5 m de frente a Montevideo a 15 m na zona exterior, com a profundidade máxima de 25 m em frente a Punta del Este (Figura 3).

O Rio de la Plata é um estuário micro-mareal com uma variação das marés de +1.28 m a +0.67, com nível médio de +0.43 m (AYUP, 1986), com velocidade média de 0.20 cm/s, e que podem alcançar até 1.0 m/s com perturbações meteorológicas.

A maré se estende em toda a extensão do estuário, e a salinidade penetra 150 Km desde o limite exterior do Rio de la Plata.

Tanto as margens costeiras como a superfície do fundo, são muito alteráveis pelo comportamento de ondas propagadas desde o oceano, principalmente do setor SE-SSE que ingressam livremente no estuário; ondas locais são geradas por ventos S-SW e N-NE, produzindo mudanças locais das marés nas costas dos quadrantes opostos.

As concentrações de sedimento em suspensão são geralmente elevadas, oscilando entre 10 a 400 mg/l.

A salinidade apresenta-se geralmente como um fator importante para definir a circulação do sistema na zona exterior, oscilando temporalmente e espacialmente com valores entre 0,1‰ a 33‰. Ayup (1986) observou a existência de vários padrões de estratificação espacial-temporal, as vezes com domínio da homogeneização vertical, estratificação moderada ou marcada, ou uma mistura de mais de um padrão tipo. Isto traz como consequência o desenvolvimento de uma forte difusão e turbu-

lência entre os estratos geradores das camadas de água, prevalecendo uma ou duas haloclinas, diferenciando as vezes a complexidade circulatoria do sistema.

Os rios Paraná e Uruguai são os principais responsáveis pelo volume do fluxo fluvial introduzido ao sistema pelo setor NW do mesmo. Os aportes fluviais locais podem ser considerados quase desprezveis com relação aos anteriores que abrangem uma bcia vertente topográfica de aproximadamente 3.200.000 Km². Os rios Paraná e Uruguai constituem a maior superfície da Bcia do Plata (Figura 2), que se divide em duas sub-bcias com períodos de chuvas diferentes: verão-outono no Paraná e inverno-primavera no Uruguai.

O fluxo do Rio de la Plata, pode-se considerar originariamente como a soma dos fluxos dos rios Paraná e Uruguai, inicialmente uns 25.000 a 30.000 m³-s⁻¹ e que segundo François (1981) atinge 125.000 m³-s⁻¹ no seu limite externo.

ANTECEDENTES

Os aspectos sedimentológicos da área de investigação foram inicialmente estudados por Etchichury e Remiro (1960) os que consideraram a existência de uma zona de lamas delimitada por areias medianas a finas no setor exterior do Rio de la Plata e adjacências da plataforma interna. Outros trabalhos sedimentológicos foram desenvolvidos na área por Urien (1966, 1967 e 1972) e Ayup (1986).

Ottman e Urien (1964) desenvolveram um trabalho preliminar sobre a distribuição dos sedimentos superficiais do fundo, circulação das águas e do material em suspensão.

Urien (1966) apresentou um trabalho sobre a distribuição dos sedimentos do Rio de la Plata inferior ou seja do delta sub-fluvial do Rio Paraná, destacando que a concentração dos sedimentos em suspensão é muito baixa e que a sedimentação no pro-delta consiste de texturas arenosas (areias mdias e finas).

Ottman e Urien (1966) em estudos sedimentológicos desenvolvidos na zona exterior do Rio de la Plata, demonstraram que os aportes fluviais atuais são principalmente de siltes e argilas.

Urien (1967) considerou que os sedimentos finos que recobrem a superfície do fundo do Rio de la Plata apresentam uma mesma origem: derivados da descarga fluvial.

Urien (1972) destaca que os padrões atuais de sedimentação no Rio de la Plata, são controlados pelo ambiente estuarino do mesmo.

Martins et alii (1972) no trabalho sobre distribuição faciolgi

ca da margem continental sul-riograndense, concluem que a presença de sedimentos relíquias e palimpsésticos parecem ocupar a maior parte da área, enquanto as fontes de suprimento atual estão relacionadas com a influência do Rio de la Plata e Lagoa dos Patos.

Por sua vez Martins et alii (1973) detalharam que os sedimentos modernos ou atuais na plataforma Sul-Brasileira e Uruguia encontram-se acumulados em forma de corpos arenosos alongados próximos à costa ou como sedimentos lamíticos que ficam trapeados hidraulicamente nos estuários, baías, lagoas costeiras e na plataforma próxima à desembocadura dos principais rios.

Urien e Martins (1974) determinaram que a origem dos diversos tipos de sedimentos na plataforma continental Sul-Brasileira, Uruguia e Argentina, encontra-se vinculada às áreas de grandes rios, como o Rio de la Plata ou às áreas periglaciais ou glaciais.

No estudo sobre sedimentação marinha na América do Sul Oriental, Urien e Martins (1979) vincularam a zonação sedimentar como coincidente à divisão fisiográfica; ressaltando que para a região de Rio Grande do Sul-Buenos Aires, a divisão se faz considerando os aportes e influências dos sedimentos do Rio de la Plata.

Segundo Urien, Martins e Martins (1980a e b) os materiais de origem platense na plataforma, encontram-se condicionados pela presença de sedimentos pelíticos de origem fluvial, acumulados durante o nível do mar Wisconsiniano.

Corrêa e Santos Abreu (1983) apresentam um modelo sobre a sedimentação Quaternária na porção setentrional da plataforma continental e talude superior do Rio Grande do Sul onde se classifica a área como uma plataforma transgressiva, marcada na sua porção sul pelos sedimentos oriundos de antigos canais de drenagem do Rio de la Plata e das terras altas do Rio Grande do Sul.

Ayup (1983) descreveu a influência que apresentariam os sedimentos de origem platense na plataforma continental, baseado na relação do comportamento hidrológico e dos parâmetros estatísticos dos sedimentos superficiais do fundo.

Jackson (1984) desenvolveu o primeiro trabalho sobre procedimento de imagens de satélite multicanal para a área, onde se pretendeu caracterizar aspectos hidrológicos e do comportamento das "plumas" dos sedimentos em suspensão na região costeira sudeste do Uruguai.

Martins (1984) determinou que a sedimentação da margem continental do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Uruguai é predominantemente terrígena e do tipo de sequência areia-silte-argila (plataforma) e lama no talude (hemipelágica). A mesma autora considerou como muito impor-

tante a ausência de dados concretos (restrito a verificação do material em suspensão) sobre a influência atual dos sedimentos de origem platense em plataforma.

Ayup (1985) observou que na atualidade, a área está restrita aos efeitos da sedimentação derivada do Rio de la Plata na zona dos Poços de Lama, que atinge até as proximidades do Cone de Rio Grande.

CARACTERÍSTICAS DO COMPORTAMENTO DOS SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO

As áreas de elevadas concentrações de sedimentos em suspensão produzida por fontes de águas em direção ao mar, como em direção ao continente foram observadas por vários autores na maioria dos estuários do mundo definindo essas áreas como de "máxima turbidez".

Geralmente este tipo de comportamento se manifesta no limite máximo da intrusão salina no estuário.

O mecanismo popularmente proposto para a ocorrência da "máxima turbidez", se deriva das condições particulares do padrão circulatório do próprio estuário.

Postma (1967) indica que a magnitude do processo de máxima turbidez depende da quantidade de material em suspensão fornecido pela ação das fontes fluvial e marinha, a velocidade de sedimentação das partículas e a eficácia da circulação estuarina. Outros três processos, **floculação** (Lüneburg, 1939; Ippen, 1966; Meade, 1968 e 1972; Schubel e Kana, 1972; Krone, 1978; Krank, 1979 e 1981; Gibbs et alii, 1983) e **defloculação** (Nelson, 1959; Postma, 1967; Duinker, 1980), regulado pela variação da salinidade e a **ressuspensão** local por correntes de marés e ondas (Schubel, 1968 e 1971; Nichols e Poor, 1967; Krone, 1972; Festa e Hansen, 1978; Allen et alii, 1977 e 1980) são os principais contribuintes para a geração do mecanismo de máxima turbidez.

Apesar das diversas pesquisas desenvolvidas até o presente, não existe uma demonstração rigorosa da relação entre a circulação do estuário e a formação da máxima turbidez.

Uma das evidências importantes da relação existente entre a geração das áreas de máxima turbidez e a circulação estuarina, fica definida pela diferente localização que apresentam os **corpos de turbidez** no estuário nos diferentes períodos do ano, volume da descarga fluvial e ciclo mareal.

Allen (1971) observou no estuário do Gironde efeitos de deslocamentos estacionais na "creme de vase" (máxima turbidez) produzido pelos fatores acima mencionados.

Geralmente as áreas de máxima turbidez são relacionáveis com

concentrações relativamente mais elevadas de sedimentos em suspensão com relação às áreas adjacentes, mas a localização não restrita das mesmas permite estabelecer que são "celas trapeadoras" de comportamento particular, derivado do padrão circulatório e as propriedades dos sedimentos supridos. Nas observações feitas no Rio de la Plata, verifica-se este tipo de celas de elevadas concentrações mas nem sempre coincidem as características de concentração do sedimento em suspensão com os valores de turbidez medida na área (N.T.U.). Por isso nossa preferência pelo termo "corpo de turbidez" que associa celas trapeadoras que carregam concentrações importantes de sedimentos em suspensão e onde o valor de turbidez (NTU) pode-se alterar por fatores como floculação, ressuspensão e deposição, sem modificar as características mais significativas do conjunto trapeador de sedimentos e que conseqüentemente gera correntes de turbidez na direção ao mar, carregando quantidades elevadas de sedimentos.

Segundo Krank (1981) a floculação das partículas não é a exigência primária para o desenvolvimento da turbidez máxima, mas ela aumenta proporcionalmente com as taxas de ressuspensão e deposição e com o aumento do tamanho das partículas trapeadas.

1 — Variação diária

A concentração do material sedimentar em suspensão, em diferentes pontos do Rio de la Plata, apresentaram variações associadas com o padrão circulatório, coincidindo com as particularidades descritas para outros estuários, por Buller et alii (1975), Nichols (1977), Allen et alii (1980) e Doberejner e McManus (1983).

A análise da variação diária na concentração dos sedimentos em suspensão (a 1 m de profundidade) e altura da maré (maré instantânea) em três localidades do Rio de la Plata (Figura 4) permitem fazer as seguintes observações:

a) No setor fluvial (Colonia), as mudanças são produzidas pelo efeito mascarado da maré que atua como obstáculo da descarga fluvial durante o período de maré enchente. As variações na concentração dos sedimentos em suspensão são muito baixos existindo um aporte constante derivada dos aportes fluviais;

b) Em Montevideo, os valores máximos e mínimos de concentração dos sedimentos em suspensão coincidem com a curva instantânea da maré. Nesta localidade geralmente são produzidas as máximas flutuações no padrão circulatório dentro do estuário, já que se produz um efeito real da maré de salinidade nesta área. As oscilações da concentração dos se

dimentos em suspensão são elevadas e geralmente são iniciadas após uma "área de transição" onde as velocidades são máximas e onde se inicia a mudança da maré, atingindo as máximas concentrações na preamar onde geralmente a corrente de maré muda de direção e atinge suas mínimas velocidades;

c) No limite exterior do estuário (Punta del Este), observam-se as menores concentrações com relação às outras localidades; neste ponto a curva instantânea da maré é muito irregular. Mas após um máximo significativo associado a uma preamar absoluta máxima, o comportamento dos sedimentos em suspensão pode-se considerar como quase constante.

Deste modo, podemos resumir que no Rio de la Plata quando se produz a preamar instantânea num ponto (altura máxima do nível das águas e mínimos valores da velocidade da corrente de maré) o fluxo apresenta um comportamento constante e a dispersão das partículas produzidas pelo efeito de ressuspensão e transporte favorece os máximos de concentração de sedimentos em suspensão. A medida que se estabelece um fluxo contínuo baixo, com velocidades mínimas (até 3 horas após da preamar) onde não seria afetada a velocidade de queda livre para as partículas mais grosseiras, assim como os flocos em suspensão, produzindo-se uma diminuição rítmica das concentrações até atingir um mínimo.

Como mencionamos, pode-se observar que o efeito de ressuspensão é muito importante nas proximidades da zona intermediária do Rio de la Plata (interior do estuário).

2 — Variação Espaço-Temporal

Ayup (1986) observou que no Rio de la Plata geralmente não acontece um padrão circulatório, homogêneo que defina o mesmo em todas suas localidades encontrando diferenças de um setor a outro, caracterizando fenômenos de ressuspensão, transporte e trapeamento simultaneamente (Quadro 1).

Um tratamento sobre as particularidades que apresentam os sedimentos ou suspensão em relação aos padrões de circulação estuarina de Pritchard (1955), permitiu observar condições variáveis no comportamento dos sedimentos no Rio de la Plata exterior e adjacências.

2.1 — Variações com circulação homogênea

O modelo numérico apresentado por Festa e Hansen (1978) sobre estuários parcialmente misturados (tipo C) destaca a importância que apresentam o fluxo fluvial e o efeito das marés na geração das áreas má

QUADRO I

Tipos de circulação observados nos diferentes meses estudados e mecanismos sedimentares ocorrentes

MESES		Março 81	Maió 81	Setembro 81	Março 82	Setembro 82
SEÇÕES						
Nóte (Costa Uruguaia)		C	B	ressuspensão B (Ab) Descarga	C Descarga	Ab Descarga
Centro Norte		C	B (C)	B Descarga	B	B
Central		C	C	Trapeamento C	B	C
Centro Sul		C	C	Trapeamento pluma B	Ab Trapeamento	C
Sul (Bahia Samborombon)		C	ressuspensão Ab	C Trapeamento	Ab	B

ximas de turbidez. Uma consideração importante do modelo é na relação existente com a distribuição das partículas sobre a superfície do fundo, as que apresentam maiores mudanças com as variáveis dinâmicas principalmente fluxo fluvial e regime de marés.

Krank (1981) observou no Estuário de Miriamichi, que ao sedimentar os flóculos, decresce a concentração dos diferentes tamanhos das partículas e a turbidez máxima reterá todas as partículas supridas pelos rios (inclusive as mais finas) que serão transportadas em direção ao mar.

Um comportamento homogêneo do padrão circulatório foi observado no mês de março de 1981 onde dominava a homogeneidade vertical (tipo C) na área ocupada pelo Rio de la Plata exterior (Quadro 1). As partículas geralmente apresentam um comportamento de estratificação similar às camadas de água, produto da ausência de difusão vertical da mesma e da forte estratificação horizontal observada.

No setor sul (Baía de Samborombon) como as águas correspondem ao sistema de estuário fluvial e estuarino, sendo predominante este último (Ayup, 1986). Geralmente as concentrações do sedimento em suspensão são muito baixas, (5 a 12 mg l^{-1}) o que explicaria uma possível de posição prévia dos sedimentos que apresentam suas máximas concentrações no sistema fluvial. O transporte pode-se considerar como quase inexistente e a deposição dos sedimentos seria produzida na área mais interna da baía (Figura 5A).

No setor norte (próximo à costa uruguaia), no sistema fluvial apreciam-se concentrações muito elevadas (até mais de 200 mg l^{-1}) que progressivamente diminuem, caracterizando celas verticais bem definidas. A medida que a salinidade aumenta em direção à desembocadura, a concentração do sedimento em suspensão é bem menor, mas não tão baixa como na área sul, favorecendo um aporte em direção ao mar (Figura 5D).

No setor central apreciou-se uma forte pluma de turbidez mais ao norte, onde as concentrações dos sedimentos em suspensão atingem valores superiores a 300 mg l^{-1} ; no entanto no fundo um corpo de turbidez se prolonga simultaneamente até o limite do sistema estuarino fluvial (Figura 5C) com até 200 mg l^{-1} de sedimentos em suspensão; neste setor a diluição é bem mais baixa, atingindo concentrações de 50 mg l^{-1} nas proximidades da desembocadura na camada de fundo (com valores de salinidade da ordem de 20‰) (Figura 5B e C).

Nestas condições poderia-se sugerir que existe um forte aporte de sedimentos em suspensão pelo fluxo fluvial, que ficam trapeados pela intrusão da salinidade, originando celas de concentrações associa -

das com a estratificação das camadas de águas, produzindo uma forte de posição nos setores fluviais norte e sul; à vez que se percebe um transporte mais efetivo até as proximidades da desembocadura pela zona central. A medida que se produz a queda das partículas por perda da competência na velocidade de transporte, produzir-se-ia uma deposição gradativa dos sedimentos carregados em suspensão e como carga de tração.

2.2 — Variações com circulação heterogênea

Nas situações onde o comportamento do padrão circulatório apresenta mudanças laterais dentro do estuário, são observáveis processos de ressuspensão, transporte e deposição simultâneos. Este tipo de comportamento foi observado nos meses de maio e setembro de 1981, e março e setembro de 1982, onde as variações locais são importantes sem observar-se condições do padrão circulatório similares de um período para outro, sendo as mudanças significativas, a exceção da área central norte (Quadro 1).

Na área sul (Baía de Samborombon) são produzidos fenômenos de ressuspensão e deposição (maio de 1981 e março de 1982), trapeamento (março e setembro de 1981) e transporte efetivo (setembro de 1982). Desse modo pode-se supor que a área geralmente é trapeadora de partículas sedimentares transportadas principalmente em suspensão. Como se verifica, geralmente quando dominam as condições de estuário-fluvial a estuário-marinho, pode-se considerar em função das características faciológicas dos sedimentos na área, descritas por Ayup (1986) que o trapeamento de lamas no setor é muito efetivo e dentro destes a argila é a principal componente sedimentar.

Isto permite sugerir como possibilidade, que a deposição dos sedimentos no setor sul, ocorre pela floculação das partículas produzida pelo efeito da salinidade, além disso é importante destacar os efeitos de ressuspensão que atuam na área, que apesar de não apresentar uma resposta ótima nos teores de concentração são elevados os valores de turbidez em NTU.

A diferença dos modelos hidráulicos e para transporte sedimentar, onde se relaciona a variação da concentração dos sedimentos em suspensão associados com os efeitos da salinidade, observou-se no setor sul um comportamento muito particular que difere destes, quando o padrão de circulação é do tipo Ab. São observadas as máximas concentrações na camada de água profunda (com espessura de 5 m) e teores de mais de 20 mg l^{-1} no limite marinho e com salinidade acima de 25‰. No

entanto na zona interna, no domínio do sistema estuário fluvial, apareceu-se um corpo de turbidez com concentração de mais de 80 mg l^{-1} , associada com uma estratificação de caráter horizontal em celas verticais com concentrações que variam de 10 mg l^{-1} até 70 mg l^{-1} (Figura 6A). Isto permite supor um efeito de ressuspensão pela ingressão da água de maior salinidade que movimenta as partículas mais finas da superfície do fundo e efeitos de deposição gradativa associados com o corpo de turbidez apreciável na zona interior.

Um comportamento com condições similares do padrão circulatório, foi observado com concentrações de sedimentos em suspensão muito mais baixas (Figura 6B). Para este caso, a ressuspensão sedimentar é bem definida assim como a deposição na zona interior.

No setor centro sul que limita a Baía de Samborombon geralmente predominam os fenômenos de trapeamento (março e maio de 1981 e setembro de 1982), transporte e deposição (março de 1982) e transporte efetivo (setembro de 1981). As condições geralmente observadas nesta área são transicionais entre o setor central e a Baía de Samborombon, onde são frequentes as condições dinâmicas que favorecem o trapeamento sedimentar. Geralmente as variações laterais no estuário caracterizam este setor sul como o mais efetivo trapeador de sedimentos, ficando geralmente isoladas as águas fluviais e de estuário fluvial nesta localidade, a exceção do período onde a onda de maré de salinidade ingressa livremente por todo o limite exterior do Rio (Ayup, 1986). Como geralmente a penetração da salinidade no estuário se produz pelo setor norte e central, é frequente o trapeamento sedimentar que se produz pelo isolamento no setor sul de massas de água que carregam sedimentos em suspensão e em carga de tração e cujo fluxo não supera as condições da maré.

Assim o efeito de floculação nas condições limite do sistema fluvial-estuário fluvial (mais repetida na área) condicionaram uma forte deposição das partículas lamosas sendo as argilas as mais frequentes. Os efeitos de ressuspensão podem ser considerados como importantes na área e às vezes, podem ser observados no setor a existência de duas áreas de elevados teores de sedimentos em suspensão, uma interna e outra no limite exterior, caracterizando o setor central pelos baixos valores relativos se comparados aos outros (Figura 7). Segundo Ayup (1986), pode-se sugerir que o efeito de trapeamento interior é efetivo quando a zona é receptora na área exterior de materiais que são procedentes da deriva litoral ocorrente na costa oceânica norte da Província de Buenos Aires, o que é bem caracterizado pela presença de faixas

de restinga na costa argentina e pela complexidade faciológica, dos sedimentos superficiais do fundo, nas proximidades do limite exterior sul do Rio de la Plata.

Geralmente no setor central o padrão circulatório observado permitiu estabelecer condições para o comportamento quase conservativo dos sedimentos em suspensão. O fenômeno dominante é o trapeamento dos sedimentos no limite do sistema estuário fluvial. Isto permite estimar um ingresso livre da onda de maré pelo setor central, produzindo uma forte estratificação vertical que em parte facilitariam a deposição dos sedimentos transportados em suspensão na zona mais próxima do setor médio e interior do Rio de la Plata exterior.

A presença de corpos de turbidez nas camadas mais profundas da massa de água são observáveis neste setor, e geralmente apresentam uma gradação crescente das concentrações na direção norte.

No mês de março de 1982, sob condições de padrão circulatório tipo B, observou-se nesta zona a geração de duas áreas de máxima turbidez; uma na camada superficial com espessura de 4 m ("pluma"), transportando em suspensão concentrações entre 30 mg l^{-1} até 56 mg l^{-1} , que se deslocava livremente nas águas estuário-marinha e marinhas (mais de 30‰ de salinidade); a segunda que é gerada pelo alongamento do transporte desde o setor fluvial e que é maior que o observado na superfície apresentando valores de concentração de sedimentos de 145 mg l^{-1} no setor interior a $83,4 \text{ mg l}^{-1}$ na área exterior, com espessura de 4 metros (Figura 8), onde pode-se sugerir transporte em suspensão associado a carga de tração (corpo de turbidez). Neste caso fica bem definido que na situação de padrão tipo B, é absoluto o transporte dos sedimentos na direção ao mar independente do sistema (oscilando como neste caso de marinho a estuário-fluvial).

Um fato importante a ser detectado é a presença da "pluma de turbidez" na camada superficial que é gerado desde o setor norte e que explica a importância desta região dentro do estuário para carregar os sedimentos na direção ao mar.

O setor norte do Rio de la Plata exterior apresenta características notoriamente diferentes das observadas no setor sul.

Nas proximidades da costa uruguaia (setor norte) o comportamento dos sedimentos em suspensão associados ao padrão circulatório, demonstra a presença de mecanismos efetivos de transporte, ressuspensão e trapeamento sedimentar. O setor centro norte apresentou um comportamento homogêneo quanto ao padrão circulatório nos períodos em que foi observada uma variação lateral importante no estuário, dominando o pa-

drão tipo B. Esta excepcionalidade do padrão circulatório é muito importante; porque as condições hidrodinâmicas, são favoráveis para o transporte efetivo dos sedimentos em suspensão na direção ao mar.

No entanto, com situações de padrão circulatório do tipo C no setor norte (costa uruguaia), constatou-se nos meses de março de 1981 e 1982 que as zonas com elevadas concentrações de sedimentos em suspensão são em parte independentes do limite da intrusão salina, favorecendo o transporte em difusão (Figura 5D) ou por um corpo de turbidez com teores acima de 40 mg l^{-1} uma camada de água profunda de 5 m de espessura e que ingressa livremente no sistema marinho por mais de 100 Km de extensão e que se dirige na direção ao mar (Figura 9). Esta situação particular pode sugerir um efeito de ressuspensão dos sedimentos por fricção mareal e que são associados aos transportados em suspensão. Um fato similar a este foi estudado em condições diferentes de circulação, por Buller et alii (1975) no estuário do Tay (Escócia).

Com condições favoráveis para transportar os sedimentos em suspensão pelo setor norte (padrão tipo B) se observa a formação de uma pluma de turbidez com concentração acima de 30 mg l^{-1} que se dilui gradativamente e pelo fundo um corpo de turbidez com concentrações entre 20 e 25 mg l^{-1} que apresenta uma espessura de quase 14 metros na camada profunda ao atingir o limite exterior (Figura 10).

A circulação do tipo Ab favorece o transporte de sedimentos em suspensão pela camada superficial de água que fica principalmente contra a costa uruguaia. Observou-se com padrão de circulação Tipo Ab o trapeamento de sedimentos em suspensão a nível de intrusão salina, no sistema fluvial-estuário fluvial, de um corpo de turbidez que se dilui gradativamente desde mais de 200 mg l^{-1} a 50 mg l^{-1} (Figura 11).

Pelo setor centro norte geralmente são observados efeitos de geração de plumas de turbidez e corpos de turbidez, os que progressivamente vão apresentando uma diminuição gradativa da concentração dos sedimentos em suspensão na direção ao mar. No caso dos corpos de turbidez, apresentam teores de sedimentos em suspensão que oscilam de 63 mg l^{-1} a 350 mg l^{-1} variando a localização e dimensões dos mesmos para os diferentes meses observados durante 1981 e 1982.

Duas situações ocorrem como padronizadoras do comportamento dos sedimentos em suspensão neste setor. A primeira delas caracteriza a presença de uma pluma de turbidez na camada superficial e um corpo de turbidez na camada de fundo, as que se diluem quando a mistura de água são dominadas pelas condições de estuário fluvial a estuário, apresentando leves inflexões a nível superficial e próximos do fundo com es-

tratificação horizontal marcados em celas segundo o padrão de estratificação da salinidade (Figura 5C).

A segunda situação caracteriza-se por apresentar um corpo de turbidez na zona interior o qual se difunde livremente dentro do sistema estuário-estuário marinho e que dentro do sistema marinho apresenta uma separação em duas camadas, uma superficial de 2 a 3 m de espessura e uma pela camada mais próxima do fundo com uma espessura de 6 metros. Ambas vão carregar os sedimentos em suspensão na direção da plataforma interna (Figura 11). Uma característica importante é a presença de uma zona intermediária de menor concentração de sedimentos a qual é efeito da circulação, principalmente das condições de camadas limites dos fluxos com direção oposta (a procedente da descarga fluvial e a onda de maré). A presença dentro do corpo de turbidez de pontos nodais de máxima concentração, permitem estabelecer um efeito ressuspensivo pela onda de salinidade associado ao transporte efetivo procedente do setor fluvial (Figura 11).

As observações feitas coincidem com os estudos desenvolvida por Postma (1967), o qual considerou a eficácia da circulação estuarina assim como o aporte sedimentar de origem fluvial ou marinho como os principais elementos para a geração de áreas de máxima turbidez.

CONCLUSÕES

O Rio de la Plata exterior não apresenta um padrão de circulação estuarina homogêneo em todo o sistema, caracterizando-se por apresentar variações laterais muito importantes as que conseqüentemente permitem relacionar o comportamento dos sedimentos em suspensão.

Deste modo pode-se concluir que:

a) Com padrão circulatório do tipo A, os sedimentos em suspensão são geralmente são carregados na camada de água fluvial que geralmente ocupa o nível superficial favorecendo a dispersão dos sedimentos. A camada profunda fica carregada com sedimentos que são depositados por alguns dos fatores atuantes abaixo da haloclina (floculação e agregação), sendo que a velocidade da camada superior que transporta os sedimentos em suspensão é muito baixa. Os sedimentos na massa de água fluvial, são carregados como carga de tração, até onde se produz o contato com a massa de água que ingressa com salinidade maior e que inicialmente favorece uma queda do material com o desenvolvimento de uma nuvem de maior turbidez, produzida por difusão vertical até a camada superior. Foi observada esta circulação em locais restritos do Rio de la Plata (seto

res próximos à costa norte e sul);

b) Quando o tipo de circulação estuarina dominante no Rio de la Plata corresponde a parcialmente misturado (tipo B), os sedimentos em suspensão geralmente apresentam as melhores condições para um transporte efetivo em direção ao mar. Geralmente nestas condições o fluxo fluvial é mais forte que o fluxo mareal; isto possibilita que os sedimentos que são carregados em suspensão ou como carga de tração nas águas fluviais, sejam transferidos por difusão na massa de água mais salgada. Assim pode-se observar dois possíveis processos:

b.1) a geração de uma área de máxima turbidez abrangendo toda a camada de água e que se dispersará em suspensão pela superfície;

b.2) enquanto que dependendo do tamanho das partículas e os efeitos de floculação e agregação, são gerados **corpos de turbidez** associados a uma forte carga de tração, que geralmente são desenvolvidas como **correntes de turbidez** que se desenvolvem na direção da plataforma carregando sedimentos que gerarão depósitos de turbiditos (Figura 12). Esta é a circulação mais frequentemente observada no Rio de la Plata e principalmente pelo setor central norte e norte do mesmo. O estuário de Miriamichi apresenta características muito semelhantes ao estuário do Rio de la Plata, quanto ao intervalo das marés, tipo de circulação (geralmente do tipo "B") e efeito das correntes de marés.

c) A circulação estuarina geralmente tipo C, favorece o deslocamento lateral dos sedimentos, já que existem "celas" de massas de água que impedem a difusão horizontal (a advecção não existe), deste modo pode-se considerar que esta particularidade na circulação favorece o trapeamento dos sedimentos dentro do próprio estuário. Obviamente que nestas condições o fluxo fluvial atinge valores baixos com saldo negativo em relação ao fluxo mareal, depositando tanto o sedimento em suspensão como em carga de tração nas áreas limite do sistema de estuário fluvial. Geralmente isto acontece no setor central sul e sul do Rio de la Plata.

As variações laterais observáveis entre o setor norte (costa uruguaia) e centro norte, evidenciam a importância da morfologia e da profundidade para definir as condições da circulação, atuando como selecionador do fluxo fluvial e a maré oceânica. A existência do complexo Banco Inglês-Arquimedes ocupando a área interna do setor atua como barreira para o fluxo fluvial e a onda de maré oceânica. A descarga fluvial geralmente apresenta melhores condições de ser realizada pelo setor sul, enquanto que pelo setor norte é mais favorável à propagação da onda de maré oceânica, que impede o escoamento das águas fluviais ge

rando situações diferentes para cada período. Os diferentes padrões ocorrentes pelo setor norte, são funções diretas das modificações que o fluxo fluvial, a ação dos ventos e as vagas, produzem sobre a onda de marê oceânica.

As condições observadas durante a variação diária dos sedimentos em suspensão associados à marê instantânea, permitem fazer as seguintes considerações sobre o sistema:

1. A coincidência das máximas concentrações de sedimentos em suspensão com o máximo nível da marê, fazem possível sugerir que o efeito das máximas velocidades das correntes de marê, entre 3 e 4 horas antes de preamar (Ayup, 1986), facilitariam a iniciação do movimento das partículas, condicionado pelo balanço líquido do ciclo mareal além do efeito das vagas (ondas oscilatórias) que forneceria um aumento da velocidade crítica erosional sobre a superfície do fundo do estuário (fluxo turbulento alto, correntes de deriva em bancos e canais inter-bancos nas proximidades de Montevideo);

2. As variações apreciadas durante o ciclo mareal, permitem estabelecer o deslocamento dos "corpos de turbidez" pela variação da marê. Deste modo, concomitante ao deslocamento da onda progressiva da marê se produz o movimento dos sedimentos na área limite de máxima penetração da marê de salinidade;

3. As características de estuário micro mareal sincrônico a hiper-crônico facilita a influência das marês e dos ventos na dinâmica dos sedimentos em suspensão

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luiz R. Martins, Diretor do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO) da UFRGS, pelas facilidades oferecidas para a execução deste trabalho.

A Organização dos Estados Americanos (O.E.A.) a qual, através do "Programa de Bolsas", possibilitou o desenvolvimento do presente trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, G.P. 1971. Déplacements saisonniers de la lentille de "crème de vase" dans l'estuaire de la Gironde. *Compte Rendu de l'Académie Science*, Paris, 273D: 2429-31.
- _____; SAUZAY, G.; CASTAING, P.; JOUNNEAU, J.M. 1977. Transport and deposition of suspended sediment in the Gironde Estuary. In: WILEY, M. ed. *Estuarine Processes*. New York, V.2, p.63-81.

- ALLEN, G.P.; SALOMON, J.C.; BASSOULLET, P.; DU PENHOAT, Y.; DE GRANDPRÉ, C. 1980. Effects of tides on mixing and suspended sediment transport in macrotidal estuaries. *Sedimentary Geology*, Amsterdam, 26: 69-90.
- AYUP, R. 1983. Influencia actual de los sedimentos platenses en la plataforma continental. In: *Símposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica*, 8, Montevideo, 1983, ALICMAR, *Resúmenes*, Montevideo, V.8. p.84.
- _____. 1985b. Áreas Fonte e Dispersão dos Minerais Pesados na Margem Continental Sul-Brasileira e Uruguiaia. In: *Símposio Sul-Brasileiro de Geologia*, 2, Florianópolis, 1985. *Anais ... Florianópolis*, SB, p.362-78.
- _____. 1986. *Aspectos da dinâmica sedimentar do Rio de la Plata Exterior e plataforma interna adjacente*. Curso de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS. Dissertação de Mestrado.
- BULLER, A.T.; GREEN, C.P.; McMANNUS, J. 1975. Dynamics and sedimentation: The Tay in comparison with other estuaries. In: Hail, J. & Carr, A. *Nearshore Sediment Dynamic and Sedimentation*. London, J. Wiley & Son. p.201-49.
- CORREIA, I.C.S. & ABREU, V. dos S. 1983. Modelo da Sedimentação Quaternária da porção setentrional da Plataforma Continental e Talude Superior do Rio Grande do Sul - Brasil. In: *Símposio Latinoamericano sobre Oceanografía Biológica*, 8, Montevideo, 1983, ALICMAR, *Resúmenes...* Montevideo, p.75.
- DOBEREINER, C. & McMANNUS, J. 1983. Turbidity maximum migration and harbor siltation in the Tay Estuary. *American Journal of Fishery and Aquatic Scientific Supplement*, S.L., 40:117-29.
- DUINKER, J.C. 1980. Suspended matter in estuaries: adsorption and desorption processes. In: Olausson, E. & Cato, I. ed. *Chemistry and Biochemistry of Estuaries*. Chichester, Wiley, p.121-51.
- DYER, K.R. 1972. Sedimentation in estuaries. In: Barnes, R.S.R. & Green, J. ed. *The Estuarine Environment*. London, Applied Science Publ. p.10-32.
- _____. 1973. *Estuaries: a Physical Introduction*. London, Wiley, 140 p.
- ERCHICHURY, M.C. & REMIRO, J.R. 1960. Muestras de Fondo de la Plata - forma Continental: Compreendida entre los paralelos 34° y 36°30' de latitud sur y los Meridianos 53°10' y 56°30' de longitud Oeste. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"*, Buenos Aires, 4(4):197-263.
- FAIRBRIDGE, R.W. 1980. The estuary: its definition and Geodynamic cycle. In: Olausson, E. & Cato, I. ed. *Chemistry and Biogeochemistry of Estuaries*. Chichester, Wiley, p.36.
- FESTA, J.F. & HANSEN, D.V. 1978. Turbidity Maxima in Partially Mixed Estuaries: A Two-Dimensional Numerical Model. *Estuarine and Coastal Marine Sciences*, Dorchester U.K. 2:347-59.
- FRANÇOIS, A. 1981. Características de la mezcla del Rio de la Plata con el agua oceánica. Plan para la Evaluación de la Contaminación del Rio de la Plata. SOHMA I. V.1. 15.p.
- GIBBS, R.J.; KONWAR, L.; TERCHURIAN, A. 1983. Size of flocs suspended in Delaware Bay. *Canadian Journal of Fishery and Aquatic Science*, 40(1):102-4.

- GRAF, W.H. 1971. *Hydraulics of Sediment Transport*. New York, McGraw Hill Book Cy. 513p.
- HAAS, L.N. 1977. The effect of the spring-neap tidal cycle on the vertical salinity structure of the James, York and Rappahanock rivers, Virginia, U.S.A. *Estuarine Coastal Marine Science*, New York, 5:485-96.
- IPPEN, A.T. ed. 1966. *Estuary and Coastline Hydrodynamics*. New York, McGraw Hill, 744p.
- JACKSON, M. 1984. Contributions to the Geology and Hydrology of Southeastern Uruguay Based on Visual Satellite Remote Sensing Interpretation. *Münchener Geographische Abhandlungen*, München, 31:1-72.
- KRANK, K. 1979. Dynamics and distribution of suspended particulate matter in the St Lawrence Estuary. *National Research Council Canada, Halifax*, 106:163-79.
- _____. 1981. Particulate matter grain-size characteristics and flocculation in a partially mixed estuary. *Sedimentology*, Amsterdam, 28:107-14.
- KRONE, R.B. 1972. *A Field Study of Flocculation as a factor in estuarial shoaling processes*. Committee on Tidal Hydraulics, U.S. Army Corps of Engineers, Vicksburg. Technical Bulletin 19.
- _____. 1978. Aggregation of suspended particles in estuaries. In: Kjerfve, B. ed, *Estuarine Transport Processes*. Columbia, SC. University of South Carolina Press. p.171-90.
- LUNEBURG, H. 1939. Hydrochemische Untersuchungen in der Elbmündung mittels elektrokolorimeter. *Archiv des Deutschen Seewarte*, S.L. 59: 1-27.
- MARTINS, L.R.; URIEN, C.M.; BUTLER, L.W. 1972. Províncias fisiográficas e sedimentos da Margem Continental Atlântica da América do Sul. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 26, Belem, 1972. *Anais ... Belem*, V.2. p.105-14.
- _____; MARTINS, I.R. 1973. Sedimentos Modernos e relíquias da plataforma continental sul-americana oriental. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 27, Aracaju. *Resumos*. Aracaju, SBG, V.1. p.212-3.
- MARTINS, I.R. 1984. Modelo Sedimentar do Cone do Rio Grande. *Pesquisas. Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre*, 16:91-189.
- MCDOWELL, D.M. & O'CONNOR, B.A. 1977. *Hydraulic Behaviour of Estuaries*. London, McMillan Press. 292p.
- MEADE, R.H. 1968. Relation between suspended matter and Salinity in estuaries of the Atlantic seaboard. *International Association Scientific Hydrologist*. General Assembly, Bern 1967, 4.
- _____. 1972. Transport and deposition of sediments in estuaries. In: Nelson, B.W. ed. *Environmental Framework of Coastal Plain Estuaries*. Geological Society of America, Memoir 133, Boulder, Co. p.91-120.
- NELSON, B.W. 1959. Transportation of colloidal sediment in a fresh - water-marine transition zone. In: *International Oceanographic Congress, 1*, Washington, 1959, American Associated Advancing Sciences, *Abstract*:640-1.
- NICHOLS, M.M. 1977. Response and recovery of an estuary following a river flood. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 47: 1171-87.

- NICHOLS, M.M. & POOR, G. 1967. Sediment transport in a coastal plain estuary. *American Society of Civil Engineering, Proceeding*, New York, 93:83-95.
- & THOMPSON, G. 1973. Development of the Turbidity Maximum in a Coastal Plain Estuary. *U.S. Army Research - CERC - Vicksburg*, 42p.
- OFFICER, C.B. 1976. *Physical Oceanography of Estuaries (and Associated Coastal Waters)*, New York, J. Wiley & Sons. 465p.
- OTTMANN, F. & URIEN, C.M. 1964. Trabajos sobre la sedimentología en el Río de la Plata, realizados por el laboratorio de Geología del S. H.N. *Boletim del Servicio de Hidrografía Naval*, Buenos Aires, 11 (1):1-8.
- . 1966. Sur quelques problèmes sédimentologiques dans le Río de la Plata. *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique*, Paris, 8(3):209-24.
- POSTMA, H. 1967. Sediment transport and sedimentation in the estuarine environment. In: Lauff, G.H. ed. *Estuaries*. American Association of Advancing Scientific. Washington D.C., 83:158-79.
- PRITCHARD, D.W. 1955. Estuarine Circulation Patterns. *Proceeding of American Society of Civil Engineering*, New York, 81:1-11.
- SCHUBEL, J.R. 1968. The turbidity maximum of the Chesapeake Bay. *Science*, London, 161:1013-5.
- . 1971. Tidal variation of the size distribution of suspended sediment at a station in the Chesapeake bay turbidity maximum. *Netherlands Journal of Sea Research*, Amsterdam, 5:252-66.
- & KANA, T.W. 1972. Agglomeration of fine-grained suspended sediment in northern Chesapeake Bay. *Power Technological*, S.L., 6: 9-16.
- URIEN, C.M. 1966. Distribución de los sedimentos modernos del Río de la Plata Superior. *Boletín del Servicio de Hidrografía Naval*, Buenos Aires, 3(3):197-203.
- . 1967. Los sedimentos modernos del Río de la Plata Exterior. *Boletín del Servicio de Hidrografía Naval*, Buenos Aires, 4(2):113-213.
- . 1972. The Río de la Plata Estuary Environments. In: Nelson, B.W. ed. *Environmental Framework of Coastal Plain Estuaries*. Boulder, Co. Geological Society of America, Memoir 133. p.213-33.
- & MARTINS, L.R. 1974. Sedimentos da Plataforma Continental Sul Americana entre Cabo Santa Maria (Brasil) e Terra do Fogo (Argentina). In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 28, Porto Alegre, Anais ... Porto Alegre, SBG. p.213-23.
- . 1979. Sedimentación Marina en América del Sur Oriental. In: *Seminario sobre Bentos y Sedimentología en el Atlántico Sudoccidental*, Montevideo, 1978. *Memorias ...* p.43-66.
- ; MARTINS, I.R. 1980a. Evolução Geológica do Quaternário do Litoral Atlântico Uruguaio, Plataforma Continental e Regiões Vizinhas. *Notas Técnicas*. I.G., CECO, UFRGS, Porto Alegre, 3:7-43.
- . 1980b. Modelos Deposicionais na Plataforma Continental do Rio Grande do Sul (Brasil) Uruguai e Buenos Aires (Argentina). *Notas Técnicas*. I.G., CECO, UFRGS, Porto Alegre, 2:13-25.
- VIEIRA, S. 1969. Tiempo y Clima. In: *Nuestra Tierra*, Montevideo-Uruguai. V.8. 68p.

FIG. 1 - FLUXOGRAMA DO MÉTODO APLICADO.