

# **A DINÂMICA HIDROSSedIMENTOLÓGICA DA BAÍA DE SÃO MARCOS (MA) COMO CONDICIONANTE DA METODOLOGIA DE DRAGAGEM DO COMPLEXO PORTUÁRIO DE PONTA DA MADEIRA**

Paolo Alfredini<sup>1</sup>; Odair José de Souza<sup>2</sup> & Guilherme da Costa Silva<sup>3</sup>

**Resumo** - A Área Portuária do Maranhão constitui-se no segundo maior complexo portuário do Brasil e um dos maiores do mundo em termos de movimentação de carga. O Laboratório de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – LHEPUSP – tem uma longa história de 25 anos de parceria tecnológica com a Companhia Vale do Rio Doce S. A. no estudo em modelo físico do Complexo Portuário de Ponta da Madeira (CPPM). Para caracterizar e analisar a dinâmica da sedimentação e os serviços de dragagem no CPPM, a Área de Hidráulica Marítima do LHEPUSP desenvolveu entre 1983 e 2002 a otimização da metodologia de dragagem.

**Abstract** - The Maranhão Harbour Area is the second Brazilian port complex and one of the largest in the world in terms of cargo handling. The Hydraulic Laboratory of Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – LHEPUSP – has a 25 years long term history of technological partnership with Companhia Vale do Rio Doce S. A. studying in a physical model the Ponta da Madeira Port Complex (CPPM). With the purpose of describing and evaluating the sedimentation dynamics and the dredging works in the CPPM, the Maritime Hydraulics Branch of the LHEPUSP performed from 1983 to 2002 studies for the dredging technique improvement.

**Palavras-chave** – Hidráulica Marítima, Dragagem, Hidrossedimentologia

## **INTRODUÇÃO**

A Área Portuária do Maranhão (ver Figura 1) constitui-se no segundo maior complexo portuário do Brasil e um dos maiores do mundo em termos de movimentação de carga, com mais de 60 milhões de toneladas movimentadas em 2002, isto é mais de 10% da movimentação portuária anual do país. Situada na costa ocidental da Ilha de São Luís, na Baía de São Marcos, esta área

---

<sup>1</sup> Laboratório de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo- LHEPUSP, Av. Prof. Lúcio Martins Rodrigues, 120, CEP 05508-900, Tel: (011) 3039-3271, Fax (011) 3039-3266, e-mail paolo.alfredini@poli.usp.br

<sup>2</sup> Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo (SP)

<sup>3</sup> UNIMONTE, Santos (SP)

portuária abrange os pieres do Complexo Portuário de Ponta da Madeira (CPPM), da CVRD - Companhia Vale do Rio Doce S. A.. Constituindo-se em escoadouro natural de ampla região geoeconômica (ver Figura 1), que é a Amazônia Legal Oriental, as principais cargas movimentadas são os minérios de ferro e manganês, provenientes da Província Mineral de Carajás (PA), ferro gusa, alumina e alumínio, resultado do beneficiamento da bauxita provinda do Rio Trombetas (PA), grãos e granéis líquidos. Nos próximos anos estão previstos projetos de aumento de berços de atracação e áreas retroportuárias para o embarque de concentrado de cobre da Província Mineral de Carajás, o que tornará o Brasil de importador em exportador, importação de carvão para usinas termelétricas e siderúrgicas, embarque de produtos siderúrgicos e maior movimentação de containers.

O Laboratório de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – LHEPUSP – tem uma longa história de 25 anos de parceria tecnológica com a Companhia Vale do Rio Doce S. A. no estudo em modelo físico do CPPM. O acervo técnico do laboratório é o mais completo da área e abrange dados de dragagens, levantamentos hidrográficos de sondagens batimétricas, correntometrias, trajetórias de derivadores e sedimentologia efetuadas na área nos últimos trinta anos, acompanhando a implantação dos projetos portuários de Ponta da Madeira, Itaqui e ALUMAR.

A Baía de São Marcos na Área Portuária do Maranhão apresenta marés que podem atingir amplitudes de até 6,5 m, com correntes associadas de mais de 6 nós e milhões de m<sup>3</sup> de sedimentos transportados anualmente.

Para caracterizar e analisar a dinâmica da sedimentação no CPPM, a Área de Hidráulica Marítima do Laboratório de Hidráulica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo desenvolveu entre 1983 e 2002 estudos hidrossedimentológicos visando a implementação de propostas de alternativas de dragagem. Para tanto foram desenvolvidos as seguintes atividades:

- Recebimento e triagem da documentação batimétrica fornecida pela CVRD.
- Tratamento dos dados para a elaboração dos mapeamentos da sedimentação.
- Consolidação dos dados para fornecimento de uma síntese.
- Avaliações dos aspectos técnico-operacionais dos serviços de dragagem.
- Análise comparativa dos procedimentos de dragagem atuados de 1985 a 1995, de 1996 a 2001 e a partir de 2002.
- Apresentação das propostas de alternativas para os serviços de dragagem com a implantação do Pier III.
- Implementação da proposta de alternativa de dragagem a partir de 2002.

A partir de 2001, com a implantação do Pier III, ao norte do Pier I entre os espigões de abrigo do CPPM, tornou-se necessário buscar uma alternativa definitiva para os serviços de dragagem que vem se realizando desde 1985, uma vez que:

- A implantação do Pier III e a ocupação dos seus berços reduzirá significativamente o espaço e o período de tempo disponíveis para a operação das embarcações de dragagem atuarem. Neste cenário, os riscos de ocorrências de folgas sob a quilha dos navios insuficientes podem produzir eventos indesejáveis da quilha poder tocar o fundo e dos esforços de amarração serem sensivelmente incrementados.
- O acesso ao tardoz do Pier III será impedido para dragas hopper de porte grande, com volumes na cisterna superiores a 5000 m<sup>3</sup>, como as que já atuaram de 1985 a 1995.
- A presença da nova estrutura estaqueada e de navios atracados produzirão maior desaceleração das correntes na região do tardoz do Pier III até o Dólfim 10 do Pier I / Berço dos Rebocadores, propiciando provavelmente acréscimo das taxas de sedimentação.
- Diferentemente da situação somente com a presença do Pier I (até 2001), em que a sedimentação na região centro-norte do tardoz da linha de atracação do CPPM podia evoluir sem afetar uma estrutura, a evolução de subida do fundo com o Pier III deverá ser controlada visando evitar que o soterramento de seu estaqueamento não venha a criar problemas estruturais. Além do que, processos mais intensivos de acomodação do talude deposicional, motivados, por exemplo, por desnivelamento entre a área do Berço e seu tardoz, podem gerar efeitos hidrodinâmicos e sedimentológicos indesejáveis à boa operação do porto.
- Conforme os estudos efetuados de 1983 a 1992 em modelo físico e o conhecimento disponível na Área de Hidráulica Marítima do LHEPUSP, a questão de recurso a obras fixas (estruturais) para mitigar a sedimentação, ulteriormente ao que já foi conseguido com a modificação do Espigão Norte, foi descartada.
- A avaliação da operação e projeto dos serviços de dragagem mais convenientes para os cenários de implantação do Pier III, com ênfase nos equipamentos e comparativos técnico-econômicos, incluindo o destino do material dragado, foram fornecidos à CVRD.

## **OBRAS DE ABRIGO DO COMPLEXO PORTUÁRIO DE PONTA DA MADEIRA**

As obras de abrigo dos pieres I e III do Complexo Portuário de Ponta da Madeira contra as fortes correntes de maré da Baía de São Marcos são constituídas por dois espigões de enrocamento (norte e sul). Os espigões originalmente construídos tiveram sua conclusão de implantação em fevereiro de 1983, tendo-se iniciado a operação comercial do Pier I em 1986.

No período de fevereiro de 1986 a novembro de 1986 procedeu-se à modificação da extremidade do Espigão Norte (ver ALFREDINI, 1988), com o intuito de obterem-se taxas de sedimentação mais moderadas. Com esta intervenção conseguiu-se viabilizar dragagens de manutenção de periodicidade superior a um ano (até 19 meses, no período entre julho de 1989 e fevereiro de 1991) até 1996, dependendo das condições hidrológicas em vigor e do serviço de dragagem operado.

Com a modificação da extremidade do Espigão Norte conseguiu-se potenciar as correntes de enchente, conforme apresentado na Figura 4, sem desabrigar a área do futuro Pier III, reduzindo a dimensão da área de recirculação da corrente de enchente (vórtice) na área entre o Pier I e o Espigão Norte. Deste modo, conseguiu-se uma melhora significativa na capacidade de auto-limpeza dos sedimentos aportados pela vazante, quando da perda de competência das correntes de vazante que penetram em reversa pela porção mais ao norte da área abrigada. Também conseguiu-se dividir a carga sedimentar aportada pela vazante, fazendo com que parte dela fosse descarregada pelo Canal do Boqueirão em áreas em que não retorne para o porto.

## **DESCRIÇÃO DAS METODOLOGIAS DE DRAGAGEM UTILIZADAS**

Entre novembro de 1985 e janeiro de 1986 foi realizada a dragagem de estabelecimento com draga hopper de grande porte (acima de 5000 m<sup>3</sup> na cisterna) para o início das operações portuárias, tendo-se medido 880990 m<sup>3</sup> na cisterna removidos para a Área de despejo demarcada pela Marinha a 3 MN a oeste do porto, continuando-se até fevereiro de 1987 com uma dragagem de manutenção permanente com draga hopper, tendo-se medido 669299 m<sup>3</sup> na cisterna removidos para a Área de despejo demarcada pela Marinha. Neste segundo período a obra de modificação do Espigão Norte estava em andamento, verificando-se no período de fevereiro e março de 1986, em que o Espigão Norte estava incipientemente modificado, a taxa mensal de 63274 m<sup>3</sup>/mês removidos para a Área de despejo demarcada pela Marinha, equivalendo a cerca de 760000 m<sup>3</sup>/ano.

A partir de 1986 o porto passou a receber navios que extrapolavam as dimensões do gabarito original de projeto (280000 tpb), exigindo estes grandes mineraleiros isóbatas de 25 m à frente da linha de atracação. Assim, embora a obra de modificação na extremidade do Espigão Norte tenha efetivamente reduzido as taxas de sedimentação, não foi possível eliminar totalmente o problema quanto à segurança da navegação por se tratar de um porto abrigado.

De 1985 a 1995 foram feitas 6 dragagens periódicas de manutenção com dragas hopper de grande porte e despejo em área autorizada pela Marinha. A partir de 1987 a dragagem de manutenção com draga hopper passou a ser periódica e sempre associada com a dragagem das áreas do Canal de Acesso, uma vez que a modificação realizada no Espigão Norte reduziu em 50% os volumes de dragagem de manutenção, conforme desenho da evolução dos volumes dragados “in

situ” e na cisterna. De fato, no período entre outubro de 1983 e outubro de 1984, após a implantação dos espigões e antes do início de operação do porto, a taxa mensal de evolução “in situ” da sedimentação, com relação ao gabarito de dragagem estabelecido à época na isóbata 23 m à frente da linha de atracação e talude 1: 6 em seu tardo, entre as seções de controle do Espigão Sul e do Espigão Norte foi de 29870 m<sup>3</sup>/mês, contra 15335 m<sup>3</sup>/mês no período entre julho de 1989 e janeiro de 1991. Nestas condições seis dragagens com draga hopper foram realizadas: julho de 1988 e 1989, fevereiro de 1991, abril de 1992, outubro de 1993 e dezembro de 1994. Também quanto aos volumes na cisterna removidos para a Área de despejo demarcada pela Marinha constatou-se uma redução de 50% dos volumes de dragagem de manutenção com relação à taxa de 760000 m<sup>3</sup>/ano, tendo sido de 398000 m<sup>3</sup>/ano (1987/88), 406000 m<sup>3</sup>/ano (1988/89), 313000 m<sup>3</sup>/ano (1989/1990), 432000 m<sup>3</sup>/ano (1991/1992), 348000 m<sup>3</sup>/ano (1992/93). Ressalve-se que a isóbata do gabarito de dragagem passou de 23 m à época da dragagem de implantação, para 23,5 m na dragagem de 1988 e 25 m a partir da dragagem de 1989 até a última dragagem por draga hopper de grande porte efetuada em dezembro de 1994.

Quanto à Área de despejo demarcada pela Marinha, localizada a 3 MN a oeste do Terminal, os estudos do LHEPUSP mostraram que apresenta-se com alteamentos e aprofundamentos praticamente independentes dos volumes de dragados já despejados entre 1985 e 1995, que amontam a cerca de 5 milhões de m<sup>3</sup>. Pelo sistema de correntes de maré vigentes não há risco destes sedimentos retornarem à área do porto.

A partir de 1996 passou a ser utilizada a dragagem por jato d’água, modificando-se o princípio de remover o sedimento da área portuária para a área de despejo. Este sistema ressuspende e redistribui os sedimentos da área onde atua contando com o efeito das correntes de densidade e das correntes de maré, ficando boa parte do material movimentado nas imediatas vizinhanças do porto. À época este sistema já atuava no Porto da ALUMAR, em substituição à dragagem por draga hopper. Sua eficácia é maior com sedimentos mais finos que a areia.

A dragagem preventiva permanente com draga hopper de pequeno porte, iniciada em 2002, foi concebida em 1992 pelo LHEPUSP para atuar numa área poligonal no tardo dos berços, estando assinalada nas Figuras 2 e 3, por corresponder, pela análise da evolução da sedimentação constatada desde 1983 pelos estudos do LHEPUSP, à área nascedouro da sedimentação interna ao CPPM. O objetivo dessa dragagem é obter a captação do assoreamento das bacias e berços acostáveis em sua gênese, isto é na Plataforma com isóbata de 20,0 m.

## MAPEAMENTO COMPARATIVO DA SEDIMENTAÇÃO NOS PERÍODOS DE DRAGAGEM

Dispondo-se da coleção completa de sondagens batimétricas efetuadas no período de dragagens, a partir de 1985, e contando-se com o conhecimento da evolução dos fundos da área do CPPM desde 1983, quando os espigões tiveram sua implantação concluída, foram selecionados períodos de comparação do mapeamento da sedimentação para cada sistema de dragagem. Estes critérios permitem estabelecer uma base de comparação objetiva, uma vez que o aporte sedimentar está ligado às descargas das drenagens que aportam na vizinhança imediata e mais afastada ao sul do porto, bem como ao ciclo das correntes de maré, que varia de acordo com o mês lunar (sizígias e quadraturas), bem como ao longo do ano. Assim, como exemplo, está apresentado o período de comparação de dragagem por draga hopper de grande porte (que atuaram de 1985 a 1995) de julho de 1989 a janeiro de 1991, o maior conseguido com este sistema, com o período de dragagem permanente de manutenção por jato d'água (que atuou de 1996 a 2001) de 1998 e 1999 e com o período de dragagem preventiva com draga hopper de pequeno porte (a partir de 2002) de julho a dezembro de 2002.

As isóbatas de cada um dos períodos selecionados foram superpostas em desenhos individuais para cada isóbata, permitindo a comparação das evoluções dos fundos por cada processo de dragagem. A isóbata de 25 m é a de projeto para o Pier I e ilustra estes resultados na Figura 2, permitindo que se tenha idéia da oscilação planimétrica característica. Para o período selecionado de atuação de draga hopper de grande porte é apresentada a Figura 3 com as taxas de evolução dos fundos. As curvas de isotaxas permitem identificar as diversificadas regiões de sedimentação, evidenciando a gênese e a progressão da mesma.

As análises granulométricas dos sedimentos coletados no CPPM caracterizam os sedimentos como areia fina. Na área fronteira aos berços de atracação os fundos são constituídos de areia fina com diâmetros médios que variam de 0,15 a 0,25 mm. No tardo do berço encontram-se sedimentos mais finos, desde areia fina de diâmetro médio 0,15 mm até silte e argila nas áreas mais internas. A oeste da área de atracação a granulometria aumenta chegando-se a observar a presença de areia média e em alguns pontos pedregulho. A redução da granulometria da área externa para a área interna é resultante do processo de segregação provocado pela redução da capacidade de transporte das correntes que transportam os sedimentos para o interior da área do terminal.

Na Figura 4 estão esquematizados os fluxos hidrossedimentológicos atuantes:

- Os aportes sedimentares na maré vazante sofrem perda de competência de capacidade de transporte ao penetrarem (A) e induzirem escoamento em reversa pela porção mais ao norte da área abrigada (B). Esta carga sedimentar aportada pela vazante é, em parte, descarregada pelo

Canal do Boqueirão (C), enquanto a porção majoritária segrega no tardo da área do futuro Pier III (D), sendo a área da Plataforma a área que pode ser considerada de maior intensidade de deposição primária (D).

- Em maré enchente o efeito dominante é o de ocorrer um arrasto sedimentar para o sul na frente de atracação (E), enquanto internamente ocorre uma recirculação de lenta velocidade (F), que redistribui os sedimentos mais finos.
- No decorrer dos vários ciclos de maré, o efeito das correntes de reversa da vazante, combinado com o arrasto sedimentar da enchente para o sul, empurra os depósitos sedimentares para a área imediatamente ao norte do berço do Pier I.
- A utilização do modelo físico na visualização e caracterização, por meio de traçador dos sedimentos e de corantes junto ao fundo, da competência dos sistemas de correntes capazes de transportar sedimentos permitiu efetuar a comparação das condições anteriormente vigentes com as que passarão a vigorar com a implantação do Pier III.

## **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

A análise comparativa das metodologias de dragagem atuadas desde 1985 evidenciou que:

- A comparação técnico-econômica das dragagens realizadas no TPM, por dragagem convencional com draga hopper e pelo sistema de jato d'água têm eficácias de manutenção equivalentes para profundidades até 22 a 23 m, entretanto neste segundo processo o sedimento não é removido da área, tendendo a retornar e saturar.
- Quanto aos preços desembolsados verifica-se que houve uma equivalência dos pagamentos efetuados pela CVRD com os dois sistemas.
- A dragagem por draga hopper remove na cisterna os dragados do volume de controle, despejando-os na área demarcada pela Marinha, da qual não há retorno para a área de dragagem.
- A dragagem por jato d'água redistribui os sedimentos na área, removendo parte da carga sedimentar para áreas adjacentes, podendo ser remobilizada para retornar à área de dragagem.

## **A PROPOSTA DA DRAGAGEM PREVENTIVA**

O objetivo da proposta de dragagem preventiva é obter a captação do assoreamento das bacias e berços acostáveis em sua gênese, isto é na Plataforma na isóbata de 20,0 m. Um período inicial de dragagem definiria o grau de eficiência do método, objetivando também, como consequência, a redução de custo final da dragagem dos terminais.

As seguintes alternativas foram em tese consideradas:

a- Dragagem utilizando uma draga de sucção e recalque, movimentada por meio de cabos, bombeando os sedimentos dragados através de tubulação submarina diretamente para o canal de acesso em local adequado ou carregando batelões para transporte e despejo no bota-fora autorizado pela Marinha. A carga dos batelões deveria ser realizada de modo tal que não permitisse retorno dos sedimentos dragados pelo overflow. As vantagens desta alternativa são:

- 1- Custo mais baixo.
- 2- Menor risco de avaria no cais.
- 3- Menor investimento.
- 4- Manutenção mais simples: não tem propulsão.
- 5- Não necessita passar entre os pieres, por não navegar.

As desvantagens desta alternativa são:

- 1- Sistema de amarração complexo.
- 2- Interferências com o cais-tubulações.
- 3- O bota-fora não está autorizado pela Marinha ainda.
- 4- Possível polêmica com os órgãos ambientais quanto ao comportamento dos dragados influenciarem na morfologia das áreas adjacentes.

b- Dragagem utilizando uma draga Trailing Suction Hopper, de pequeno porte, com descarga de fundo, equipada com dispositivo que não permita retorno dos sedimentos dragados pelo overflow, transportando e despejando os sedimentos dragados no bota-fora autorizado pela Marinha. As vantagens desta alternativa são:

- 1- Não tem amarração.
- 2- Muito menor interferência com o cais.
- 3- O bota-fora já está autorizado pela Marinha.
- 4- Não apresenta polêmica com órgãos ambientais.

As desvantagens desta alternativa são:

- 1- Custo mais elevado.
- 2- Riscos de abalroamento com o cais.
- 3- Dragagem mais complexa entre o cais dos rebocadores e a ponte de acesso ao Pier III.



- 4- Certamente não poderia dragar sob a ponte de acesso ao Pier III.
- 5- Navegação de saída da área difícil, devido às passagens estreitas e presença dos navios.

c- Dragagem utilizando uma draga Suction Hopper semi-estacionária, com descarga de fundo equipada com dispositivo que não permita o retorno dos sedimentos dragados pelo overflow, com movimentação através de cabos na área de dragagem, transporte e descarga dos sedimentos dragados em bota-fora autorizado pela Marinha. As vantagens desta alternativa são:

- 1 - Menor risco quando dragando entre o pier dos rebocadores e o Pier III de abalroamento do cais.
- 2- O bota-fora já está autorizado pela Marinha
- 3- Não apresenta polêmica com órgãos ambientais.

As desvantagens desta alternativa são:

- 1- Custo mais elevado.
- 2- Certamente não poderia dragar sob a ponte de acesso ao Pier III.
- 3- Navegação de saída da área difícil, devido às passagens estreitas e presença dos navios.

## **A OPERACIONALIZAÇÃO DA DRAGAGEM PREVENTIVA**

Dentre as alternativas de equipamento a ser utilizado na dragagem preventiva, conforme citado no item anterior, as condições técnico-econômicas para o início da operacionalização recaíram numa Trailing Suction Hopper de pequeno porte disponível no mercado nacional. Tal equipamento tem alcance para 29 m de profundidade, capacidade máxima na cisterna de 880 m<sup>3</sup> (embora nas condições de sua configuração completa atinja somente 500 m<sup>3</sup>), dispõe de dois motores schottel na popa e é dotado de bow thrust. Estas características conferem à draga a possibilidade de atender tanto à Plataforma, quanto à frente de atracação, com grande manobrabilidade e pequena dimensão, suficiente para se inserir entre as estruturas portuárias.

Para a operacionalização da dragagem preventiva na plataforma delineada no tardo dos pieres foi necessário que se realizasse uma dragagem de implantação, entre janeiro e julho de 2002, constituída da dragagem frontal dos pieres e da Plataforma atrás dos mesmos, nas cotas de projeto. A partir dessa dragagem preparatória, passou-se a manter por dragagem contínua a Plataforma na isóbata de 20 m e a observar sistematicamente a evolução dos fundos à frente dos pieres. A partir da observação dos primeiros 6 meses de operação constata-se que a remoção do material da plataforma no tardo dos pieres efetivamente retarda a evolução dos fundos na frente da linha de atracação, o que se traduz numa vantagem operacional para o terminal, podendo-se atuar na frente da linha de

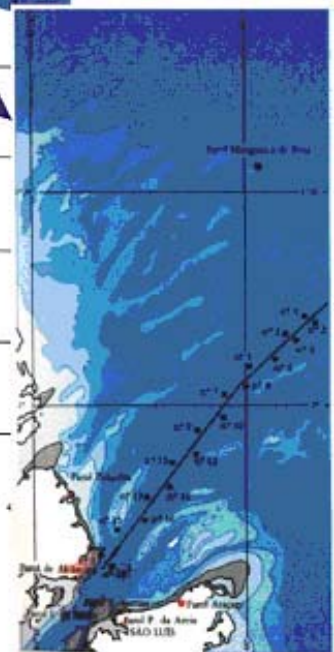
atracação para limpezas de pequena envergadura. Tem sido utilizadas em média cerca de 650 horas mensais, com viagens em média de 350 m<sup>3</sup> na cisterna, para remover no máximo em torno de 65000 m<sup>3</sup>/mês a um preço médio mensal inferior ao que vigorou nas dragagens efetuadas anteriormente.

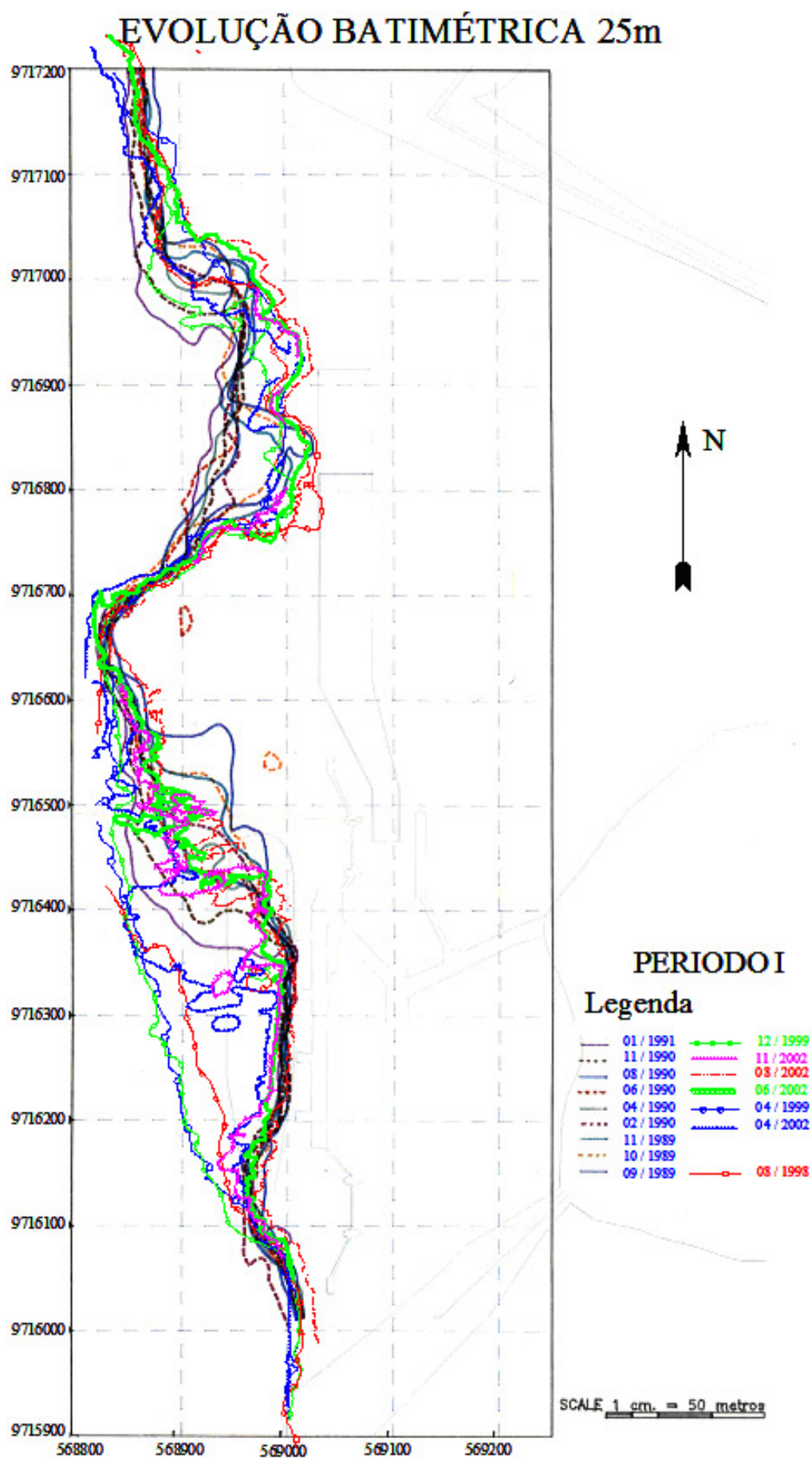
A dragagem na frente da linha de atracação com draga hopper de maior porte, se necessária, seria desta forma realizada em períodos mais longos, eventualmente por ocasião de dragagens em outros setores do CPPM, como o Canal de Acesso, diluindo-se seu custo de mobilização.

A experiência que vier sendo adquirida por esta metodologia de dragagem irá sendo agregada na condução de um banco de informações que permitirá à CVRD especificar um equipamento dedicado específico à tarefa da manutenção dos fundos

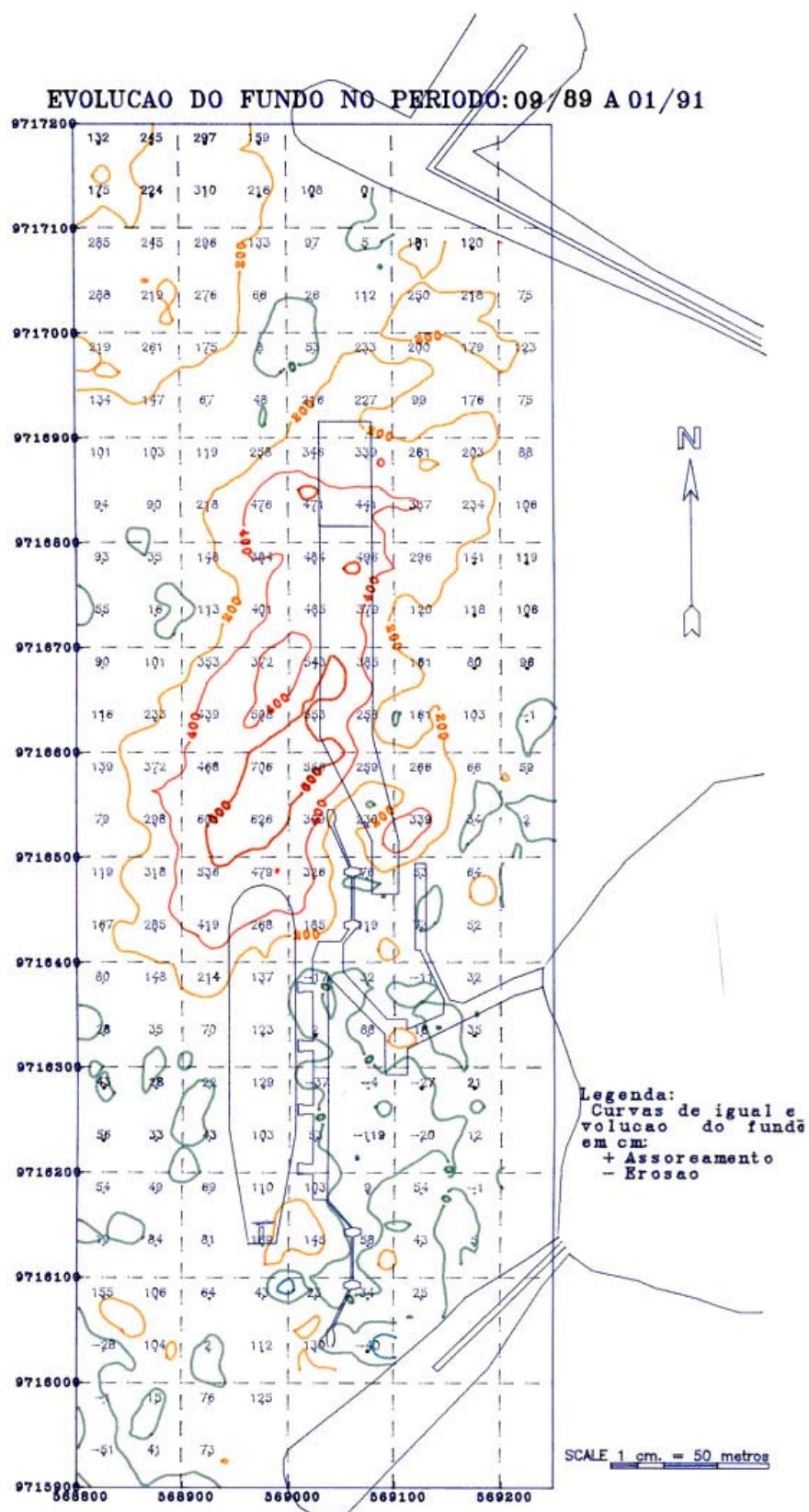
A dragagem preventiva descrita tem o objetivo também de evitar o entulhamento por sedimentos da área do tardo dos pieres, cujas consequências são de difícil previsão e avaliação, tanto nos esforços que poderá exercer nas estruturas, quanto na possibilidade de deslizamento repentino para a frente da linha de atracação, interrompendo temporariamente a operação das embarcações a serem carregadas.

Nos cinquenta anos da Área de Hidráulica Marítima do LHEPUSP, em 2003, comemoram-se os vinte cinco anos de parceria tecnológica de sucesso com a CVRD na implantação do CPPM.

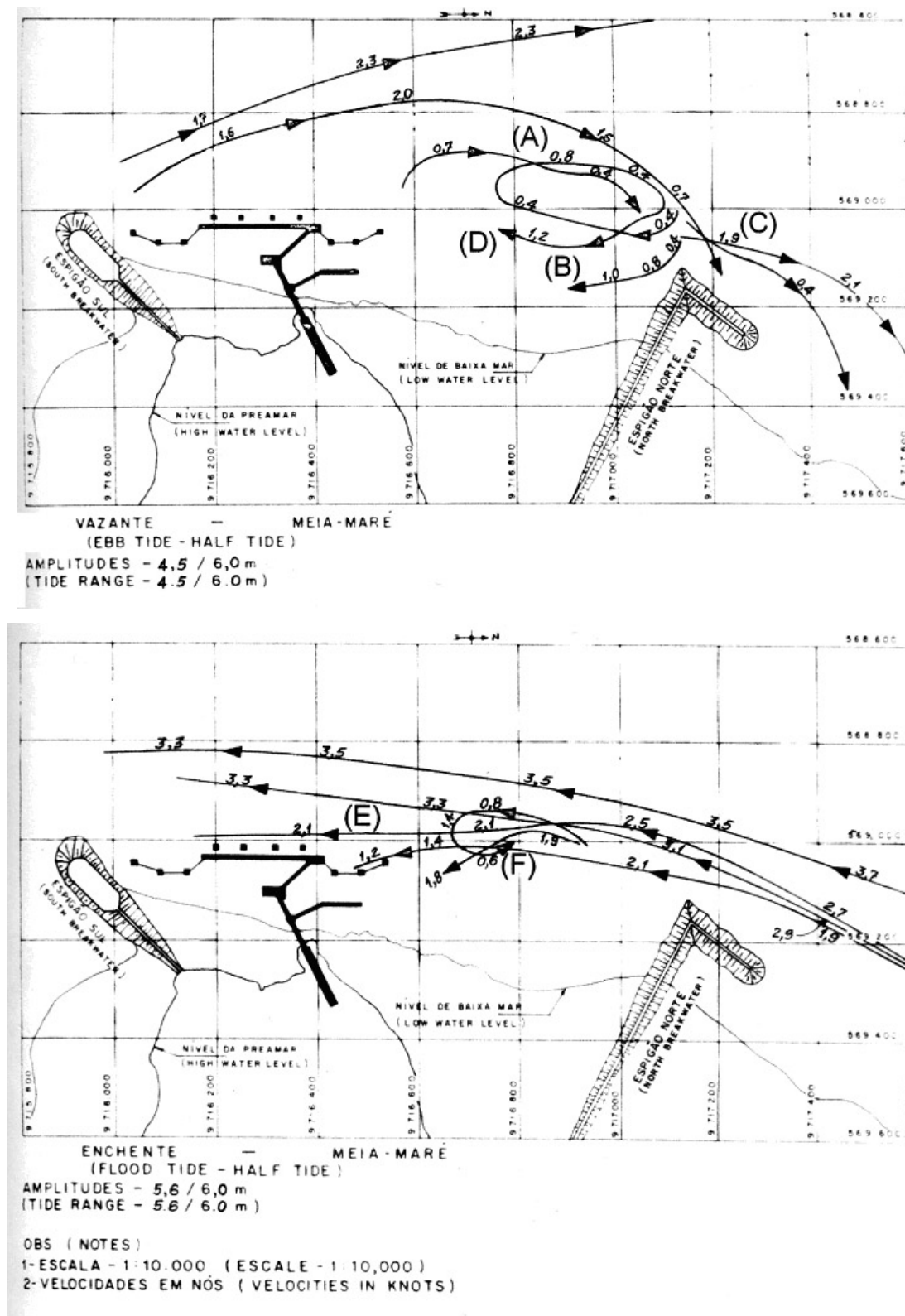




**Figura 2** – Evolução da isóbata de 25m



**Figura 3 - Taxas de evolucao dos fundos**



**Figura 4 - Fluxos hidrossedimentológicos**



## BIBLIOGRAFIA

- ALFREDINI, P.: "A técnica de traçadores em modelos de fundo fixo aplicada a estudos sedimentológicos". Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988.
- CTH – “Amostragens de materiais de fundo e em suspensão realizadas de julho de 1980 a agosto de 1984 nas áreas dos portos de Ponta da Madeira, Itaqui e ALUMAR”. Nota Técnica 29 – RL – 3200 – 02 –30, novembro de 1985.
- CVRD – “Coleção de sondagens batimétricas do TPM de 1983 a 2002”.
- CVRD – “Serviços de dragagem pagos no TPM”.
- CVRD – GAMBN – Gerência de Meio Ambiente – “Dados de precipitação pluviométrica dos anos de 1985 a 2001 na Praia do Boqueirão”.
- CVRD – “Referências para áreas de dragagem e profundidades mínimas”.