

ALTERNATIVAS DE DESCARTE DE GESSO PELA I.C.C.

INTRODUÇÃO

O presente documento apresenta uma análise de alguns dos tópicos do relatório da firma SNAMPROJETOS sobre as alternativas de descarte de gesso e efluentes da Indústria Carboquímica Catarinense S.A. em Imbituba, S.C.

Os tópicos abordados são analisados de maneira sucinta, com o intuito de comentar sobre complementações ao trabalho que poderiam melhor precisar o quadro examinado. Estes aditamentos de modo geral não invalidam os resultados e diagnósticos reportados pela SNAMPROJETOS.

Porém, com relação a dois tópicos específicos julgamos ser imperativo enfatizar a necessidade de um aprofundamento dos estudos antes de se passar ao estágio de elaboração de projetos:

i - As medições oceanográficas apresentadas (Seção A): são absolutamente insuficientes. Sua complementação imposta a qualquer das opções de descarte consideradas.

ii - A simulação por modelos matemáticos (Seção C): deve ser mais explorada para a opção A1, usando dados de alimentação realistas baseados nas medições acima recomendadas. Tendo em vista as dificuldades inerentes à estrutura sugerida para a opção A2, consideramos ter sentido um esforço suplementar com o estudo da opção A1.

A ESTUDOS OCEANOGRÁFICOS

A.1 Levantamento dos Dados

A.1.1 - Medições de salinidade e temperatura : foram efetuadas somente em um dia (28/03/83).

A.1.2 - Medições de correntes: foram efetuadas somente em dois dias (27 e 28/03/83). Para a avaliação do impacto das alternativas de descarte de gesso estas medições são prioritárias em relação à monitoração do estado atual da qualidade da água.

A.1.3 - Batimetria da região estudada: não são apresentados os dados correspondentes. Apenas faz-se menção às Cartas Náuticas DHN 1907, 1908, 1909, 1910 e 1911. Os dados batimétricos são porém utilizados para a localização dos pontos de despejo.

A.1.4 - Granulometria do material do fundo: não foi medida nem se faz referência à existência de tais medições. Torna-se assim mais difícil escolher locais em que sejam mais adequadas as condições do fundo para os sólidos sedimentáveis. É importante avaliar as condições de mobilização dos depósitos que se formarão, em função da natureza e granulometria dos sedimentos de fundo do local escolhido para despejo e das ações hidrodinâmicas reinantes, próximo ao fundo, sobretudo de ondas e correntes.

A.1.5 - Levantamento de dados já existentes sobre a região: não consta do relatório que tenha sido realizada uma pesquisa de medições já efetuadas na região.

A.2 Análise dos Resultados do Levantamento

A.2.1 - Distribuição vertical da densidade: não ficou bem caracterizada devido à escassez dos dados. É necessário confirmar a representividade destes dados: o valor medido para a salinidade no fundo na estação C₀ (37,57 ‰) é assaz elevado. Admitindo a exatidão deste valor, é permissível supor que este seja atípico. Os valores da densidade (Tabela II do relatório) foram aparentemente estimados com base nos valores medidos da salinidade e temperatura e portanto compartilham desta reserva. Não constam do relatório os valores das calibrações dos aparelhos utilizados e, assim, torna-se difícil estimar a precisão das medições efetuadas. Em Bo, no mesmo dia, não foi observada a estratificação; possivelmente por ser um local menos profundo e sujeito a maior turbulência. No entanto esta variação espacial não foi pesquisada, nem suas causas investigadas. Consequentemente são muito frágeis as bases para um parecer sobre condições favoráveis ao despejo, relativamente à estratificação; mormente considerando que os dados foram observados a uma distância de 8 km da costa.

A.2.2 - O campo de correntes na área: também não ficou caracterizado. As medições nos dois únicos dias deram uma fraca idéia da dominância do vento no campo de correntes. As conclusões apresentadas no relatório são limitadas. O relatório reconhece a ocorrência de alguns fenômenos para os quais não foram encontradas as suas respectivas explicações.

A.2.3 - Hipóteses sobre o comportamento do sistema aquático: a utilização de hipóteses desta natureza, baseadas em pesquisas realizadas em outros pontos da costa

brasileira têm que se cercar de muitas cautelas pois cada trecho costeiro apresenta as suas próprias peculiaridades, em função dos agentes hidrodinâmicos e da morfologia característica de cada região.

A.2.4 - Dados meteorológicos: para efeitos de estatística foram apresentados os dados de vento medidos em Laguna, cerca de 30 km ao sul, cuja estação meteorológica está a uma altitude de 30,9 m (Anexo I).

Os dados foram apresentados em base mensal, e não há informação sobre os valores extremos. Seria mais útil para o estudo em questão examinar os dados medidos pelo anemógrafo do Cais de Imbituba, sobretudo se este estiver em operação há mais tempo. As informações sobre precipitação e evaporação pouco contribuem para o estudo.



1/1/67

A.3 Complementação dos Estudos

A.3.1 - Necessidade da complementação: os resultados obtidos e apresentados são definitivamente insuficientes para o projeto do emissário e mesmo para a avaliação precisa do impacto das alternativas de descarte, o que é reconhecido no próprio relatório. Não há qualquer possibilidade para o levantamento da estatística dos agentes naturais controladores da dispersão dos efluentes: avaliação dos valores médios e variâncias, dos valores extremos e de sua recorrência, bem como das variações sazonais. O trabalho de campo envolvido nesta complementação poderá ser consideravelmente aliviado pela

A.3.2 - Exploração dos dados já existentes: estes devem ser localizados, levantados e processados. Medições de ventos e correntes na área certamente existem. Deverá ser analisada uma quantidade de dados não superior à necessária para se obter uma estatística significativa. Para determinar esta quantidade deverão ser aplicados critérios baseados na teoria da análise de séries temporais. É também possível que existam informações sobre a granulometria do material de fundo e levantamentos batimétricos mais detalhados.

A.3.3 - Simulações utilizando os dados: com os registros do anemógrafo do cais de Imituba poderão ser efetuados cálculos de corrente litoral e de deriva que muito enriquecerão as medições disponíveis. Para isto é preciso certificar que este anemógrafo esteja situado em local e altura tais que suas medições representem as condições na área que se quer estudar. Dispondo de informações sobre a granulometria do material de fundo e da natureza

do resíduo insolúvel dos despejos será eventualmente possível estimar o transporte no fundo dos sólidos sedimentados. A componente da corrente devida à maré no local é certamente de ordem secundária em relação ao vento. Entretanto isto poderá ser verificado com cálculos baseados no registro da maré.

A.3.4 - Registros de correntes: na eventualidade (que julgamos remota) de não haver registros de corrente (a correntôgrafo) suficientes na região, aconselhamos a sua realização por um período de 30 dias no mínimo, em locais e profundidades a serem determinados.

A.3.5 - Medições de salinidade e temperatura: caso também não sejam disponíveis nas proximidades do local de descarga será conveniente efetua-las para dirimir as dúvidas existentes quanto à representatividade tanto dos altos valores de salinidade observados como da estratificação no único dia de medição mencionado no relatório.



B. QUALIDADE DA ÁGUA

B.1 Amostragem e Análise

B.1.1. Redes de amostragem diferentes nas quatro campanhas de coleta.

B.1.2. Método de análise de fluoretos: o "Standard Methods" apresenta três métodos colorimétricos: SPADNS, Alizarina (visual), complexante La-alizarina. O relatório menciona "colorimétrico para regressão do conjunto" (Tabela I), não ficando claro de qual se trata.

B.1.3. Análise de ortofosfatos: não especifica-se as amostras sofreram: filtração e/ou hidrólise ácida. Como o fósforo pode ser eliminado da solução (formação de fosfato de cálcio e coprecipitação com o CaCO_3), pode-se ter P solúvel ("P reativo" conforme Standard Methods, pg. 410) e P insolúvel (precipitado, ligado a partículas ou detritos). Rigorosamente, deveriam ser analisadas ambas as espécies, o que poderia talvez explicar os estranhos padrões de diluição observados (o aumento de P com a profundidade pode estar relacionado com o aumento de partículas).

B.1.4. Alguns parâmetros significativos que não foram medidos:

- a. Alcalinidade: informa sobre a capacidade neutralizante do mar ainda restante. Complementa o pH.

- b. Turbidez (simplesmente por disco Secchi) tendo em vista os futuros descartes de sólidos em suspensão (S.S.) e de nutrientes, ambos incidindo sobre a fotossíntese.

B.2 Interpretação dos Resultados da Amostragem

B.2.1. Uso de PO_4^{-3} como traçador: embora econômico e expediente, sofre restrições. O PO_4^{-3} pode não ser conservativo pois é passível de precipitações e coprecipitação (conforme B.1.3). Deste modo:

- a. Se analisado o P reativo: possivelmente não é um traçador conservativo;
- b. Se analisado o P total: sofre influência do comportamento de sólidos sedimentáveis, pelos quais é transportado (vide padrões de diluição no extrato superficial e a 10m de profundidade).

B.2.2. Análise do Fe: não conduziu a nenhuma conclusão pois os teores obtidos estavam próximos do limite de sensibilidade do método (conforme Standard Methods a concentração mínima detectável é de 0,02 mg/l com o método da fenantrolina).

B.2.3. Não se extraiu nenhuma informação sobre os processos atuantes no campo afastado da descarga (coeficientes de dispersão, modelos de diluição).



B.3 Testes de Laboratório Com o Gesso

B.3.1. Concentrações de resíduo usadas nos testes de sedimentação: 14 g/l de resíduo correspondem a 140 g/l de gesso, o que equivale a uma suspensão mais concentrada da que será obtida no ponto de descarga, se for usado um emissário. Com o misturamento no jato as diluições atingirão valores ainda muito maiores (89 vezes para opção A1 e 140 vezes para opção A2 nas condições de flutuações neutras). Dependendo do comportamento do sedimento em suspensão a concentração pode ter dois efeitos opostos em testes de sedimentação:

- a. Partículas discretas (por exemplo: areia): a velocidade de queda diminui pois há um fluxo ascendente da água, provocado pelo deslocamento das partículas para o fundo;
- b. Partículas aglutinantes (por exemplo: lamas): a velocidade de queda aparente aumenta devido às interações como floculação e coagulação.

Portanto, não é fácil medir, por métodos convencionais, as velocidades de sedimentação reais nas plumas diluídas. Nas condições de turbulência e diluição esperadas no oceano tais medições poderiam ser tentadas com a utilização de traçadores radioativos. Não cabe a afirmação de que só é possível determinar a velocidade de sedimentação do gesso em água do mar mediante provas de laboratório. Uma abordagem rigorosa permitiria no máximo medir a velocidade de queda em meio quiescente e compô-

la com a medida do coeficiente de dispersão vertical do oceano para estimar a velocidade de queda esperada. Pode-se deduzir que as velocidades obtidas nos testes de laboratório valem para condições que se aproximam tão somente daquelas obtidas nos estágios iniciais da diluição, quando as velocidades de sedimentação são em muito superadas pela do jato. O Relatório também não menciona o tipo e dimensões da montagem usada para os testes.

B.3.2. Testes de solubilidade: não se menciona qual a intensidade da agitação utilizada, o que impede compará-la com as condições de turbulência na área (emissário, jato e oceano). A solubilidade medida resultou superior à do gesso puro ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, solubilidade em água fria = 0,241 g/l) o que indica que o material já estava parcialmente solubilizado e/ou contém impurezas mais solúveis.

B.4 Critérios de Qualidade da Água

B.4.1. Os componentes críticos: é certo que os fosfatos e sólidos sedimentáveis são os componentes críticos para efeito de cálculo da diluição. Entretanto, as legislações e normas ambientais, dos vários países do mundo, Brasil inclusive, são omissas quanto aos teores máximos permissíveis.

B.4.2. Concentração máxima admissível de fosfatos:

mesmo as edições mais recentes dos "Water Quality Criteria" (1972, 1976) da EPA não fixam limites para os teores de fosfatos nas águas marinhas. O critério para julgamento recomendado pela EPA-WQC (1972) baseia-se nas proporções entre oxigênio e fósforo apropriados pelo fitoplâncton marinho na produção de material orgânico. Limita-se então a quantidade de nutrientes introduzidos no ambiente marinho a níveis tais que não resultem num decréscimo do OD abaixo dos critérios recomendados para este parâmetro. Desse modo, modelos simplificados de demanda de oxigênio pelo fitoplâncton poderiam ser usados para estabelecer os limites para a concentração de fosfatos solúveis. Deve-se levar em conta que nem todo fosfato estará em solução e disponível. Ademais, é muito provável que, nas condições de baixos valores da relação N:P, os compostos do nitrogênio e não do fósforo é que sejam os nutrientes limitantes. Além disto, uma eventual turbidez devida aos sólidos em suspensão pode inibir situações potencialmente eutróficas.

B.4.3. Os sólidos sedimentáveis não devem atingir taxas de deposição que prejudiquem a comunidade bentônica. Entretanto é questionável o critério de que área alguma, por mais reduzida que seja, receba uma taxa maior do que as recomendadas. Este assunto será novamente abordado quando se discutir a opção A1. É recomendável fazer um teste com o cone de Imhoff para cotejamento com as recomendações da SEMA (1 ml/l em 1 hora para águas interiores).

B.4.4. Para um julgamento objetivo do impacto ambiental causado pelos despejos planejados é necessário um levantamento da utilização do corpo receptor, bem como de

projeções para o futuro. Caso a pesca seja praticada, mor
mente se for por arraste, são necessárias informações so
bre a localização e os métodos utilizados, bem como sobre
os hábitos da biota (alimentação, reprodução).



C MODELAGEM MATEMÁTICA E IMPACTO AMBIENTAL

C.1 Modelos e Alimentação

C.1.1 - Modelos de descarga térmica na superfície: as Figuras 1 a 5.d do Capítulo 11 não têm nenhuma relação com o estudo.

C.1.2 - Testes de simulação: uma grande vantagem dos modelos matemáticos, especialmente quando implicam em códigos de tempo de computação reduzido (como é o presente caso), é a possibilidade de se testar uma gama de valores dos parâmetros. Isto se torna mais necessário no caso estudado, por se dispor de poucas medições de correntes e de densidade. Outros parâmetros de projeto para os quais deveria ser estudada a sensibilidade do resultado: ângulos de descarga e, principalmente, o número de Froude. O relatório apresenta a simulação para uma única combinação de parâmetros em cada alternativa de descarte.

C.1.3 - Densidade do efluente: não se explica como foi obtido o valor 1.037 kg/l. Este dado tem considerável influência sobre o número de Froude densimétrico, que por sua vez é o parâmetro de maior influência sobre a diluição. A temperatura do efluente na descarga (valor não mencionado) também pode influir sobre ρ e F.

C.2 Recomendações sobre o Emissário

C.2.1 - Comprimento do emissário: é recomendado um trecho submarino de 2000 m de comprimento. A esta distância da praia o oceano teria uma profundidade de 30 m.



Deduz-se assim que declividade média do fundo neste trecho é aproximadamente 1:70. Mas, como já foi apontado, o relatório não apresenta dados detalhados sobre a batimetria da área.

C.2.2 - Condições do fundo no local da descarga: comenta-se sobre os despejos de resíduo de gesso no Adriático Setentrional onde o fundo é arenoso, analogamente à situação que seria a de Imbituba. Mas, também como já foi apontado, não foram colhidas amostras do fundo na região para análise granulométrica, nem se faz referência à existência de estudos sobre esta característica.

C.2.3 - Bombeamento de água do mar juntamente com os efluentes: é recomendada por duas razões:

a) ajustar a densidade do efluente em 1.037 kg/l (vide C.1.3) a qual permite aproveitar a estratificação observada no dia 28/03/83 em C₀, a 8 km da costa. Porém, a frequência de ocorrência deste fenômeno deveria ser verificada com um maior número de observações;

b) aumentar a velocidade e conseqüentemente a turbulência na linha de bombeamento e no emissário, reduzindo assim a possibilidade de formação de depósitos. A turbulência é função do número de Reynolds. Para uma vazão de 2600 m³/h (bombeando água do mar) tem-se $Re = 1.5 \times 10^6$ e é possível manter em suspensão uma concentração de 900 kg/m³ de gesso. Para a vazão de 1600 m³/h (bombeando somente os efluentes da fábrica) tem-se $Re = 1 \times 10^6$. A concentração média do efluente é de apenas 28 kg/m³. Não tendo sido apresentada uma relação entre turbulência e concentração em suspensão, torna-se difícil verificar porque

um número de Reynolds um pouco inferior não é capaz de manter uma suspensão tão mais diluída.

Entretanto, o bombeamento de água do mar juntamente com os efluentes tem uma vantagem importante (que será comentada em C.3.3): aumentar o número de Froude da descarga.

C.3 As Opções para Descarte Submarino, A1 e A2

C.3.1 - A opção A1: foi eliminada muito sumariamente, com base no critério de altura da camada de sólidos depositados no fundo. A área atingida foi computada em apenas 178 m². Evidentemente, com as variações de correntes a área real contaminada será maior (e em compensação as taxas reais de deposição serão inferiores à computada). É importante uma avaliação crítica deste critério: as taxas de deposição em qualquer ponto deverão sempre ser rigorosamente inferiores a 20 cm/ano ou será possível tolerar taxas maiores desde que em áreas confinadas? Um critério mais tolerante equivaleria, em termos muito simplificados, a transferir os depósitos da terra para o mar, com a diferença que no mar a massa depositada seria reduzida a 1/10. O material depositado ainda seria continuamente removido pelo transporte em suspensão ou no fundo devido as ações hidrodinâmicas. É preciso garantir que o difusor não ficará soterrado pelos depósitos. Caso necessário, pode-se pensar em elevar o difusor em relação ao fundo, mas não a uma altura tão elevada como a proposta na alternativa A2. Deve-se ainda fazer um esforço para otimizar os parâmetros que influem na diluição inicial no jato, bem como utilizar valores das variáveis hidráulicas fundamentados em medições mais significativas. Isto será abordado em C.3.3.

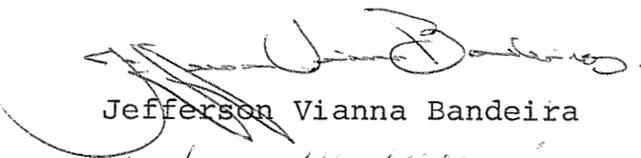
C.3.2 - A opção A2: é inegavelmente muito superior do ponto de vista ecológico, desde que se garanta a integridade da estrutura proposta. Este é um ponto delicado que irá requerer estudos bem mais detalhados pois a esbelta estrutura (25 m de altura x 0,6 m de diâmetro) deverá ser capaz de resistir às severas condições de mar tempestuoso, quando os esforços de natureza ondulatória são intensos, e a possíveis impactos, pois ela se constituiria em um verdadeiro perigo isolado. A força de arraste ("drag") correspondente a uma corrente de 0,6 m/s é de 5000 N. Esta estrutura deve ser encarada com muita cautela. Não temos conhecimento de nenhum emissário com esta conformação. Podem também ser testadas descargas elevadas em diferentes cotas relativamente ao fundo e que não impliquem em um trecho na vertical tão longo como o proposto.

C.3.3 - Estudos complementares para a opção A1: em virtude das dificuldades inerentes à solução A2, deve-se explorar mais profundamente as possibilidades da opção A1. Os estudos devem ser conduzidos em duas frentes:

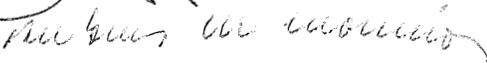
a) Simulação: testes mais completos, varrendo a gama de variação dos parâmetros pertinentes. Em particular deve ser pesquisada a otimização do número de Froude da descarga. As densidades, que influem sobre F, devem ser cuidadosamente checadas. É possível que a simulação tenha usado valores muito conservativos. A influência do ângulo inicial do jato e das correntes, bem como a possibilidade de aumentar (moderadamente) a altura do ponto de descarga, devem ser examinadas. Outros cálculos recomendáveis dizem respeito ao transporte do material depositado no fundo, sob a ação hidrodinâmica de correntes e ondas.

b) Medições: já comentadas na Seção A. Para a opção A1 deve ser dada ênfase às medições próximas ao fundo. Dependendo das propriedades do transporte no fundo (Ítem a ser verificado) pode ser recomendável o uso de derivadores de fundo.

Belo Horizonte, 05 de outubro de 1983



Jefferson Vianna Bandeira



Rubens Martins Moreira

