



PARECER TÉCNICO

Análise das Condições de Segurança Ambiental e Antrópica das
Ações de Dragagem do Canal de Piaçaguera – Santos/SP

A **PERITOS JUDICIAIS**, em atendimento ao solicitado pela empresa **CIDADE NÁUTICA IMÓVEIS LTDA**, vem apresentar os resultados da sua análise ambiental, consubstanciados no presente **PARECER TÉCNICO**.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'P' and a smaller 'A' below it.

SUMÁRIO

1. OBJETIVO	4
2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	5
3. INTRODUÇÃO.....	6
4. PRINCIPAIS TIPOS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS DRAGADOS	9
4.1. Tipos de Poluentes e suas Consequências	9
4.1.1. <i>Pesticidas</i>	13
4.1.2. <i>HPAs – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos</i>	14
4.1.3. <i>Metais Pesados</i>	19
4.1.4. <i>Análise Comparativa</i>	26
4.2. Principais Tipos de Disposição de Sedimentos	27
4.2.1. <i>Em Sítios Secos</i>	29
4.2.2. <i>Em Sítios Submersos (Alto Mar)</i>	29
4.2.3. <i>Em Cavas Submersas e Semi-submersas (Águas Interiores)</i>	30
4.3. Principais Tipos de Tratamento	34
4.3.1. <i>Tratamento por Separação de Sólidos/ Líquidos (Aterro Seco)</i>	35
4.3.2. <i>Separação Física (Tratamento Físico)</i>	36
4.3.3. <i>Separação Química (Tratamento Químico)</i>	37
4.3.4. <i>Destruição Térmica e Química</i>	38
4.3.5. <i>Tratamento Biológico</i>	38
4.3.6. <i>Avaliação Comparativa</i>	39
5. RISCOS DA DRAGAGEM PROPOSTA.....	41
5.1. Fragilidades Ambientais	41
5.2. Periculosidade dos Contaminantes nos Sedimentos	42
5.3. Inadequações da Segurança, Controle e Monitoramento.....	43
5.4. Riscos da Área de Bota Fora.....	43
6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	45
7. EQUIPE TÉCNICA	46
8. BIBLIOGRAFIA.....	47
9. ENCERRAMENTO	50

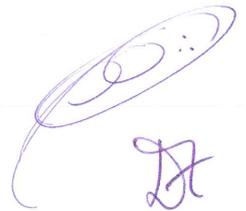


1. OBJETIVO

O presente laudo tem como objetivo principal analisar as condições de segurança ambiental e antrópica das ações de dragagem do Canal de Piaçaguera, no estuário de Santos.

Em função das alternativas adotadas para a dragagem, tratamento do sedimento contaminado retirado, bem como a forma e o local de sua disposição serão avaliados os riscos inerentes neste processo.

Da mesma forma, serão estudadas as alternativas não adotadas, visando reconhecer se estas seriam melhores ou piores do que aquela adotada, sob ponto de vista da segurança ambiental e antrópica em uma área de relevante valor econômico e estratégico como é o estuário de Santos.



2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Os subscritores do presente estudo esclarecem, inicialmente, que não possuem qualquer inclinação corporativa ou pessoal em relação à matéria envolvida no mesmo, nem contemplan para o futuro qualquer interesse nesse sentido.

Os honorários profissionais não estão, de qualquer forma, relacionados às conclusões exaradas no presente estudo.

Os subscritores levaram a cabo a análise de toda a documentação e base de dados fornecidas pela CIDADE NÁUTICA IMÓVEIS.



3. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento humano em zonas costeiras depende em grande parte da manutenção dos recursos naturais existentes. Os recursos vivos e não vivos dos ecossistemas costeiros são a razão e o principal atrativo para atender as inúmeras necessidades humanas, tais como: água limpa, alimentos, navegação, porto seguro, abrigo, dentre outros.

Os usos múltiplos passíveis em um ambiente estuarino requerem cuidados e prudência na sua execução para que a demanda de poucos não sobreponha a necessidade de muitos.

Uma operação de dragagem requer cuidados redobrados em função da abrangência e da envergadura dos riscos decorrentes da manipulação de sedimentos, normalmente contaminados em ambientes portuários.

Visando esclarecer que a alternativa adotada para dragagem do Canal de Piaçaguera não é a mais segura, onde potenciais riscos de espalhamento da pluma de contaminação e mesmo da estabilidade da cava estão bastante evidentes, o presente laudo alerta para os riscos da alternativa escolhida.

Os estuários são ambientes costeiros semifechados e transicionais, ou seja, que sofrem influência tanto de origem oceânica quanto continental. Este ecossistema está em constante mutação em resposta às forças naturais que nele atuam, sendo considerado um ambiente altamente dinâmico, de modo a promover a troca de água e de sedimentos entre a região costeira e oceânica (PRITCHARD, 1967; KNOPPERS *et al*, 2009; MIRANDA *et al.*, 2012). Qualquer interferência humana neste processo natural constitui sério risco para a sua desestabilização, necessitando assim de cuidados redobrados na execução da dragagem.

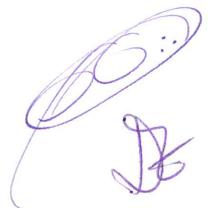
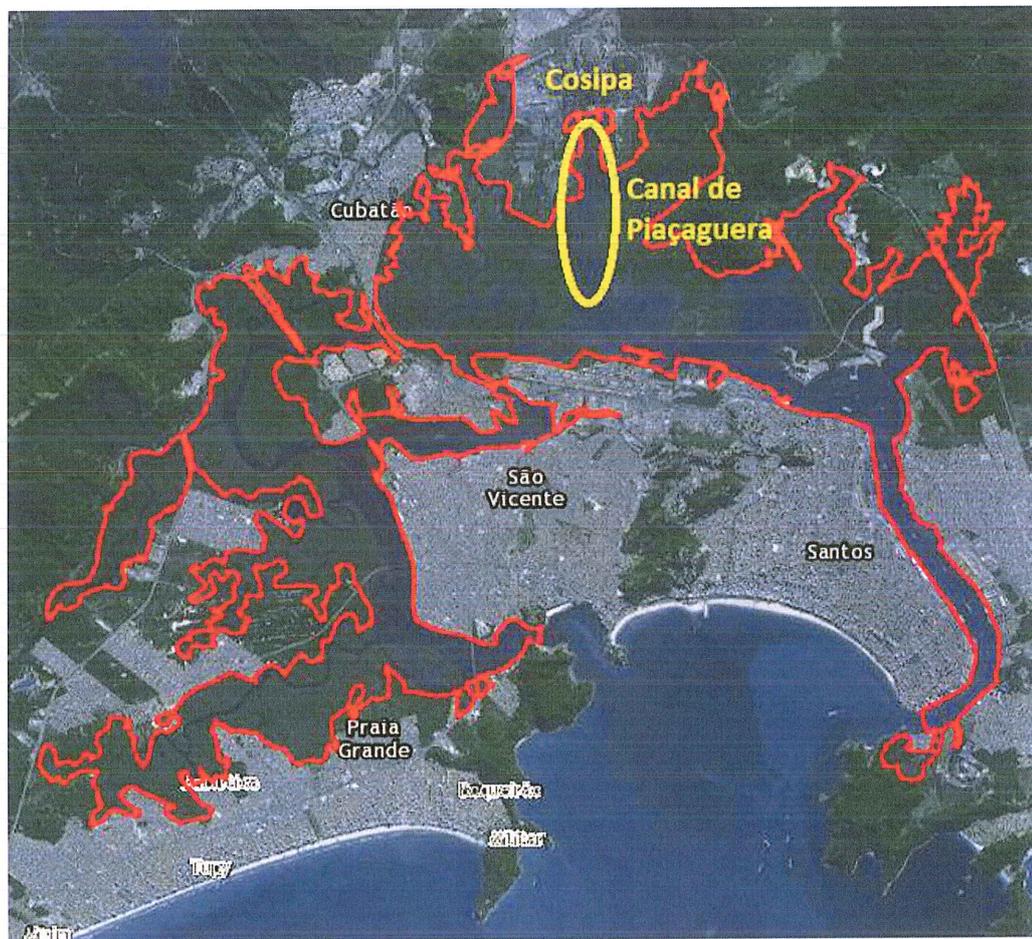
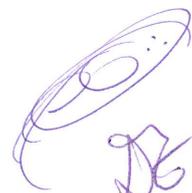


Figura 1 Região do Estuário de Santos (Fonte: Google Earth)



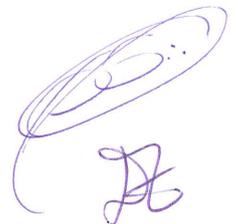
Estuários sempre tiveram grande importância, sejam no âmbito biológico ou histórico. São habitats ricos em nutrientes que abrigam tanto organismos provenientes do meio marinho quanto de água doce, além de ter sua própria comunidade adaptada, servindo como abrigo, áreas de reprodução, nidificação, alimentação e descanso para diversas espécies adaptadas a esse ambiente (DIAS, 2005). O processo de dragagem influencia de forma significativa a capacidade de procriação das espécies estuarinas. O espalhamento da pluma de sedimentos revolvido pela dragagem de forma instantânea e pontual, disponibiliza grande parte dos poluentes sedimentados e acumulados, ao longo dos anos, no fundo estuarino.




Enquanto que na natureza esses ambientes são considerados grandes berçários de vida por sua dinâmica, para seres humanos também foram berço de grandes cidades que se aproveitaram da abundância de recursos para se desenvolver (BERGAMO *et al*, 2000). Estuários podem apresentar valiosa importância socioeconômica, já que aproximadamente 60% das grandes cidades ao redor do mundo estão localizadas nos seus arredores, se beneficiando desses ambientes através de agricultura, indústria pesqueira, instalações de complexos industriais, criação de hidroelétricas (MIRANDA *et al.*, 2012).

Associados a estuários, também podemos encontrar outros ambientes igualmente importantes, como manguezais. Esses habitats são ecossistemas de transição entre o ambiente terrestre e o marinho. Assim como no habitat estuarino, a alta dinâmica de fatores atrelados a ela como salinidade, aporte de nutrientes e turbidez fazem dos manguezais ambientes de elevada produtividade biológica, que fornece uma ampla variedade de recursos importantes a manutenção da biodiversidade (RONNBACK, 1999; PROST, 2000 apud ROCHA *et al*, 2008). Dessa forma, atividades humanas, como extrativismo animal e pesca, também são usos preciosos neste ambiente para a sociedade.

A interferência de uma dragagem sem processos de mitigação adequados, quanto aos seus impactos, além de medidas preventivas insuficientes, constitui séria ameaça para a manutenção da qualidade ambiental e riscos à saúde pública.



4. PRINCIPAIS TIPOS DE TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS DRAGADOS

4.1. Tipos de Poluentes e suas Consequências

Conforme os dados de Cetesb (2001) a região da bacia hidrográfica do rio Cubatão e o Canal de Piaçaguera encerram a principal contribuição de poluentes industriais para o estuário. São encontradas altas concentrações de poluentes tóxicos, carcinogênicos e mutagênicos, como elementos traço, bifenilas-policloradas (PCBs) e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs), primordialmente benzo(a)pireno. No entanto, devido à influência da hidrodinâmica, a poluição não ficou restrita a essa área. Esta migrou em concentrações menores ao Estuário de Santos e para a região oceânica.

O Canal de Piaçaguera atualmente tem como principal função o acesso de enormes embarcações que transportam produtos agrícolas, químicos e minerais. Outrora era um canal que promovia as trocas hídricas e de matéria orgânica tão importantes para a reprodução e a alimentação da biota local. A sua manutenção depende de dragagens periódicas que possibilitam a disponibilização de poluentes de atividade antrópica acumulados no fundo do canal pondo em risco a qualidade de suas águas.

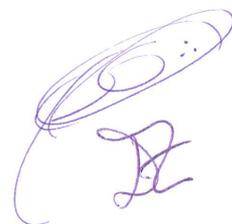
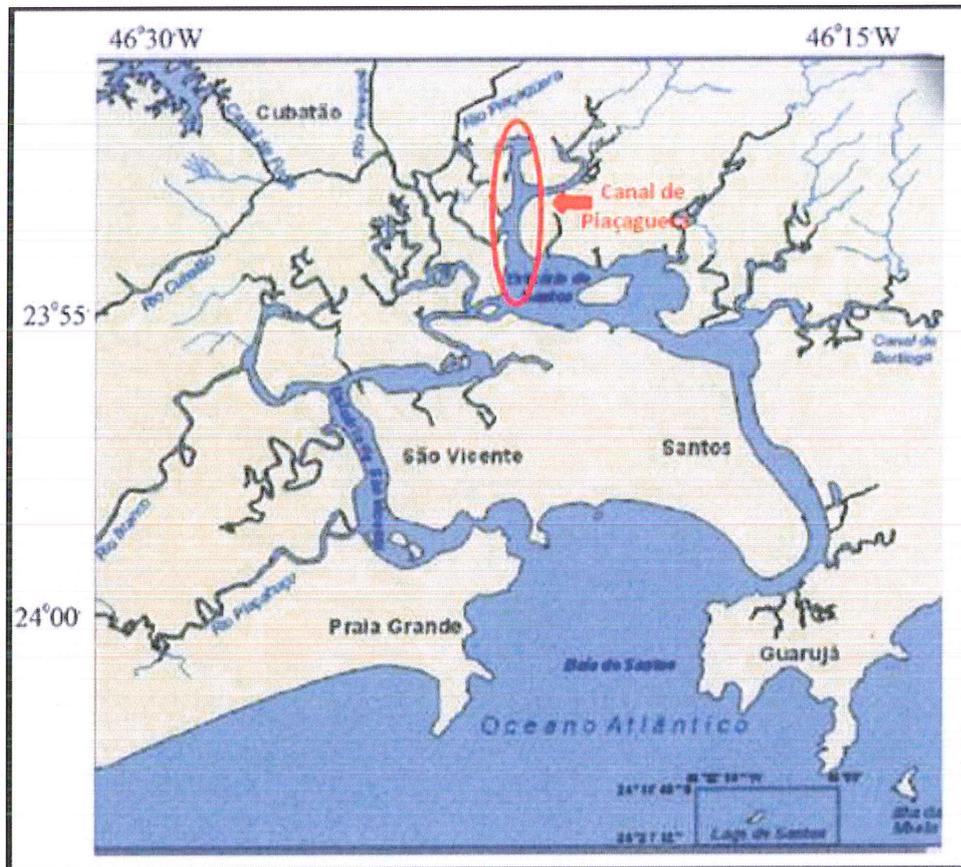
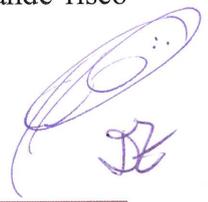


Figura 2 Localização do Canal de Piaçaguera (Fonte: Cetesb, 2001)



A presença e distribuição de sedimentos contaminados próximos a portos e terminais em áreas estuarinas e baías dependem de uma série de fatores, tais como: fontes de poluição, hidrodinâmica local, meteorológicos, oceanográficos, biológicos e físico-químicos das águas interiores. A interação destes inúmeros condicionantes ao longo do tempo confere um perfil específico de distribuição de sedimentos de fundo para cada sítio portuário.

A presença de sedimentos finos (silte e argila), cuja maior superfície externa, favorece a adsorção de contaminantes. Este material fino se precipita e se acumula no leito de baías e estuários. Desta forma, é muito comum encontrar grandes camadas de sedimentos finos que vão se contaminando ao longo do tempo, transformando-se um passivo ambiental de grande risco quando perturbados por uma dragagem.




A presença de elementos químicos como sulfitos em águas com ausência de oxigênio como é o caso destes ambientes com alta contaminação de efluentes domésticos (matéria orgânica) e industriais (metais pesados, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e organoclorados), provoca a fixação desses poluentes nos finos do sedimento. A remobilização da dragagem disponibiliza esses poluentes em ambientes aerados (com oxigênio) no meio líquido, sendo absorvidos pela cadeia alimentar, bioacumulando na musculatura de peixes e crustáceos. Desta forma, a contaminação do ser humano se processa pelo consumo do pescado contaminado, sendo, portanto, de **alto risco à saúde pública**.

Estudos antigos e recentes constataram a existência de contaminantes nos sedimentos do Canal do Piaçaguera acima do nível mínimo de referência permitido previstos nas Resoluções n.º 344 de 2004 e 421 de 2010, ambas revogadas pela Resolução nº 454 de 01/11/2012. Os dados foram coletados em janeiro de 2017 pelo Laboratório LABCRIS em 7 pontos superficiais no leito do canal de Piaçaguera. Também foram considerados os resultados monitorados em 2010 que já indicavam níveis de contaminação significativos.

Figura 3 Localização dos pontos de amostragem de sedimentos (Fonte: Google Earth)

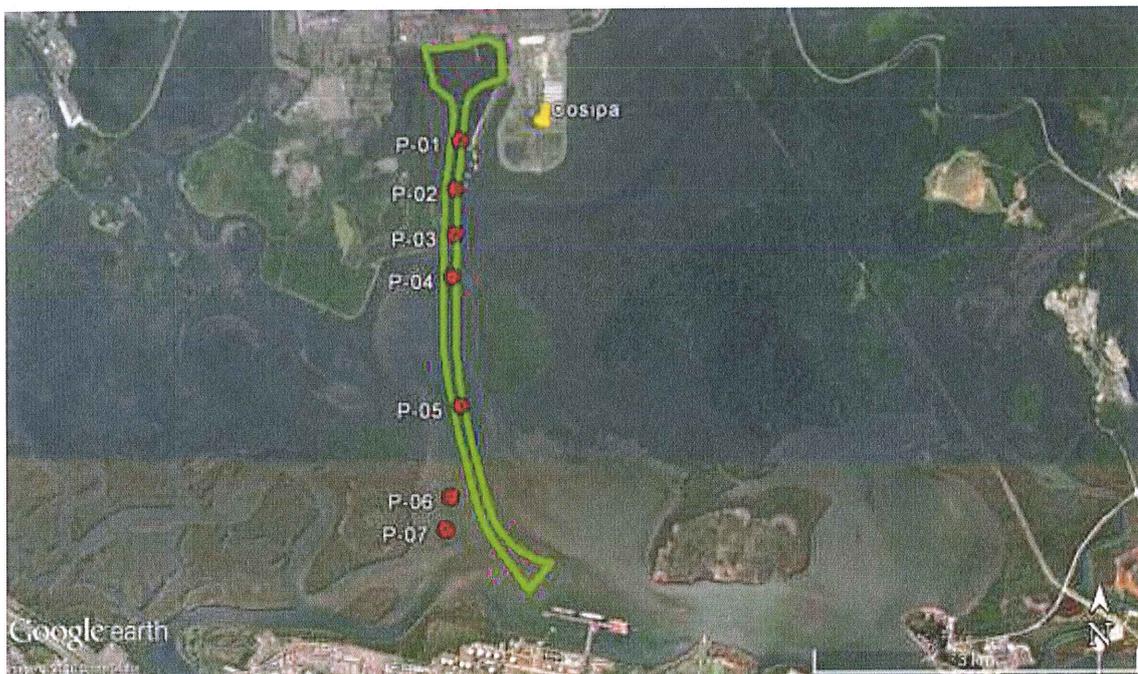


Tabela 1 Contaminantes encontrados nos sedimentos do Canal do Piaçaguera

	Poluente	Ponto do Canal Piaçaguera	Valor encontrado na análise	Níveis máximos da legislação CONAMA 344 – salobra/salina		Status
			mg/kg	Nível 1	Nível 2	
PCBs	BHC alfa	P-02/P-03	0,45 / 0,74	0,32	0,99	Risco
	BHC beta	P-02/P-03	0,65 / 1,27	0,32	0,99	Alto Risco
	BHC delta	P-03	1,44	0,32	0,99	Alto Risco
	DDD	P-03	0,0013	0,0012	0,0078	Risco
	DDE	P-03	0,004	0,0021	0,0037	Alto Risco
HPAs Derivados de Petróleo (Aromáticos)	Crizeno	P-03	6155,01	108	846	Alto Risco
	DiBenzo(a,h)antraceno	P-03	428,32	6,22	135	Alto Risco
	Benzo(a)Antraceno	P-03	164,41	85,3	1100	Risco
	Fenantreno	P-03	170,99	240	1500	Conforme
	Benzo(b)Fluranteno	P-03	8950,65	600	5100	Alto Risco
	Benzo-a-pireno	P-03	3692,17	88,8	763	Alto Risco
	Benzo-k-fluranteno	P-03	1298,91	-	-	Alto Risco
	Indeno (1,2,3)Pireno	P-03	1616,21	665	2600	Alto Risco
Soma de PAHs	P-03	22.476,67>>	3000	-	Alto Risco	
Metais Pesados	Cd/Cádmio	P-01 a P-07(média)	<0,5	1,2	9,6	Conforme
	Pb/Chumbo	P-01 a P-07 (média)	5,3	46,7	218	Conforme
	Hg/Mercúrio	P-01 a P-07(média)	<0,1	0,15	0,71	Conforme
	Ni/Níquel	P-01 a P-07(média)	3,4	20,9	51,6	Conforme
	As/Arsênio	P-01 a P-07(média)	3,5	8,2	70	Conforme
	Zn/Zinco	P-01 a P-07(média)	31,6	150	410	Conforme
Nível 1- Limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos à biota						
Nível 2- Limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso à biota						




A seguir, estão descritos os diferentes tipos de poluentes encontrados nas análises até então realizadas, no leito sedimentar do Canal de Piaçaguera:

- a) Pesticidas;
- b) Metais Pesados;
- c) Hidrocarbonetos Aromáticos.

4.1.1. Pesticidas

Os pesticidas organoclorados estão bastante em evidência pela sua periculosidade e dos graves problemas ambientais que eles causam.

Os que são contra o seu uso apontam para o fato de que eles são compostos que têm alta persistência no ambiente (alta resistência à degradação química e biológica) e alta solubilidade em lipídios, isto é, acumulam-se em tecidos gordurosos do organismo humano e animal, trazendo sérios problemas, principalmente ao fígado.

O DDT, de onde são derivados o DDD e o DDE encontrados no Canal de Piaçaguera, tem histórico de dizimar populações inteiras de aves, focas, entre outros animais, além de atacar as cascas dos ovos das aves.

O Canal de Piaçaguera, apresentou valores altos de BHC alfa, beta e delta, assim como DDD e DDE conforme a Resolução CONAMA 454, que é baseada em referências internacionais nos estudos de contaminação da camada superficial de resíduos sólidos.



- **BHC alfa, beta e delta**

- O BHC não é encontrado naturalmente, sendo somente de origem industrial em indústrias de petróleo ou transporte do mesmo em sua produção e transporte;
- As formas alfa, beta e gama são isômeros da mesma substância, mas igualmente conhecidos poluidores de rios e mares, com a forma beta predominando em 90%;
- Quando assimilados por organismo humano, pode causar nascimento prematuro de bebês e afetar leite materno de grávidas.

- **DDD e DDE**

- São produtos derivados quimicamente, ou industrialmente dos DDTs, criados na segunda guerra mundial, proibidos em países desenvolvidos por serem altamente tóxicos;
- São utilizados atualmente na forma atenuada de DDD e DDE como inseticidas, matando indiscriminadamente insetos ou qualquer componente orgânico vivo;
- Tem baixa solubilidade na água, sendo persistente em sólidos e de difícil absorção pela natureza;
- Foram encontrados na região de estudo em quantidades preocupantes nos sedimentos. No caso específico da Baía de Santos, um dos principais contribuintes de PCBs;
- Causador de câncer nos seres humanos e de alterar os níveis hormonais, provocando feminilização de machos, defeitos congênitos, infertilidade, depressão do sistema imunológico e comprometimento das funções mentais.

4.1.2. HPAs – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos

Os HPAs são encontrados no petróleo e em combustíveis utilizados nas embarcações. Durante o abastecimento dos navios ocorrem eventuais fugas cuja purgação ao longo dos anos vai se acumulando nos sedimentos do fundo estuarino.

De maneira geral, tanto os HPAs como os seus derivados estão associados ao aumento da incidência de diversos tipos de **câncer** em animais.



São **poluentes** orgânicos de grande persistência ambiental, e muitos deles são capazes de reagir, após transformações metabólicas com o **DNA**, tornando-se **carcinogênicos** e potenciais **mutagênicos**.

No caso dos sedimentos do Canal de Piaçaguera, devido à sua alta concentração e ampla distribuição, constituem uma ameaça potencialmente fatal para a saúde de toda a população.

Os seguintes HPAs foram detectados em níveis acima dos aceitáveis pela norma:

- Benzo-a-pireno
- Benzo-a-antraceno
- Crizeno
- Dibenzo(a,h)antraceno
- Acenafteno
- Acenaftleno
- Antraceno
- Fenantreno
- Fluorantreno
- Fluoreno
- Naftaleno
- Pireno

Parte da alta toxicidade desse composto é justificada pela sua capacidade de bioacumulação em diversas de espécies de organismos. Além da bioconcentração direta da água, pode haver absorção a partir dos alimentos.



- **Benzo-a-pireno**

- Entre os HPAs **carcinogênicos**, destaca-se o benzo(a)pireno (B(a)P), que por ser o mais bem estudado do grupo e por sua potente ação carcinogênica, tem sido utilizado como indicador da presença de HPAs em alimentos;
- Estes compostos são persistentes, principalmente em ambientes aquáticos, devido a sua baixa solubilidade em água e pela tendência de se associarem com material particulado, uma importante fonte de alimento para um grande número de organismos marinhos;
- A incidência de câncer de estômago em grupos da população da Nigéria e dos países bálticos tem sido relacionada com o grande consumo de peixe defumado artesanalmente, contendo elevados níveis de HPAs;

- **Benzo-a-antraceno**

- A contaminação de rios, mares e florestas e, também da atmosfera por benzo(a)antraceno pode causar diversos danos irreparáveis à natureza e à saúde humana;
- A exposição biótica ao benzo(a)antraceno pode ocorrer pela inalação, pela pele ou pela ingestão de alimentos ou de água contaminada;
- O benzo(a)antraceno é um composto **mutagênico** para uma ampla variedade de organismos, que incluem invertebrados, peixes, anfíbios, aves, mamíferos e o ser humano podendo causar modificações da proliferação de tecidos, como da medula óssea, dos órgãos linfáticos, das gônadas e do epitélio intestinal;
- Esse composto também **cancerígeno**, principalmente quando o organismo é exposto a ele pela via respiratória e/ou dérmica, podendo provocar tumoração em animais e mutação em bactérias;
- É válido ressaltar que o caráter lipofílico (acúmulo na gordura) do benzo(a)antraceno permite que ele entre com facilidade nas membranas celulares, permitindo que se acumule em diversos tecidos;
- Parte da alta toxicidade desse composto é justificada pela sua capacidade de bioacumulação em diversas espécies de organismos. Além da bioconcentração direta da água, pode haver absorção a partir dos alimentos.



- **Criseno**

- O criseno pertence igualmente ao grupo de HPAs, considerados **cancerígenos**. É encontrado no alcatrão, no creosoto e frações líquidas de petróleo em forma condensada dissolvida de gás;
- Os seguintes efeitos agudos (em curto prazo) sobre a saúde podem aparecer imediatamente sob a exposição ao criseno: O contato direto irrita os olhos e pele, a respiração torna sibilante, queimaduras na pele combinada com a radiação solar;
- Os efeitos crônicos (em longo prazo) podem permanecer durante meses ou anos, com indicações confirmadas de câncer de pele, e efeitos carcinogênicos indiretos com a ingestão de pescados.

- **Dibenzo(a,h)antraceno**

- Associado ao despejo e afluentes industriais de óleo e ao carvão, é um produto cancerígeno mesmo se absorvido no organismo em pequenas quantidades;
- Contamina tanto o solo quanto o ar sendo que os peixes acumulam, principalmente nas vísceras, o seu conteúdo químico aromático, sendo fonte de doença para os humanos e outros predadores;
- Seu efeito sobre as células de bactérias e mamíferos é tóxico e causa **mutações** no DNA.

- **Acenafteno**

- É facilmente oxidado, mas incompatível com compostos clorados, pouco diluível na água do mar, no entanto agrega-se aos sólidos, permanecendo por períodos longos nesta situação, como por exemplo, agregado a areia em ambientes marinhos;
- Emite odores desagradáveis quando oxidado ou aquecido;
- É **cancerígeno, neurotóxico**, contaminando facilmente o solo e o ar;
- Esta substância é perigosa por inalação, absorção e ingestão, sendo sua exposição crônica danosa ao fígado e rins humanos por ser bioacumulativa.



- **Acenaftaleno**

- O Acenaftaleno hidrogenado naturalmente, compõe a forma mais saturada do Acenafteno descrito no item anterior;
- Na forma original dá origem, por sua reatividade, organo-metálicos (reação com metais dissolvidos) igualmente nocivos ao meio antrópico e consequentemente aos consumidores de pescados locais contaminados.

- **Antraceno**

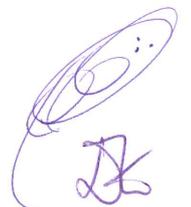
- Ainda que o antraceno seja um produto completamente aromático, o anel central mostra também reatividade alta com oxidação em meio marítimo. Quase todo o antraceno é oxidado industrialmente para produzir antraquinona, produto básico para muitos corantes, inseticidas, conservantes, entre outros;
- Pode ser uma substância perigosa para o meio ambiente, em especial para contaminação nos sólidos;
- Na cadeia alimentar referida a saúde humana, está ligado à bioacumulação, concretamente em organismos aquáticos e plantas.

- **Fenantreno**

- Se considera uma substância muito biodegradável, porém é absorvida por plantas e micro algas nos solos contaminados;
- Sua vida média no meio aquoso pode durar 800;
- É um produto bioacumulativo, cujo metabolismo e cinética no meio ambiente é pouco conhecido.

- **Fluoranteno**

- Não é **cancerígeno** na sua forma original, porém seus isômeros são;
- É uma substância comum no meio ambiente devido à combustão incompleta de combustíveis fósseis, provocando efeitos agudos nos animais aquáticos;



- **Naftaleno**

- Certamente um contaminante marinho comum em portos, gerado como subproduto dos combustíveis fósseis;
- Esta substância pode se incorporar ao meio ambiente através de uso industrial, ou por derramamentos de derivados de petróleo durante o armazenamento ou transporte;
- A exposição direta afeta células sanguíneas causando **anemia** aos mamíferos (hemólise);
- O naftaleno é uma substância tóxica para os organismos aquáticos, acumulando se em seus tecidos e contaminando-os, tornando-os assim impróprios para consumo.

- **Pireno**

- O Pireno é contaminante **cancerígeno** que acumula nos tecidos mamários e tecidos gordos;
- O armazenamento ocorre principalmente nos rins, fígado e tecido adiposo, com pequenas quantidades no **baço**, glândulas adrenais e **ovários**;
- Estes compostos movem-se rapidamente nas células, contaminando os organismos marinhos e por fim a ponta da cadeia, o homem, atingindo-o ao nível de DNA.

4.1.3. Metais Pesados

Metais pesados são contaminantes persistentes e de difícil remoção que ao entrarem na cadeia alimentar (peixe e crustáceos) tornam-se séria ameaça à saúde pública. Os seguintes metais foram encontrados acima do nível tolerável para o meio ambiente, com potencial contaminação da cadeia alimentar:



- **Cd/Cádmio**

- Contamina o solo, o ar, a água e o lençol freático;
- É bioacumulativo em toda a cadeia alimentar (trófica), provocando intoxicação nos seres humanos quando ingerirem peixes contaminados com cádmio. Provoca alterações no sistema nervoso central e no sistema respiratório;
- Compromete ossos e rins;
- Ocasiona edema pulmonar, câncer pulmonar e irritação no trato respiratório;
- Analogamente ao mercúrio, afeta o sistema nervoso e os rins;
- Provoca perda de olfato, formação de um anel amarelo no colo dos dentes, redução na produção de glóbulos vermelhos e remoção de cálcio dos ossos.

- **Pb/Chumbo**

- Polui o solo, a água e o ar e desta forma contamina os organismos vivos, devido a seu efeito bioacumulativo, em toda a cadeia alimentar (trófica);
- Provoca alterações no sangue e na urina, ocasionando doenças graves e em alguns casos, invalidez total e irreversível;
- Ocasiona problemas respiratórios;
- Provoca alterações renais e neurológicas. As principais alterações são no desenvolvimento cerebral das crianças, podendo provocar o idiotismo;
- Apesar de menos agressivo na água do que no ar, depositado nos ossos, musculaturas, nervos e rins, provoca estado de agitação, epilepsia, tremores, perda da capacidade intelectual e anemia.

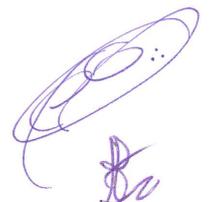


- **Hg/Mercúrio**

- Afeta o sistema nervoso central, provocando lesões no córtex e na capa granular do cérebro;
- Alterações em órgãos do sistema cardiovascular;
- Acumula-se no sistema nervoso, principalmente no cérebro, medula e rins;
- Provoca perda de coordenação dos movimentos, dificuldade no falar, comer e ouvir, além de atrofia e lesões renais, urogenital e endócrino. É absorvido pelos organismos vivos e vai-se acumulando de forma contínua durante toda a vida. Pela contaminação da água ou do solo, entra com facilidade na cadeia alimentar, representando um perigo para o homem que se alimenta de peixes ou aves dessas áreas.

- **Ni/Níquel**

- Ocorre na natureza em níveis muito menores que os encontrados na superfície, sendo atribuídas então à origem industrial;
- As principais vias de exposição ao níquel se dão através da ingestão de alimentos e água potável. As pequenas quantidades de níquel absorvidas nesses atos é benéfica para o organismo da espécie humana e de outros animais, mas, sendo um composto tóxico cumulativo, quando ultrapassa determinada quantidade, torna-se um sério problema à saúde, com riscos de contaminação;
- O contato com o níquel pode ocasionar dermatite e má formação de fetos, como anencefalia, em casos de elevada exposição;
- Costuma se concentrar nos rins, onde é eliminada pela urina junto com a quantidade ingerida na água, enquanto a quantidade ingerida na alimentação sólida é eliminada nas fezes.



- **As/Arsênio**

- Na forma de arsenito é usado como herbicida e como arsenato, é usado nos inseticidas;
- É absorvido na cadeia trófica por peixes, crustáceos e mexilhões;
- No homem produz efeitos nos sistemas respiratório, cardiovascular, nervoso e hematopoiético. No sistema respiratório ocorre irritação com danos nas mucosas nasais, laringe e brônquios. Exposições prolongadas podem provocar perfuração do septo nasal e rouquidão característica e, a longo prazo, insuficiência pulmonar, traqueobronquite e tosse crônica;
- No sistema cardiovascular são observadas lesões vasculares periféricas e alterações no eletrocardiograma. No sistema nervoso, as alterações observadas são sensoriais e polineuropatias, e no sistema hematopoiético observa-se leucopenia, efeitos cutâneos e hepáticos. Tem sido observada também a relação carcinogênica do arsênico com o câncer de pele e brônquios.

- **Zn/Zinco**

- O Zinco é metal preferencialmente absorvido por Fitoplâncton e Zooplâncton, em segundo lugar somente após o Ferro, podendo contaminar pescados com seu excesso;
- Agrega-se facilmente a sedimentos, podendo ser facilmente redissolvido à oxigenação;
- Estes processos são promovidos principalmente pela ressuspensão de sedimentos e pela difusão de metais através do sedimento de fundo;

- **O Caso Minamata de desastre ambiental por metais pesados (Mercúrio)**

No Japão, uma Indústria lançava efluentes contendo Mercúrio na baía da Minamata desde 1930. Somente 20 anos depois, começaram surgir sintomas de contaminação: peixes, moluscos e aves morriam. Em 1956, foi registrado o primeiro caso de contaminação humana - uma criança com danos cerebrais. Muitos casos foram observados depois desta data e a moléstia ficou conhecida como Mal de Minamata.



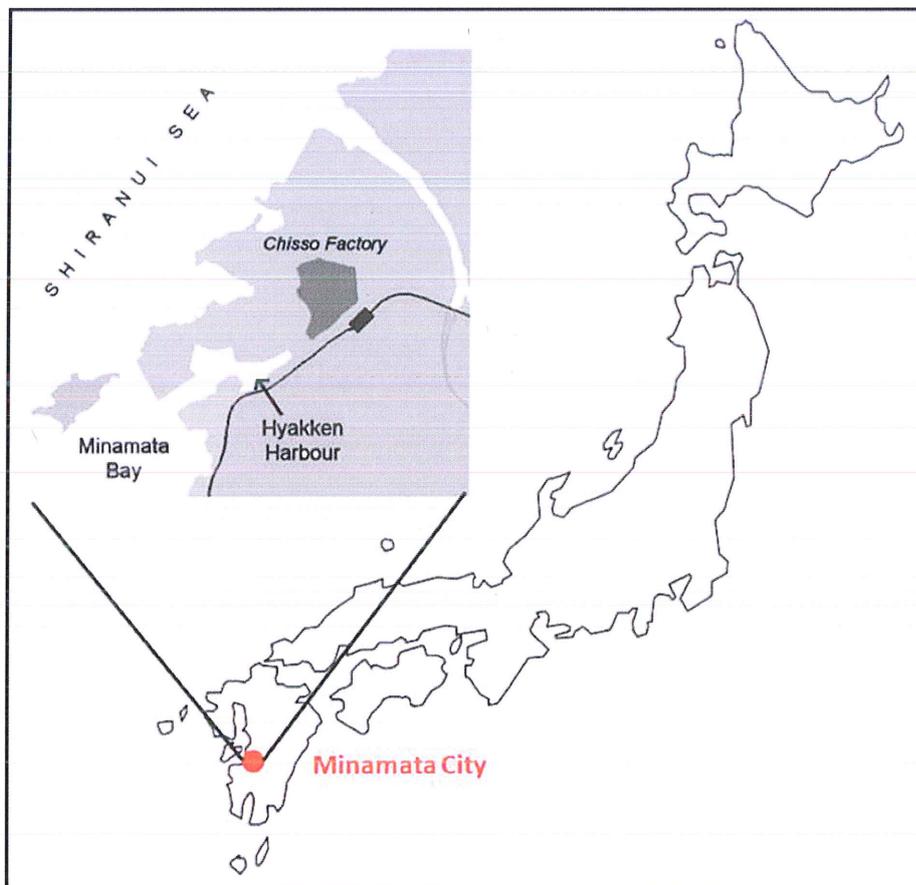
Figura 4 Mal de Minamata, década de 60 (Fonte: Revista LIFE)



Os médicos ficaram chocados pela alta mortalidade da nova doença: ela foi diagnosticada em treze outras pessoas, incluindo alguns de pequenas aldeias pesqueiras próximas de Minamata, que morreram com os mesmos sintomas, assim como animais domésticos e pássaros. Foi descoberto que o fator comum de todas as vítimas era que todas comeram grandes quantidades de peixes da Baía. Pesquisadores da **Universidade Kumamoto** chegaram à conclusão que o mal não era uma doença, mas sim envenenamento por substâncias tóxicas. Tornou-se claro que o envenenamento estava relacionado à fábrica de **acetaldéido** e **PVC** de propriedade da **Corporação Chisso**, uma companhia hidroelétrica que produzia fertilizantes químicos. Falar publicamente contra a companhia era proibido já que ela era um empregador importante na cidade. Com o tempo, a equipe de pesquisa médica chegou à conclusão que as mortes foram causadas por envenenamento com mercúrio mediante consumo de peixe contaminado; o mercúrio era usado no complexo Chisso como **catalisador**.



Figura 5 Local do despejo de efluentes da Fábrica Chisso
(Fonte: http://www.nimd.go.jp/archives/english/tenji/a_corner/a01.html)



A Síndrome de Minamata demorou 20 anos para se manifestar após o início da contaminação. No total, mais de 700 pessoas morreram com dores severas devido ao envenenamento. Em 2001, uma pesquisa indicou que cerca de dois milhões de pessoas podem ter sido afetadas por comer peixe contaminado. No mesmo período de tempo, foi reconhecido que 2.955 pessoas sofreram da doença de Minamata.



No caso do estuário de Santos apesar de atualmente conter índices inferiores aos limites preconizados pelas normas, existe o risco que sucessivas dragagens e aumento das fontes poluidoras, provocarem o acúmulo de metais pesados e manifestação posterior de doença como em Minamata.

Figura 6 Representação de Bioacumulação de metilmercúrio no caso de Minamata (Fonte: <http://www.medindia.net/patients/patientinfo/minamata-disease.htm>)

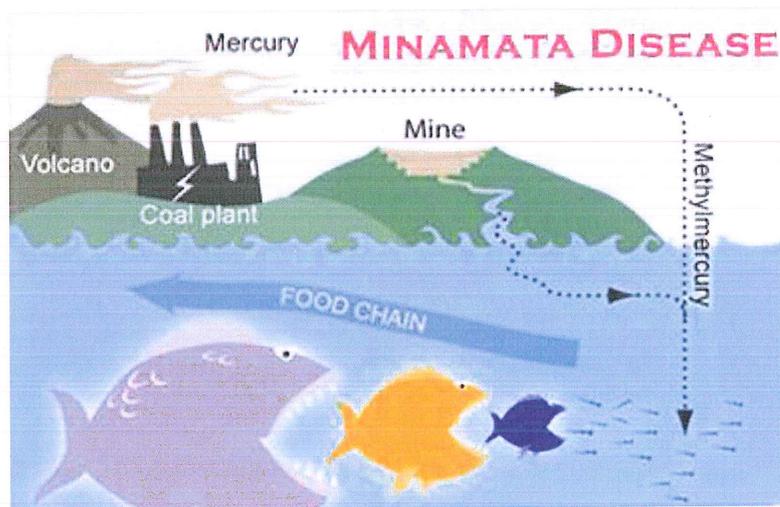
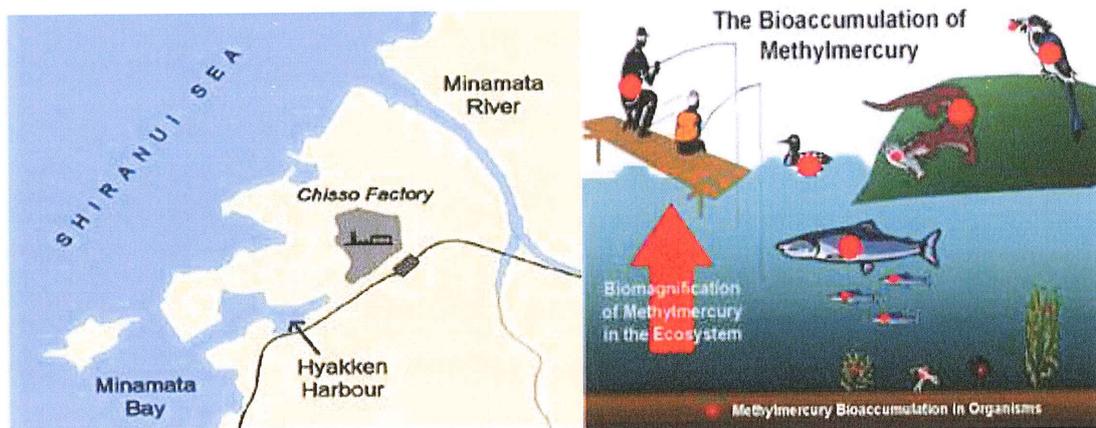


Figura 7 Local da fábrica e influência indireta da bioacumulação (Fonte: <http://minamatadisease.weebly.com/disease-etiology.html>)



4.1.4. Análise Comparativa

A tabela 2 mostra o ranking de periculosidade dos poluentes existentes no canal de Piaçaguera. Foi realizado o estudo comparativo ranqueando os grupos de poluentes subdivididos em PCBs, HPAs e metais pesados. Foram classificados com diferentes pesos quanto à sua persistência, toxicidade, sensibilidade do meio natural e risco à saúde pública. Foi também considerada a frequência de ocorrência no ambiente de estudo.

Tabela 2 Avaliação comparativa da periculosidade dos poluentes encontrados

Tipo de Poluente	Persistência	Toxicidade	Sensibilidade do meio natural	Risco saúde pública	Ocorrência no ambiente	Somatório	Ranking
PCB - Pesticidas	3	3	3	3	2	14	2º
HPAs -Derivados de Petróleo (Aromáticos)	3	3	3	3	3	15	1º
Metais Pesados	3	2	3	3	1	12	3º

Legenda: 1 - leve, 2 - médio e 3 - alto.

Na **Tabela 2**, observa-se que os poluentes piores ranqueados são os HPAs seguido dos pesticidas. Justamente aqueles apresentam concentrações maiores nos Canal de Piaçaguera.

Observa-se que tanto os aromáticos (HPAs) como os pesticidas (PCBs) destacam-se em relação aos metais pesados. Portanto deve-se olhar com atenção redobrada para estes poluentes.

No item 6 do presente estudo – Conclusão e Recomendações –, será discutido a questão dos poluentes integrados com o tipo de operação de dragagem, bem como sua influência no meio natural e antrópico.



4.2. Principais Tipos de Disposição de Sedimentos

Existem diversos tipos de procedimentos para disposição de sedimentos dragados. A opção da escolha para cada tipo de disposição depende do grau de toxicidade, do volume, da proximidade de sítios naturais de relevante fragilidade, da acessibilidade humana ao material dragado, dos riscos à segurança de navegação e da proteção ao meio ambiente e à saúde pública. Um tratado internacional que dispõe de normas e critérios para a disposição de sedimentos trata-se da convenção de Londres – 1972. Nos Estados Unidos o “Marine Protection, Research and Sanctuaries Act” é outra norma de referência para se avaliar as condições de menor risco de impacto da dragagem sobre a biota e a saúde humana.

Naturalmente que a disposição de sedimentos também depende do tipo de tratamento oferecido ao material removido. Uma vez que o tratamento implica em custos adicionais, muitas são as situações em que não há qualquer tipo de tratamento. Quando isso ocorre recai unicamente sobre a disposição dos sedimentos toda a responsabilidade da segurança exigida. Nesta situação o isolamento do material contaminado deve estar garantido de modo a não haver vazamento ao meio natural.

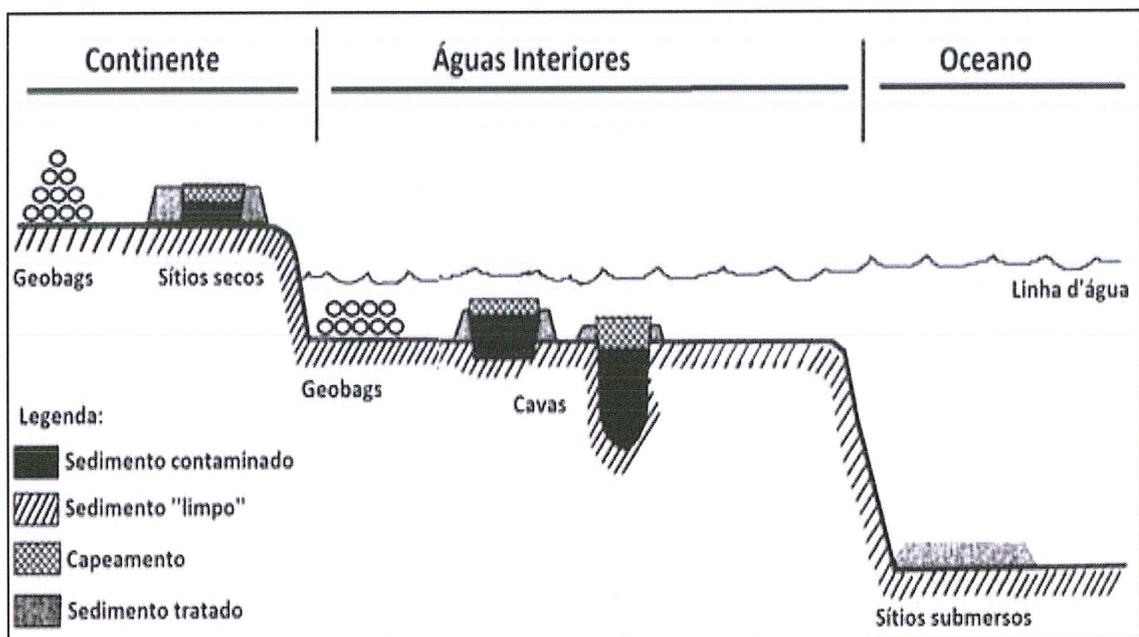
As áreas de deposição dos sedimentos dragados em terra ou sob o espelho d’água, dentro das condições de segurança exigidas pelas normas técnicas, requerem custos vultosos. Da mesma forma, outro fator que representa custo é a distância entre o sítio de despejo e o local da dragagem. Normalmente, tanto o custo de transporte como de áreas mais seguras e adequadas de despejo são diretamente proporcionais a distância que separa o local de dragagem e a área de despejo. Geralmente locais mais seguros e adequados são aqueles mais distantes do local de dragagem. Seguramente os custos tornam-se maiores para estes sítios de despejo. Desta forma, um estudo de alternativas com locais de média distância, porém mais seguros devem ser contemplados.



Atualmente podem ser identificados 04 tipos de disposição de sedimentos contaminados, a saber:

- a) Em sítios secos;
- b) Em sítios submersos (alto mar);
- c) Em cavas submersas e semi-submersas (águas interiores);
- d) Em geobags (em terra ou submerso).

Figura 8 Tipos de disposição de sedimentos contaminados (Adaptado de Committee on Contaminated Marine Sediments, 1997)



Handwritten signature and initials in purple ink.



4.2.1. Em Sítios Secos

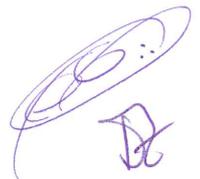
Trata-se de aterros terrestres cuja disposição dos sedimentos é mais controlada e geralmente de maior custo. Os aterros terrestres, em geral, são mais bem controlados em função da acessibilidade dos meios de monitoramento, proximidades dos assentamentos humanos, além da disponibilidade de normas mais detalhadas e tecnologias mais precisas. Portanto melhores são as condições de segurança que se apresentam neste tipo de disposição aos sedimentos dragados. Contudo nem sempre são próximos ao local de dragagens, uma das razões do seu custo superior.

Por outro lado, os principais fatores limitantes são a baixa capacidade de receber grandes volumes de sedimentos, a manipulação e o tratamento das águas residuais oriundas da remoção e transporte, além da disponibilidade de áreas adequadas próximas a origem da dragagem.

4.2.2. Em Sítios Submersos (Alto Mar)

A zona costeira contígua ou mesmo em alto mar são locais passíveis de receber os sedimentos dragados de áreas portuárias e terminais. Apesar da relativa distância a ser vencida para se processar o despejo ainda assim estes locais podem ser interessantes uma vez que pode comportar **grandes volumes** de sedimentos dragados.

Da mesma forma, este tipo de disposição pode ser realizado com equipamentos de dragagem convencionais e com grande capacidade de performance, o que constitui uma vantagem de performance x custo.



Nestes locais de profundidade relativamente superiores aos locais de dragagem (águas interiores), maior será a capacidade de absorção e digestão dos compostos orgânicos normalmente encontrados em sedimentos portuários. Em lâminas d'água mais profundas melhores serão as condições ambientais para o tratamento natural em função do grande volume d'água oferecido além das trocas hídricas existentes nestes ambientes. Em águas interiores as águas são mais confinadas enquanto que em regiões costeiras e oceânicas maiores serão as condições de trocas e das interações. Neste cenário, a dispersão ou mesmo a estabilização dos poluentes encontrados nos sedimentos dragados são significativamente maiores.

Por se manter as características químicas e físicas tanto da origem da dragagem como no destino final, ou seja, no meio líquido, as condições externas do sedimento se mantêm relativamente estáveis. Por outro lado, barreiras legais adotadas pelas normas internacionais **proíbem o lançamento de sedimentos poluídos em alto mar** ou regiões costeiras. Contudo as normas brasileiras são omissas em algumas questões quanto ao nível de permissibilidade do lançamento de sedimentos contaminados.

Uma desvantagem considerável trata-se das perdas de sedimentos durante o processo de transporte e/ou lançamento nos locais de deposição em alto mar.

4.2.3. Em Cavas Submersas e Semi-submersas (Águas Interiores)

Trata-se do preenchimento com material dragado de depressões submersas naturais ou cavas escavadas artificialmente. Em geral, a utilização de sítios submersos visa minimizar ou mesmo eliminar o custo de transporte do sedimento dragado. Outra vantagem é que o sedimento se mantêm no meio líquido com pouca alteração das características físico-químicas do entorno. Tal fato preserva o material tóxico relativamente estável. Contudo, com o oxigênio dissolvido (OD) na coluna d'água, seguramente haverá um risco maior dos metais pesados se combinarem. Tal fato torna-os disponíveis para a bioacumulação, contaminando a cadeia alimentar do local. Isto ocorre na pluma provocada pelo revolvimento dos finos durante a operação de dragagem. Daí a necessidade, em certos casos, de uma cortina envolvendo a coluna d'água do local da



dragagem. Outro cuidado preventivo do local da deposição é a realidade do capeamento e isolamento da cava com o meio exterior ao final do lançamento dos sedimentos contaminados.

A desvantagem deste processo é a interferência das comunidades bentônicas e mesmo a possível mudança da batimetria local. A mudança morfológica do fundo pode provocar alteração do perfil das correntes, acarretando novos locais de assoreamento e/ou erosão. Da mesma forma, o capeamento requer monitoramentos periódicos para certificar a integridade do mesmo contra processos erosivos causados pelas correntes de maré.

Trata-se de um processo de rápida execução, existindo tecnologia e experiência comprovada. Contudo, não se atinge o tratamento efetivo e acelerado, principalmente quando se considera que os sedimentos poluídos dragados são na verdade um passivo ambiental, provocado pelas instalações portuárias e as indústrias de retro-porto ao longo dos anos.

4.2.4 – Em Geobags (Em Terra ou Submersos)

Atualmente, os geobags são colchões reservatórios que isolam os sedimentos dragados do meio exterior, podendo inclusive ser injetados produtos químicos para acelerar o tratamento e neutralização dos elementos tóxicos encontrados nos sedimentos segregados.

A principal vantagem da utilização de bolsões geotexteis (geobags) é evitar a dispersão de poluentes no momento de seu lançamento no sítio de deposição aquático. Ao se encapsular, os sedimentos dragados, as bolsas geotexteis podem ser depositados, seja em terra ou submersos, em segurança e sem risco de espalhamento da pluma de poluentes no momento do lançamento.

As desvantagens concentram-se na baixa envergadura e capacidade de atendimento ao volume de sedimento a ser dragado bem como no alto custo do material.



O porto de Marina del Rey (EUA – California) foi um dos locais experimentais do uso de geobags, pois possibilitou que o material dragado pudesse ser disposto em mar ao invés de ser em terra. O encapsulamento do material contaminado possibilita seu tratamento e seu isolamento do meio exterior. No caso de Marina del Rey, em função da contaminação do sedimento, do valor ambiental dos recursos naturais do entorno, dos inúmeros usos do espelho d'água e principalmente da acessibilidade dos formadores de opinião pública, o valor da alternativa escolhida foi o custo a ser pago. O risco de outras alternativas menos custosas poderia representar atrasos na obra, custo na imagem, multas e ações na justiça.

4.2.5. Análise Comparativa

Em funções das 04 alternativas de disposição apresentadas, dentre as quais a adotada (cava submersa), a **Tabela 3** a seguir demonstra as vantagens e as desvantagens de cada uma procurando-se ranquear a melhor para a situação de dragagem do Canal de Piaçaguera.

Tabela 3 Análise Comparativa entre alternativas de disposição

Tipos de Disposição	Custo Relativo	Capacidade volumétrica	Condições de Isolamento ao Meio Exterior	Necessidade de Tratamento do Sedimento	Segurança de Operação	Confinamento do sedimento contaminado	Somatório	Ranking
Em sítios secos*	3	3	3	3	3	4	3	1º
Em sítios submersos (alto mar)	1	4	1	1	4	1	2	3º
Em cavas submersos e semi-submersos (águas interiores)**	2	2	2	2	2	2	1	4º
Em geobags (terra e submersos)	4	1	4	4	1	3	4	2º

*Existente no local, mas não adotado.

**A ser adotado.




Custo Relativo (CR): Custo médio comparativo entre tipos de disposição;

Capacidade Volumétrica (CV): Capacidade de armazenamento volumétrico;

Condições de Isolamento (CI): Capacidade de isolamento dos sedimentos ao meio exterior;

Necessidade de Tratamento (NT): Em função do tipo de disposição à necessidade comparativa de haver tratamento aos sedimentos contaminados;

Condições de Monitoramento e Controle (CMN): Acessibilidade e Exequibilidade de procedimentos de controle e acompanhamento da segurança do material contaminado dragado;

Segurança de Operação (SO): Análise comparativa da segurança da operação de dragagem e disposição;

Confinamento do Sedimento (CS): condições de segurança do confinamento.

Percebe-se claramente pela elevada pontuação que a alternativa do sítio seco é a melhor para a situação de dragagem encontrada no local. Tanto é verdade que já existe a adoção de lançamento de material dragado em terra firme.

Em segundo lugar e não menos seguro, está a alternativa do geobags. Contudo o elevado custo não é seguramente um atrativo para sua adoção. Países com cuidados à saúde pública e ambiental, respeito à opinião pública além do princípio poluidor/pagador dão preferência para soluções mais seguras e controladas. Este foi o exemplo citado para dragagem do porto de Marina del Rey, EUA.

Nas últimas colocações e com pontuação bem abaixo, estão os sítios oceânicos e as cavas submersas em águas interiores. Estas são seguramente as alternativas de menor custos ou talvez com menores distâncias a vencer para lançamento do material dragado, mas as que oferecem piores condições de controle ou monitoramento.



Portanto, apesar dos baixos custos, a alternativa de disposição em cava submersa em águas interiores, como a do canal de Piaçaguera no Estuário de Santos, não é a mais adequada. Ela também oferece risco de estabilidade por estar localizada na curva do canal de acesso, local de maior risco de erosão em função do desvio de 90° do fluxo das correntes de maré que adentram pelo estuário de Santos. Além disso, a própria navegação no local promove risco adicional de erosão do talude submerso provocado pelas hélices dos navios e mesmo choques das embarcações no banco de areia.

4.3. Principais Tipos de Tratamento

Os principais tipos de tratamento de sedimentos ou lodos variam em função da sua constituição (qualidade) e da sua quantidade.

No projeto de tratamento, especialmente quando grandes volumes estão envolvidos, como o da dragagem da Bacia de Santos com porções altamente contaminadas e com considerável quantidade de lodo orgânico, existe a tendência de optar por tratamento mais simples para minimizar ao máximo os custos, como a simples separação ou isolamento, em detrimento de processos mais custosos com emprego de energia, porém de maior segurança.

Os processos que envolvem troca de temperatura e adição de produtos químicos trabalham mais eficientemente com volumes menores ou altamente concentrados, exigindo uma etapa anterior de separação. Os sedimentos mais finos tendem a associar-se a contaminantes orgânicos, como os encontrados nos despejos domésticos, urbanos e industriais, objeto da área em estudo.

Depois de cada processo de tratamento de sedimentos um local pré-determinado para disposição final dos sedimentos limpos deve ser providenciado. Normalmente isto é realizado em locais secos podendo inclusive constituir de aterro controlado.



Em situação de haver sedimentos com concentração alta de poluentes, os mesmos devem ser isolados e destruídos com tratamento mais caro, como disposição em aterros protegidos ou incineração, em favor às demandas ambientais e atendendo à legislação.

Descreveremos cinco processos de tratamento externo (*ex situ*) que deveriam ter sido considerados pelo gestor da recuperação do local como alternativas antes de iniciada a dragagem. Contudo, a opção mais barata e rápida de isolamento para o tratamento do material dragado é que foi escolhida.

4.3.1. Tratamento por Separação de Sólidos/ Líquidos (Aterro Seco)

A separação de sólidos da água é o processo mais simples de emprego na dragagem de sedimentos.

Dragas hidráulicas removem lodos que usualmente requerem separação da água e sedimentos (sólidos). As dragas mecânicas e pneumáticas fazem separações rápidas locais, havendo revolvimento do fundo e eventual necessidade de tratamento convencional dos líquidos revolvidos, no caso de contaminação (da água separada) acima da legislação. A água contaminada pode preliminarmente ser disposta em lagos de sedimentação (com proteção estanque) ou cavas, onde haverá ao longo do tempo, consolidação da sedimentação, embora muito lenta, e da evaporação natural.

A água separada normalmente necessita de tratamento e os sólidos na precisão de consolidação mais rápida, necessitará de métodos de centrifugação, filtração ou ainda filtragem por prensa. Mas estes métodos estarão condicionados a partículas de sedimentos que contém siltes e argilas.



Em determinadas situações, em função da qualidade do contaminante e do volume dragado, o simples isolamento em aterro terrestre é uma solução aceitável.

Figura 9 Foto de Dragagem mecânica

(Fonte: <http://procedimientosconstruccion.blogs.upv.es/tag/draga-mecanica/>)



4.3.2. Separação Física (Tratamento Físico)

Lavagem de sólidos e técnicas de separação de partículas são adaptações de técnicas utilizadas na indústria de mineração, que nada mais são que processos à base de extração à base de água como solvente.

A classificação de partículas sólidas conta muito para a adoção desta técnica de separação como as propriedades físicas, tamanho, densidade e tipo de superfície química.

É aplicável quando contaminantes são predominantemente associáveis à contaminantes em granulação fina.



Tanto em águas doces quanto do mar, os contaminantes estão associados preferencialmente às argilas e siltes na proporção aproximada de 80% para 20% em areia, no caso de PCBs, por exemplo.

É importante citar que a separação não é um tratamento efetivo para todos os sedimentos. Em certas situações os contaminantes não são destruídos pela diminuição de volume adotado nesta técnica.

4.3.3. Separação Química (Tratamento Químico)

Estas opções de tratamento concentram os contaminantes para a destruição dos mesmos.

Para separação dos contaminantes orgânicos é utilizado um solvente como extrator, sendo o líquido separado e também tratado até a neutralização. O líquido extraído é tratado em reatores tipo batelada, sequencialmente, com eficácia de 50 a 75% até tornar-se efluente tratado em condições de ser descartado.

Orgânicos voláteis como os encontrados no Canal de Piaçaguera podem ser tratados termicamente (dessorção térmica) a partir dos sedimentos com aquecimento de 200 a 300° C, com posterior lavagem de gases.

A imobilização é empregada mais para metais, com incorporação dos mesmos em sólidos, tendo como exemplo prático o resíduo contaminado em proporções percentuais compatíveis na massa de tijolo de cimento.



4.3.4. Destruição Térmica e Química

Estes tratamentos podem ser separados ou juntos conforme os contaminantes que devemos neutralizar.

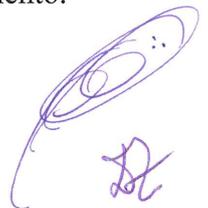
É a reação química ou eventualmente com utilização conjunta de calor, utilizados para a quebra de contaminantes orgânicos a formas menos agressivas e melhor assimiláveis ao meio natural.

Tem eficiência de tratamento de 99%, porém a custos altos.

4.3.5. Tratamento Biológico

É o tratamento realizado com bactérias indígenas ou selecionadas com a limitação seguinte:

- A matéria orgânica a ser tratada não pode ter concentração alta a ponto de matar as bactérias que realizam o tratamento (orgânicos pouco tóxicos);
- A concentração do contaminante tem que ser compatível com a bioatividade apropriada, isto é, o orgânico deve ser consumido por bactérias até a sua mineralização;
- Demanda um grande controle de operação para manter o lodo (aerado ou não) em condições de tratamento;
- Águas com salinidade alta são um limitante sério comprometendo o tratamento.



4.3.6. Avaliação Comparativa

Procurou-se sintetizar comparativamente os tipos de tratamento e seus itens ranqueáveis como o volume tratável, rapidez de resposta do tipo de tratamento, sua eficácia e finalmente pertinência para a situação atual encontrada em seus níveis de poluição ambiental.

A **Tabela 4** tem como objetivo ranquear os tipos de tratamento visando avaliar a relação do custo benefício obtido por cada tipo de tratamento.

Tabela 4 Avaliação comparativa do custo e resultados do tratamento

Tipo de Tratamento	Custo	Volume Tratável	Rapidez/Resposta	Eficácia	Pertinência/ Local	Somatório	Ranking
Nenhum	0	0	0	0	0	0	5 ^o
Confinamento	1	1	1	1	1	4	4 ^o
Trat.Físico	2	2	2	3	2	9	3 ^o
Trat Químico	3	3	3	2	3	11	2 ^o
Trat Biológico	4	4	4	3	4	15	1 ^o

Onde os pesos variam de 0 a 4 com sequência crescente, comparativamente entre cinco alternativas apresentadas.

Através do ranqueamento final obtido percebe-se claramente que quanto mais esforço é aplicado em decorrência de cada tipo de tratamento tanto maior serão os resultados de segurança, conservação do meio ambiente e preservação da saúde pública.

Portanto a solução adotada do capeamento/confinamento dos sedimentos dragados só consegue ser melhor que alternativa de nenhum tratamento. Para as fragilidades do ambiente estuarino, o risco da operação torna-se bastante preocupante.




Neste caso específico, muito mais importante que a questão do menor custo e facilidades de execução, é a segurança da operação.

A **Tabela 4** demonstra que o aterro seco, que já vinha sendo adotado, é a melhor alternativa.

A handwritten signature in purple ink, consisting of a large, stylized initial 'P' and a smaller signature below it.

5. RISCOS DA DRAGAGEM PROPOSTA

O presente item procura realizar uma discussão da proposta de dragagem oferecida comparando-se com outras alternativas de tratamento e disposição dos sedimentos contaminados a serem retirados do Canal de Piaçaguera.

A análise integrada de todas alternativas procura antever potenciais riscos à saúde pública e à qualidade ambiental do estuário de Santos. Esta avaliação visa analisar eventuais alternativas paralelas que possam oferecer os mesmos benefícios desejados pela dragagem de manutenção do canal de acesso, contudo com resultados de segurança otimizados e melhores.

Este item apresenta objetivamente os riscos oferecidos pela dragagem proposta do Canal de Piaçaguera. Entre os riscos ambientais relevantes são discutidos as consequências da dragagem sobre as fragilidades naturais, assim como a periculosidade dos contaminantes nos sedimentos e seu provável espalhamento na área de influência da dragagem.

São tratados ainda assuntos de segurança na operação em curso, da dificuldade do controle e monitoramento do material removido, assim como a disposição final dos sedimentos.

5.1. Fragilidades Ambientais

Regiões estuarinas como é o caso de Santos são reconhecidamente ecossistemas de reprodução da vida marinha e com baixa resiliência para ações antrópicas que não privilegiem o princípio de precaução e da mitigação dos impactos decorrentes da dragagem.

Dentre os principais riscos decorrentes das fragilidades de um estuário citam-se os seguintes:



- O revolvimento da fração fina dos sedimentos durante o processo de dragagem provoca o transporte do material podendo acarretar o assoreamento da faixa marginal de manguezais;
- Da mesma forma pode ocorrer o sufocamento da biota de fundo pelo recobrimento de extensas áreas submersas;
- Afugentar ou bloquear a migração do pescado para suas áreas de procriação;
- Favorecer a perda de profundidade de áreas internas do estuário com a criação de zonas pantanosas com lodo contaminado.

5.2. Periculosidade dos Contaminantes nos Sedimentos

As análises realizadas dos sedimentos a serem removidos no Canal de Piaçaguera e posterior disposição em cava submersa, muito próxima ao referido canal e a extensas áreas internas de manguezais, confirmam ser fatores de extremo risco para o envenenamento da biota e ameaça à saúde pública. A periculosidade se potencializa pois a acessibilidade humana à área de influência direta da dragagem e a proximidade da zona urbana densamente ocupada facilita o contato com os sedimentos contaminados. A seguir estão pontuadas algumas preocupações reais.

- Estes HPAs, por serem poucos solúveis em água, estão presentes e espalhados nos sedimentos de fundo do Canal de Piaçaguera;
- Os sedimentos a serem dragados são altamente contaminados por HPAs;
- O revolvimento destes sedimentos de fundo podem, pela dragagem, ter consequências imprevisíveis para o meio ambiente, pois são cancerígenos e assimiláveis pela fauna e flora aquática;
- A ressuspensão de sedimentos finos contaminados com pesticidas e derivados do petróleo pode resultar em mortandade de peixes e crustáceos;
- Risco de bioacumulação progressiva por metais pesados ao longo do tempo provocando ameaça à saúde pública.



5.3. Inadequações da Segurança, Controle e Monitoramento

A área bota fora do material dragado por ser submersa e próximo a centros urbanos pode gerar riscos à segurança pública e perda do controle e monitoramento dos sedimentos removidos. Alguns desdobramentos de risco ambiental e social estão descritos a seguir.

- Não foi contemplado qualquer tipo de tratamento aos sedimentos contaminados;
- O projeto de dragagem só contemplou uma simplificação de confinamento em área próxima;
- Proximidade da área de dragagem e bota fora a centros urbanos densamente ocupados potencializando os riscos de eventuais acidentes ambientais;
- Risco da visibilidade gerar pânico e reações sociais que fujam ao controle da segurança e ordem pública (insegurança social);
- Perda da imagem ambiental arduamente conquistada nas últimas décadas relativo a recuperação da qualidade ambiental do complexo petroquímico de Cubatão.

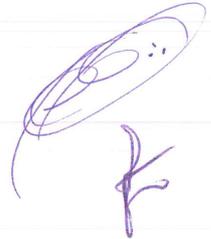
5.4. Riscos da Área de Bota Fora

A cava submersa projetada para receber o material dragado foi posicionada muito próxima a áreas sensíveis, ambientalmente falando, na foz do rio casqueiro bem como contígua ao canal de acesso a ser aprofundado. Tal cenário favorece o risco que as navegações de navios de grande porte oferecem a colisões possível desestabilização do talude de interface entre a cava e o canal.

- Área de bota fora submersa, na prática impossibilita a exequibilidade e a periodicidade da aferição e controle dos processos de lançamento e de tratamento dos sedimentos contaminados depositados na cava;
- Existe a dificuldade de confirmar o isolamento do material disposto bem como a estabilidade da cava, principalmente na vertente mais próxima do Canal de Piaçaguera;



- Na prática fica comprometida a capacidade de monitorar possível decapeamento da camada de isolamento, seja por erosão natural provocada pelas correntes de maré, seja pela hélice dos navios de porte que passam próximo ao local.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a final vertical stroke, located on the right side of the page.

6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A proposta adotada para realizar a dragagem do Canal de Piaçaguera não é a mais segura e adequada para as condições existentes no estuário de Santos.

Percebe-se que a opção adotada visa a redução dos custos de execução do projeto e com o objetivo de atender o acesso de grandes embarcações para a área do empreendedor.

Os riscos apresentados confirmam a insegurança da disposição de material tóxico em cava subaquática conforme proposto.

Tendo em vista a alta visibilidade e o grau de importância ambiental, associadas as questões sociais e econômicas do Estuário de Santos, qualquer atividade com esse potencial de impacto, representa um elevado risco aos diversos compartimentos ambientais, assim como as demais atividades portuárias e sociais, em especial da pesca artesanal.



7. EQUIPE TÉCNICA

Coordenação:



Eng. David Zee: Eng. Civil, Mestre em Eng. Costeiro e Oceanográfico pela University of Florida, DSc em Geografia pela UFRJ, Professor da Faculdade de Oceanografia da UERJ, Vice-presidente da Câmara Comunitária da Barra da Tijuca e da ONG Defensores da Terra.



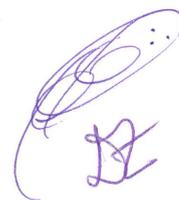
Doutorando em Propriedade Industrial e Patentes, pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI. *M.Sc.* em Engenharia, com ênfase em Estatística Inferencial, pelo Instituto Militar de Engenharia – IME, Especialista em Avaliação de Empresas pelo *New York Finance Institute – NYFI*. Perito Judicial em Varas Federais, Empresariais, Cíveis e da Fazenda Pública nas áreas de Engenharia e Finanças, atua como Professor-Coordenador da Fundação Getulio Vargas – FGV.



Eng. Ricardo José do Coutto: Eng. Químico, Especialização em Eng. Sanitária e Ambiental pela UERJ, MBA em Petróleo e Gás pela FGV, Chefe da Vigilância Sanitária do Mun. De Niterói, RJ. Consultor internacional para a América Latina – BID.



Ocn. Alexandre Barreto: Oceanógrafo, Pós-graduando em petróleo e gás Coppe/UFRJ, experiência em gestão ambiental, gestão de poluição por óleo e desenvolvimento sustentável de zonas costeiras.



8. BIBLIOGRAFIA

BÉRGAMO, A. L. Características da Hidrografia, circulação e transporte de sal: Barra da Cananéia, sul do mar da Cananéia e Baía de Tripandé. Cap 1,2,3. P 1-64. São Paulo, 2000.

CETESB. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo – 2000. São Paulo: Relatório Técnico Cetesb, v.1, 219p. 2001.

CODESP – Companhia de DOCAS do Estado de São Paulo. Pesquisa de Determinação de Áreas de descarte de material de dragagem na zona oceânica exterior à Baía de Santos. 136 p. Trabalho realizado pela Universidade Santa Cecília – Unisanta para a Codesp. Relatório Final. 2002.

Committee on Contaminated Marine Sediments, Marine Board, Commission on Engineering and Technical Systems, National Research Council. Contaminated sediments in ports and waterways: clean-up strategies and technologies. National Academy Press, 1997.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 344, de 25 de março de 2004. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 454, de 01 de novembro de 2012. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 465, de 05 de dezembro de 2014. Dispõe sobre os requisitos e critérios técnicos mínimos necessários para o licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens de agrotóxicos e afins, vazias ou contendo resíduos.

COSIPA - Companhia Siderúrgica Paulista. Relatório Analítico Ambiental dos sedimentos do canal de Piaçaguera-Projeto Ilha das Cobras-Basalto Engenharia, Janeiro 2017.



CULP, G. L. Handbook of Sludge Handling Process, 1979.

DIAS, C. B. Dinâmica do sistema estuarino Timonha/Ubatuba (Ceará – Brasil): Considerações ambientais. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais), Instituto de Ciências do Mar, Fortaleza. 146p. 2005.

FUKUMOTO, M. M. Determinação da história deposicional recente do Alto Estuário Santista, com base nos teores de metais e na susceptibilidade magnética dos sedimentos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Instituto Oceanográfico. São Paulo, SP. 123p. 2007.

KNOPPERS, B.; SOUZA, W. F. L.; EKAU, W. FIGUEIREDO, A. G.; SOARES GOMES, A. A. Interface Terra-Mar do Brasil. p. 529-553. 2009.

LAWS, E. A. Aquatic Pollution – An introductory text – 3rd edition, 1993.

MARTINS, C. C. Marcadores Orgânicos Geoquímicos em testemunho de sedimento de Sistema Estuarino de Santos e São Vicente, SP: um registro histórico da introdução de hidrocarbonetos no ambiente marinho. São Paulo, 215p. 2005.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. Classificação de Estuários, In: Princípios de Oceanografia Física em Estuários. 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. Cap. 3, p. 91-127. ISBN: 978-85-314-0675-1.

PARREIRA, C. N. Avaliação da Hidrodinâmica e da Poluição no canal de Piaçaguera, no Estuário de Santos - São Vicente (SP), A Partir de Informações Ambientais e Modelagem Numérica. 176 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (orgs). Biologia Marinha. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 632p. 2009.



PRITCHARD, D. W. What is an estuary? Physical viewpoint. In: LAUFF, G. H. Estuaries. Washington: American Association for the Advancement of Science, p. 3-5, 1967.

PROST M. T. R. C., Loubry D. Structures architecturales des palétuvieres Avicennia germinans et Rhizophora mangle: elements diagnostics de la dynamique des mangroves sur les rives du rio Marapanim (Etat du Pará). Em Prost MTRC, Mendes C (Eds.) Ecosistemas Costeiros: Impactos e Gestão Ambiental. FUNTEC. Belém, Brasil. pp. 51-63. 2000.

RÖNNBACK, P. The ecological basis for economic value of seafood production supported by mangrove ecosystems. Ecol. Econ. 29: 235-252. 1999.

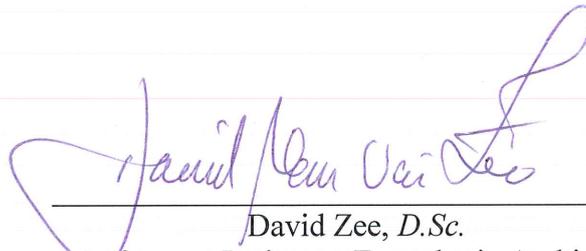
ROCHA, M. S. P.; MOURÃO, J. S.; SOUTO, W. M. S.; BARBOZA, R. R. D.; ALVES, R. R. N. O uso dos recursos pesqueiros no estuário do rio mamanguape, estado da Paraíba, Brasil. INCI, v.33, n.12, Caracas dic. 2008.

A handwritten signature in purple ink, consisting of a large, stylized initial 'B' and a smaller 'B' below it, with some scribbles above.

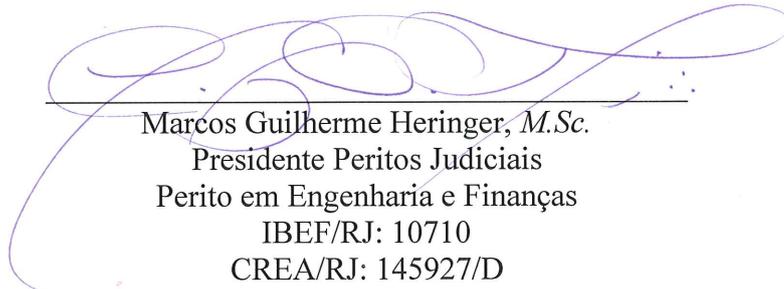
9. ENCERRAMENTO

E assim, dando por encerrado o presente Parecer Técnico, contendo 50 (cinquenta) páginas, além da capa, o subscrevemos.

Rio de Janeiro, 11 de abril de 2017.



David Zee, *D.Sc.*
Professor e Perito em Engenharia Ambiental
CREA/RJ: XXXXX



Marcos Guilherme Heringer, *M.Sc.*
Presidente Peritos Judiciais
Perito em Engenharia e Finanças
IBEF/RJ: 10710
CREA/RJ: 145927/D

