

**Impactos ambientais e sociais das cavas subaquáticas na disposição de sedimentos contaminados: um estudo de caso do estuário de Santos-São Vicente**

**Sandra de Oliveira Soares Cardoso**

Professora Mestre, UNISANTA, Fatec BS e PG, Brasil  
s.oliveira61@ymail.com

**Patrícia Gorisch**

Professora Doutora, Unisanta, Brasil  
www.sociedadedeadvogadas.com.br

## RESUMO

A instalação de cavas subaquáticas é hoje um procedimento comum, adotado por diversos países no mundo para a disposição de sedimentos contaminados decorrentes da dragagem e da atividade industrial. Na Baixada Santista, mais concretamente no Canal Piaçaguera, foi construída uma cava subaquática para esse mesmo efeito, apesar da contestação que surgiu. Esta contestação deriva do fato desses sedimentos contaminados poderem causar danos ambientais e sociais nas áreas próximas à sua instalação. Este artigo tem como objetivo avaliar os impactos ambientais e sociais das cavas subaquáticas utilizadas para a disposição de sedimentos contaminados, com foco no estuário de Santos-São Vicente. Adotando uma metodologia de pesquisa bibliográfica foi possível verificar os impactos ambientais estão relacionados com a possível contaminação das águas, fauna marinha e por consequência, os seres humanos. Considerando que as comunidades desenvolvem a sua atividade na região afetada pela construção da cava, em caso de algum problema resultante de contaminação, o impacto social é também importante.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cava Subaquática. Baixada Santista. Impacto Ambiental e Social

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos aspectos mais importantes dos portos é a profundidade das águas, porque existe enorme competição no que diz respeito ao transporte marítimo de contêineres. Assim, para poder acomodar navios transportadores de carga com maior porte, as áreas de água dos portos devem ser dragadas para remoção do excesso de sedimentos (OLIVEIRA, 2010).

A dragagem é constituída pela escavação e remoção de solo, de rochas decompostas submersas, não importando a profundidade, utilizando diversos equipamentos em diversas águas, tais como o mar, estuário ou rio (ALFREDINI, 2014).

A dragagem que é efetuada próxima à costa pode causar erosão, resultando na perturbação de processos litorâneos que ocorrem de uma forma natural, alterar os padrões de transformação das ondas e uma perda de areia do sistema litorâneo. Os impactos resultantes da dragagem estão relacionados com a profundidade, a quantidade de sedimentos marinhos que são extraídos e a distância entre a linha costeira e o local onde a dragagem é efetuada (BRITO, 2010).

De tempos a tempos, é necessário efetuar a dragagem do Porto de Santos, devido ao assoreamento natural que ocorre na região. Tal acontece devido ao fato que o canal é a via marítima através da qual as embarcações conseguem aceder aos locais de atracação e, devido a essa situação, é necessário que a profundidade do mesmo se mantenha para permitir a navegação, como também o acesso de embarcações maiores e a manutenção das atividades na região (CODESP, 2022).

Atualmente, o canal de navegação do Porto de Santos apresenta uma extensão de 24,6 Km de extensão, uma largura média de 220 metros e uma profundidade de 15 metros. A área composta pelo Porto de Santos se estende desde a baía de Santos até a região do Pier da Alema, onde termina o trecho que se encontra sob a responsabilidade e jurisdição da Santos Port Authority e tem início o Canal de Piaçaguera, que os Terminais de Uso Privado Tiplam e Usiminas utilizam como acesso (SANTOS PORT AUTHORITY, 2023.).

Em contraponto com o cenário de prosperidade econômica que as atividades portuárias proporcionam, as atividades envolvidas como das indústrias químicas, siderúrgicas

e petroquímicas impactam os ecossistemas sob os quais foram fundados e, como consequência, as comunidades que deles dependem. Atividades portuárias, dragagem de canais, esgotos clandestinos, efluentes industriais e fontes indiretas como a deposição atmosférica, por exemplo, estão entre as principais causas de poluição dos ambientes delicados que compõem o sistema estuarino e o mangue que são características da área de construção da cava, pelo que o objetivo é associar a manutenção da via de acesso às instalações portuárias e a reparação ambiental do Canal de Piaçaguera (PARREIRA, 2012).

Devido a esta condição, as empresas que operavam em Santos e Cubatão foram depositando os seus resíduos e sedimentos neste canal representando riscos para o meio ambiente e para a população ribeirinha, já que estes resíduos eram compostos por materiais químicos, lixo doméstico e outros materiais (POVO DE CUBATÃO, 2019).

É neste contexto que as cavas subaquáticas são construídas, justamente para reduzir o risco de sedimentos contaminados poderem poluir toda a área, armazenando-os e isolando esse material contaminado, resultante da dragagem (PALERMO, 2002).

Assim, as questões que se colocam são: quais os impactos diretos e indiretos das cavas subaquáticas nos ecossistemas marinhos e costeiros locais? Como as comunidades locais percebem e são afetadas pelas cavas subaquáticas? As cavas subaquáticas representam uma solução sustentável e segura para a deposição de sedimentos contaminados?

Como objetivo geral, pretende-se avaliar os impactos ambientais e sociais das cavas subaquáticas utilizadas para a disposição de sedimentos contaminados, com foco no estuário de Santos-São Vicente.

Como objetivos específicos definiu-se:

- 1) Investigar a eficácia das cavas subaquáticas na contenção de sedimentos contaminados e na prevenção da poluição marinha e costeira;
- 2) Analisar os impactos da construção e operação das cavas subaquáticas nos ecossistemas locais, especialmente nos manguezais e na biodiversidade marinha;
- 3) Avaliar percepções e os impactos socioeconômicos nas comunidades locais decorrentes da implementação das cavas subaquáticas; e
- 4) Comparar as práticas brasileiras de disposição de sedimentos contaminados com as de outros países que utilizam técnicas semelhantes.

Como procedimento metodológico, adotou-se a pesquisa bibliográfica com a coleta de informação em artigos, livros e outros materiais já publicados por diversos autores e relacionados com a temática abordada.

## **2 CRIAÇÃO DA CAVA SUBAQUÁTICA DE SANTOS E A SUA FUNÇÃO NA DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

A cava subaquática foi construída em substituição do chamado Polígono de Disposição Oceânica (PDO), uma área utilizada para confinar sedimentos, por ter sido considerada uma melhor destinação do que o PDO. Esta conclusão decorreu da percepção de que considerando o volume que seria dragado, bem como o tipo de sedimentos provenientes da atividade urbana

e industrial e, por isso mesmo, passível de conter elementos contaminantes, seria indicado que não houvesse dispersão dos mesmos, o que tornou a construção da cava subaquática uma opção mais adequada (JUNIOR, 2019).

O capeamento (fechamento) da cava, localizada no Canal de Piaçaguera, na Baixada Santista, efetuado em 2020 foi o culminar de um trabalho de limpeza do canal, de onde foram retirados materiais contaminantes do leito e, posteriormente, foi realizada a disposição segura do mesmo, cumprindo com as normas da legislação ambiental (CAVA SUBAQUÁTICA, 2019).

Cavas subaquáticas consistem em um método de disposição de sedimentos. Cria-se uma área submersa em um local seguro, com pouca correnteza e distante da praia, onde são confinados sedimentos que antes estavam dispostos na corrente marinha. Esse método chamado de dragagem ambiental é reconhecido internacionalmente e utilizado com sucesso em países como Austrália, Estados Unidos, Espanha, Holanda, Noruega, Reino Unido e Hong Kong, além do Rio de Janeiro e Santos, no Brasil. (CAVA SUBAQUÁTICA, 2019, s/p.)

A opção pela Cava resulta da vantagem em relação à sua localização porque ficava bem próxima do local de origem do problema e também pela velocidade da intervenção, que possibilitava menor tempo de exposição e a disposição do material a ser confinado, longe da zona biótica de troca com o ecossistema (MARQUES, 2022).

Figura 1 – Cava subaquática de Santos



Fonte: Mar Sem Fim (2019)

Existem no Brasil duas cavas subaquáticas que armazenam sedimentos contaminados: uma é a da figura 1, localizada na região do estuário de Santos-São Vicente (litoral paulista) e a outra no Rio de Janeiro, na Baía de Sepetiba. A cava subaquática da Baixada Santista tem 22 metros de profundidade, 480 metros de diâmetro e uma capacidade para armazenar 4 milhões de metros<sup>3</sup> de sedimentos.

De referir, para que se tenha uma noção de grandeza, que a cava do estuário santista é maior do que o estádio do Maracanã e é o único acesso a um terminal do Porto de Santos que é operado por empresas privadas. Além desta cava, outras duas foram aprovadas para serem construídas: uma em Santos, no Largo do Canéu e outra em Cubatão, outro polo industrial (MAR SEM FIM, 2019).

Embora a cava só tenha começado a ser construída em 2016, os estudos e análises para a implementação da mesma tiveram o seu início em 2004 e foram realizados pela Companhia Siderúrgica Paulista (COSIPA). Antes de começar a sua construção houve por parte da Cetesb (CETESB, 2019) a exigência de que a cava obedecesse a algumas condições específicas, nomeadamente no que diz respeito à dragagem, que teria que ser executada com tecnologia de ponta, significando que uma draga tipo Hopper teria que ser utilizada para que o soerguimento do material pudesse ser evitado.

A descrição aprovada em 2004 para a disposição dos sedimentos da área representava uma estrutura do modelo CDF, ou seja, uma instalação de descarte confinado, porém a estrutura que veio a ser construída está de acordo com o modelo CAD, ou seja, o descarte aquático contido, com diferenças a nível do método de construção e dos valores desempenhados, bem como ao nível da segurança e indicação de uso de cada um dos modelos (FERRAZ, 2023).

Adicionalmente, a Cetesb (CETESB, 2019) também determinou que haveria necessidade de colocar uma cortina de silte ao longo de todo o perímetro da cava, o qual deveria ser vistoriado periodicamente e com um monitoramento 24 horas por dia, para evitar que sedimentos depositados na cava pudessem dispersar-se para o estuário.

Em relação a esta cortina de silte comenta-se que:

Do alto, o que se vê é um cerco, semelhante a uma grande rede de pesca, traçando um círculo mal ajambrado nas águas turvas do Canal de Piaçaguera que desemboca no estuário de Santos, praticamente encostado na área de manguezal. Fica bem na divisa entre Santos e Cubatão, numa região chamada Largo do Casqueiro, mas passa quase despercebido, tanto que a maioria dos habitantes da Baixada Santista provavelmente não sabe da sua existência (HIROSHI; VIEIRA; ABREU; RODRIGUES, 2021, s/p.)

A cava começou a ser preenchida em 2017, com os sedimentos oriundos da dragagem do canal e para inserção dos sedimentos foi utilizado um tubo, conectado à draga que bombeava os mesmos para a cava.

Contudo, tanto a sua construção como a sua utilização ao longo destes anos tem gerado inúmeras discussões e também conflitos, sobretudo ambientais pelos eventuais impactos que a cava tem sobre os serviços ecossistêmicos da região (CONTRACAVAL, 2021).

A juntar a tudo isto, foi ainda implementado um projeto de construção de um terminal de gás, com gasoduto para recebimento do produto, o que veio aumentar o clima de contestação em relação à poluição e degradação do estuário e os perigos para o futuro das comunidades locais (STRUPENI, 2022).

Foi ainda utilizado um difusor acoplado ao tubo para evitar que os sedimentos se dispersassem ao sair do mesmo e, dessa forma, evitar que o tubo soerguesse para a superfície da cava (TORRONTÉGUY *et al.*, 2018).

Por ter ficado com um aprofundamento maior do que aquele inicialmente proposto (15 metros em vez de 12 metros), o volume de sedimentos inseridos na cava foi significativamente maior também. Em 2020, no final da deposição de sedimentos, a cava foi ainda coberta com uma camada de quase 2 metros de areia, portanto um material sem risco

ambiental, visando a que, com o tempo, o local possa ser reincorporado ao ambiente (CAVA SUBAQUÁTICA, 2019).

### **2.1 Características geográficas e ambientais da região de implementação da Cava**

O planalto da região de Cubatão, que faz parte da Província Geomorfológica do Planalto Atlântico e cuja área está inserida no Planalto Paulistano tem um relevo suavizado, formado por espigões e morros com altitudes até 900 metros e que são drenados pelo rio Tietê. É no setor centro-norte desta região que se encontra a bacia sedimentar de São Paulo.

A Baixada Litorânea e a Serrania Costeira compõem a província costeira e é uma área cuja drenagem vai diretamente para o mar. A região da bacia do rio Cubatão é cercada pela Serra do Mar ao norte e pela planície litorânea e Oceano Atlântico a sul. A Serra do Mar tem uma altitude de até 900 metros e na sua formação rochosa pode encontrar-se granito, quartzo, gnaiss e xisto. Encontra-se ali localizada uma rede de canais meandrizados, que são interligados à baía de Santos, com uma abertura a sul para o oceano entre os dois canais principais que circundam a Ilha de São Vicente e que receberam os nomes dos dois principais municípios: Santos e São Vicente (PARREIRA, 2012).

A área envolvente da Cava, ou seja, o Canal de Piaçaguera, localiza-se no Estuário de Santos, no litoral central da zona costeira, sendo uma zona de transição entre o Oceano Atlântico e a água doce da bacia hidrográfica que banha os cinco municípios que constituem a Região Metropolitana da Baixada Santista. O canal está situado na cabeceira do estuário e é utilizado desde 1969 para possibilitar o transporte de navios de carga.

Esta região faz parte do sistema estuarino de Santos-Cubatão, que apresenta a característica de elevada sedimentação, devido à Serra do Mar. Outro aspecto relevante é a existência de uma quebra de relevo, denominada Falha de Cubatão e que contribui sobremaneira para a deposição de sedimentos (SILVA et al., 2012).

De acordo com a explicação, os estuários são ambientes costeiros, transicionais e semifechados, significando que sofrem a influência tanto de origem continental, como de origem oceânica, o que faz com que o ecossistema esteja em constante mutação para responder às forças naturais que nele atuam, por isso é um ambiente muito dinâmico para possibilitar a troca de água e de sedimentos entra a região costeira e oceânica. Assim, qualquer interferência humana neste processo é risco para a estabilidade do mesmo.

A região estudada tem em seu território uma importante e vasta bacia hidrográfica, com a nascente localizada no alto da Serra do Mar e deságua no estuário de Santos. O fluxo destas águas é diferenciado devida às rupturas e às mudanças de declive entre a planície costeira e a escarpa da Serra. Assim, ao atingir a parte mais baixa, a energia das águas diminui, o que resulta na formação de muitos canais que conferem o aspecto meândrico aos rios e possibilitam o desenvolvimento dos manguezais (SANTOS; FURLAN, 2010).

O canal do Rio Piaçaguera é um canal natural, com uma largura média de 400 metros e no seu eixo foi desenvolvido um canal artificial de navegação com uma extensão de 4500 metros, 100 metros de largura e 12 metros de profundidade. Tem ainda uma bacia de evolução com 750 metros de largura, 600 metros de comprimento e também 12 metros de profundidade

e que possibilita a interligação da entrada do Porto de Santos ao Terminal Marítimo Privativo de Cubatão (FERRAZ, 2023).

Esta é uma região, portanto, de manguezal e por isso, provedora de diversos serviços ecossistêmicos, significando que os ecossistemas ali existentes trazem benefícios para os seres humanos que ali habitam, seja pelos produtos florestais, pela pesca, pela água potável, seja pela proteção contra eventos climáticos e da erosão (ALMEIDA; JUNIOR, 2018).

Esta é uma região que, em termos de configuração climática, apresenta elevados índices de precipitação, com média anual de 2830 mm e uma temperatura média acima dos 15°C, considerando o mês mais frio. É uma área bastante influenciada por zonas de convergência de umidade nos meses da primavera e verão e por anticiclones oriundos do Atlântico Sul e do Polar Sul, no decorrer dos meses de outono e inverno (GALVANI; NOVAIS, 2022).

São estas condições climáticas e também geológicas que favorecem o carreamento de um importante volume de sedimentos que acabam por ser depositados nas margens e nos leitos dos canais e que afetam a navegabilidade dos mesmos.

Os estuários apresentam grande importância no âmbito biológico por serem habitats ricos em nutrientes, já que abrigam organismos com origem no meio marinho e de água doce. Além disso, desenvolvem uma comunidade própria, servindo como abrigo, como área de nidificação, reprodução, alimentação e descanso de diversas espécies que são adaptadas a esses ambientes (DIAS, 2005).

## **2.2 Principais resíduos despejados na cava e potenciais impactos na saúde ambiental**

A saúde ambiental é um elemento ligado a fatores como as mudanças climáticas, a poluição e a pobreza, estando assim diretamente relacionados com o desenvolvimento econômico, social e ambiental. São problemas que, de acordo com a Organização Mundial da Saúde, podem ser mitigados reduzindo a contaminação ambiental, melhorando a qualidade da água, o saneamento básico, reduzindo a poluição e efetuando o descarte correto dos resíduos poluentes (WHO, 2017).

São considerados sedimentos inaceitáveis aqueles que apresentam o potencial de causar efeitos prejudiciais, tanto à saúde humana como ao meio ambiente. Considera-se sedimento contaminado: o solo, areia, matéria orgânica ou outros minerais que vão se acumulando no fundo dos diferentes corpos d'água e que contêm materiais perigosos ou tóxicos em um nível que possa afetar, de forma adversa, o meio ambiente ou a saúde humana. Podem ser encontrados nos rios, riachos, pântanos, lagos, reservatórios, ao longo das margens dos oceanos, em portos e em outros corpos d'água (PALERMO, 2002).

As atividades portuárias, a dragagem de canais, os esgotos clandestinos, os efluentes industriais e as fontes indiretas como é o caso da deposição atmosférica são algumas das principais fontes poluentes dos delicados ambientes que constituem o sistema estuarino e o mangue na área da Cava (PARREIRA, 2012).

A dragagem que é efetuada próxima à costa pode causar erosão, resultando na perturbação de processos litorâneos que ocorrem de uma forma natural, alterar os padrões de transformação das ondas e uma perda de areia do sistema litorâneo. Os impactos resultantes

da dragagem estão relacionados com a profundidade, a quantidade de sedimentos marinhos que são extraídos e a distância entre a linha costeira e o local onde a dragagem é efetuada (BRITO, 2010).

No caso do estuário santista, este encontra-se em constante transição de água salobra, o que provoca uma mistura biogeoquímica de substâncias. É todo um conjunto de moléculas de íons metais e de materiais orgânicos que são despejados no estuário e que vão se acumulando no fundo, que é composto, sobretudo, de cascalho, areia, silte e argila (CARMO; ABESSA; NETO, 2011).

O descarte de materiais diversos, que contêm metais pesados como mercúrio, níquel, chumbo, cobre, cádmio, zinco, dentre outros, têm a capacidade de contaminar solos através da infiltração, contaminando também lençóis freáticos e, como consequência, a fauna e a flora de regiões próximas. São metais que apresentam um potencial bioacumulativo e que quando são absorvidos pelo indivíduo, acabam ficando depositados no tecido ósseo e gorduroso, podendo causar diversas patologias como disfunção renal, pulmonar e até lesões cerebrais (ROA et al., 2009).

As deposições de resíduos são responsáveis pela degradação ambiental e sanitária, recebendo resíduos que vão desde aqueles que apresentam valores de baixa periculosidade, até poluentes mais agressivos e uma infinidade de compostos orgânicos e inorgânicos são transportados pela água, comprometendo também o solo e, por consequência, toda a cadeia alimentar, provocando a bioacumulação nos mais diversos compartimentos ambientais (ARAÚJO, 2015).

A contaminação hídrica é uma das principais causas dos problemas ambientais a que as populações se encontram expostas já que a água é considerada uma fonte transmissora de diversos agentes biológicos (GUEDES et al., 2015).

Os sedimentos que se acumulam no canal são ricos em elementos químicos e contaminantes (COUTO, 2003). Importa referir que o Canal recebeu ao longo de décadas os resíduos e sedimentos que foram depositados por diversas empresas que operavam naquela região. Esse material estava, até então, em um ambiente inadequado e espalhado por uma área equivalente a 460 mil m<sup>2</sup> e que colocava em risco a vida marinha, a flora e a população (POVO DE CUBATÃO, 2019).

Considerando a existência do manguezal:

O potencial toxicológico deletério desses resíduos é impressionante. Por exemplo, em relação ao Dibenzo(ah)antraceno, ao Benzo(a)pireno e ao Benzo(a)antraceno, existem estudos científicos suficientes para caracterizá-los como genotóxicos, mutagênicos e carcinogênicos, ou seja, causadores de danos e mutações de diversas ordens nos genes. Por essas características, esses compostos tóxicos, agressivos à fauna, flora e aos seres humanos, jamais poderiam ser confinados em cavas subaquáticas – um passivo tóxico abandonado, sem qualquer tratamento, ao sabor das marés (FONASC, 2018, s/p).

Dentre os vários problemas que derivam da cava subaquática encontram-se a contaminação dos rios, do mangue e do pescado, a eventual dispersão dos elementos poluentes até às praias pelo movimento das marés, para além da possível recontaminação do estuário resultante do processo de dragagem e da disposição dos elementos poluentes colocados na cava



(ARAÚJO, 2022).

Resíduos tóxicos como o mercúrio, arsênio, cádmio, níquel e outros metais poluentes foram identificados como existentes na cava subaquática e os níveis atingidos estão consideravelmente acima dos valores que são estabelecidos como aceitáveis pela resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Além do mercúrio e do cádmio, outros metais pesados também estão presentes no sedimento da cava subaquática de Santos, como chumbo, zinco e cobre. Esses metais são liberados por diversas atividades industriais e podem causar danos à saúde humana e ao meio ambiente (MARQUES, 2022).

Entre os efeitos desses metais pesados, destacam-se danos ao sistema nervoso central, ao sistema cardiovascular, aos rins e ao fígado. Além disso, eles também podem ser carcinogênicos e mutagênicos, aumentando o risco de câncer e de alterações genéticas em seres humanos e animais que entram em contato com essas substâncias. (MARQUES, 2022)

Os metais são substâncias que se instalam com facilidade no organismo de animais como os peixes e os invertebrados, mas que, por outro lado, são de difícil excreção, por serem substâncias hidrofílicas e que, na sua forma iônica, se misturam com as moléculas da água e quando em excesso, se acumulam e se reúnem no sedimento. São substâncias que não se dissolvem na água e que podem ser cancerígenas e tóxicas (PEREIRA NETO et al., 2000).

O fato é que estes sedimentos depositados nas áreas confinadas, se expostos, podem promover a contaminação dos corpos de água (no caso presente, do Canal de Piaçaguera) em função do seu transporte pelas águas das chuvas. Este é um impacto negativo que pode prejudicar as comunidades aquáticas, já que ao serem removidos, estes habitats são suprimidos e por possuírem um papel fundamental na cadeia alimentar do sistema estuarino, todos os envolvidos no processo acabam sendo afetados, ainda que de forma indireta.

Para os pescadores que habitam na região, os benefícios parecem não ser tantos. A vila dos pescadores está localizada a apenas dois quilômetros da cava e os pescadores consideram que a cava é uma ameaça ao manguezal, influenciando na sobrevivência de peixes, moluscos e crustáceos da região, que tem garantido, por décadas, o sustento dessa comunidade (HIROSHI et al., 2021).

### **2.3 Equipamentos similares à Cava Subaquática localizados no estrangeiro**

A necessidade de controlar os materiais dragados contaminados que apresentem parâmetros acima dos limites exigidos de substâncias químicas ou tóxicas resultaram no desenvolvimento de técnicas para a deposição desses materiais, com características específicas que permitam minimizar os danos ambientais que essa contaminação possa causar (MONTEIRO, 2010).

As tecnologias utilizadas para esses fins são diversas, porém em todas elas, o princípio básico, em termos de funcionamento da instalação é o mesmo, ou seja, o confinamento e a contenção do material para evitar que as substâncias nocivas não sejam disponibilizadas, impedindo as consequências negativas para o meio ambiente local (MONTEIRO, 2010).

A disposição confinada corresponde ao depósito do material que foi dragado e está contaminado, em uma estrutura que permite isolar essa área de disposição, de quaisquer

superfícies aquáticas adjacentes. Esses locais de confinamento podem ser construídos acima ou abaixo do nível do mar, em áreas próximas do litoral ou em ilhas (ALMEIDA, 2004).

A sedimentação de resíduos em meio aquático é uma prática adotada nos mais diversos países, ainda que diferentes métodos sejam usados para esse processo. Enquanto no Brasil e mais concretamente na Baixada Santista foi usada a técnica da Cava Subaquática, também denominada Contained Aquatic Disposal (CAD) ou Disposição Aquática Contida, enquanto em outros países, o método mais utilizado é o Confined Disposal Facility (CDF) ou Instalação de Disposição Confinada.

A disposição em Unidades de Disposição Confinada (UDC) é a alternativa mais difundida e aplicada nos Estados Unidos e em alguns países da Europa, sendo uma opção que agrega as soluções das questões ambientais e financeiras. Tal alternativa consiste na alocação do material dragado no interior de estruturas, tais que isolem o referido material, formando uma verdadeira ilha murada no ambiente de disposição final (MONTEIRO, 2010, p.52).

A instalação de disposição confinada é uma área construída artificialmente, cercada por diques e destinada a conter os materiais dragados contaminados, visando impedir o seu vazamento para o meio ambiente. O material dragado é disposto, geralmente, nas áreas confinadas hidráulicas, seja por meio de tubulações ou por sistemas de bombeamento de dragas autotransportadas ou por barcaças (GOES FILHO, 2004).

Já em relação à Disposição Aquática Contida, esta alternativa envolve o descarte controlado dos materiais dragados e cavernas subaquáticas contaminadas, com material limpo para isolamento do material contaminado superficial liberado. Este é um método semelhante ao incapeamento *in situ*, com a diferença de que os sedimentos ficam contidos lateralmente para impedir a sua propagação. As cavernas subaquáticas ou descarte aquático contido (CAD) podem ser estrategicamente colocadas em ambientes naturais ou depressões escavadas em locais previamente estudados (PARREIRA, 2012).

Segundo documento elaborado pela National Academy Press (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1997) a disposição confinada tem a ver com a colocação dos materiais dragados em instalações de disposição confinada em locais próximos à costa, em ilhas ou terrestre. Essa CDF é envolvida por diques ou estruturas de confinamento, acima do nível da água para isolar o material dragado das águas adjacentes. O objetivo desta instalação é o recebimento desses sedimentos contaminados, proporcionando uma capacidade adequada de armazenamento e, ao mesmo tempo, atender aos requisitos de maximizar a eficiência no controle da liberação dos contaminantes.

A Disposição Aquática Contida ou CAD envolve a colocação do material contaminado, em um local de água aberta e depois coberto com material limpo. Existem algumas semelhanças entre este método e o nivelamento *in situ*, sendo que a diferença mais relevante é que no método CAD, o material contaminado é realocado e contido lateralmente, por forma a minimizar a propagação da contaminação pelo fundo. Diferentemente da opção CDF, o ambiente químico que fica envolve o material contaminado permanece inalterado uma vez que o sedimento acaba permanecendo nas águas de onde é originado (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1997).

No caso do CDF, indicam que este é um modelo que pode ser facilmente revestido, dependendo das condições hidrológicas e geológicas, bem como do grau de contaminação dos materiais previamente dragados e que devem ser depositados. Este é um modelo mais caro, mas que pode ser a única opção para contenção de sedimentos moderadamente e altamente contaminados (AGERSCHOU, 2004).

A água descarregada dos CDF's deve atender aos padrões aplicáveis de sólidos suspensos e critérios de contaminantes dentro de uma zona de mistura especificada, e os CDFs são projetados para realizar este "tratamento" rudimentar. O tamanho e o design dos CDFs podem variar de estruturas de terra simples com sistemas de barragem passivos a instalações de descarte sofisticadas com revestimento, sistemas de coleta de lixiviado e outros controles projetados para evitar a migração de contaminantes do local (PALERMO; AVERETT, 2000, s/p.).

No caso do modelo CAD, a sua utilização está mais restrita para a deposição de materiais cuja contaminação é mais ligeira ou moderada (AGERSCHOU, 2004).

Considerando a literatura, parece evidente que o critério para a instalação deste tipo de estrutura no estrangeiro leva em consideração, não apenas os aspectos financeiros relacionados à sua construção, mas também o tipo de sedimentos e a melhor adequação em função dos locais. No caso da cava subaquática da Baixada Santista, o que se verificou, considerando a leitura dos diversos textos é que algumas diretrizes não foram respeitadas.

### **3 CONCLUSÃO**

As cavas subaquáticas utilizadas para a disposição de sedimentos contaminados no estuário de Santos-São Vicente apresentam impactos diretos e indiretos nos ecossistemas marinhos e costeiros locais. Entre os impactos diretos, destaca-se a contaminação das águas, que pode liberar poluentes na coluna de água, afetando diretamente a saúde dos organismos marinhos. A fauna marinha, especialmente os organismos bentônicos como moluscos e crustáceos, são particularmente vulneráveis à contaminação, podendo ocorrer bioacumulação de toxinas que afetam toda a cadeia alimentar, incluindo peixes consumidos por seres humanos. Além disso, a construção e operação das cavas podem destruir habitats críticos, como os manguezais, que são zonas de reprodução e alimentação para muitas espécies marinhas. As cavas também podem alterar os padrões de corrente e sedimentação, impactando negativamente os processos ecológicos que sustentam a produtividade dos ecossistemas marinhos.

Os impactos indiretos incluem efeitos na cadeia alimentar, onde a contaminação dos organismos marinhos leva à bioacumulação de toxinas em espécies superiores, resultando em efeitos adversos em peixes predadores e mamíferos marinhos. A degradação dos habitats e a contaminação podem levar à diminuição da biodiversidade, afetando a resiliência e a funcionalidade dos ecossistemas marinhos e costeiros. Além disso, os manguezais e outros habitats costeiros fornecem importantes serviços ecossistêmicos, como proteção contra a erosão costeira, purificação da água e suporte à pesca, e a degradação desses habitats pode comprometer esses serviços, impactando diretamente as comunidades humanas que deles dependem.

As comunidades locais geralmente percebem as cavas subaquáticas com desconfiança e preocupação, influenciadas pela falta de informação clara e transparente sobre os riscos e benefícios das cavas, pela experiência passada com a poluição industrial e pela dependência econômica das atividades pesqueiras. Essas comunidades enfrentam riscos econômicos e de saúde significativos. As atividades de pesca, fonte crucial de sustento, podem ser negativamente afetadas pela contaminação dos peixes e pela destruição dos habitats, resultando em perda de renda e aumento da insegurança alimentar. A exposição a contaminantes através do consumo de peixes e mariscos contaminados pode levar a problemas de saúde pública, incluindo doenças crônicas e intoxicações agudas. A degradação ambiental e a perda de recursos naturais podem gerar conflitos sociais, aumentar a migração forçada e diminuir a qualidade de vida das comunidades locais.

Embora as cavas subaquáticas ofereçam uma solução técnica para a disposição de sedimentos contaminados, a sua sustentabilidade e segurança a longo prazo são questionáveis. A eficácia das cavas depende do uso de tecnologias avançadas para contenção e monitoramento, mas a manutenção a longo prazo e a garantia de que os contaminantes permanecerão confinados são desafios significativos. As cavas podem mitigar alguns riscos imediatos, mas os impactos ambientais a longo prazo, como a contaminação persistente e a degradação dos ecossistemas, comprometem a sustentabilidade desta solução. Alternativas mais sustentáveis, como a remediação in situ e o tratamento dos sedimentos contaminados antes da disposição, podem oferecer soluções mais eficazes. A restauração de habitats e a redução da fonte de poluição são abordagens complementares que aumentam a sustentabilidade.

A segurança das cavas subaquáticas requer monitoramento contínuo para detectar vazamentos e dispersão de contaminantes, implicando em custos elevados e necessidade de tecnologias de ponta. Regulamentação robusta e fiscalização rigorosa são essenciais para garantir que as cavas operem de acordo com padrões de segurança elevados. A participação das comunidades locais na fiscalização pode aumentar a transparência e a eficácia. No entanto, a sedimentação contínua e o potencial de eventos climáticos extremos representam riscos para a integridade das cavas subaquáticas, que a longo prazo podem comprometer a segurança e exigir soluções de remediação adicionais.

Os impactos ambientais identificados incluem a possível contaminação das águas e a afetação da fauna marinha, especialmente nos manguezais, que são ecossistemas sensíveis e vitais para a biodiversidade local. A dispersão de metais pesados e outros contaminantes, mesmo que confinados, pode resultar em efeitos adversos prolongados na saúde dos ecossistemas aquáticos. Esses efeitos podem se manifestar na forma de bioacumulação de toxinas em espécies marinhas, com potenciais consequências para toda a cadeia alimentar, incluindo seres humanos.

Para mitigar esses impactos, a pesquisa sugere a implementação de estratégias abrangentes que incluem o monitoramento contínuo da qualidade da água e dos sedimentos, bem como a utilização de tecnologias avançadas para prevenir a dispersão de contaminantes. A criação de zonas de amortecimento e a restauração de habitats degradados são medidas adicionais que podem ajudar a mitigar os danos ambientais. Além disso, a participação ativa das comunidades locais no processo de decisão e a transparência na comunicação sobre os riscos e

benefícios das cavas subaquáticas são cruciais para construir confiança e cooperação. Políticas públicas robustas, que incorporem melhores práticas internacionais e garantam o cumprimento rigoroso das regulamentações ambientais, são essenciais para a gestão eficaz das cavas subaquáticas.

Comparando com as práticas internacionais, observa-se que muitos países têm adotado medidas mais rigorosas e tecnologias mais avançadas na gestão de sedimentos contaminados. A adaptação dessas práticas ao contexto brasileiro pode oferecer melhorias significativas na sustentabilidade das operações de cavas subaquáticas. A questão dos depósitos de sedimentos contaminados é algo que todos os países têm que lidar e são inúmeros os exemplos de cavas confinadas no mundo. Espanha, Estados Unidos e Canadá são exemplos de países que adotam este método para confinarem os resíduos tóxicos, variando apenas nas questões das leis que cada país adota para permitir este tipo de instalação. A questão dos impactos ambientais e sociais quando relacionados com o depósito de sedimentos tóxicos leva a que, nesses países, as cavas subaquáticas sejam construídas de acordo com critérios de segurança e de impacto financeiro.

Em conclusão, embora as cavas subaquáticas ofereçam uma solução prática para a disposição de sedimentos contaminados, a sua eficácia e segurança dependem de uma gestão integrada que considera tanto os aspectos técnicos quanto os impactos socioambientais. A mitigação eficaz dos impactos exige um compromisso contínuo com a inovação tecnológica, a sustentabilidade ambiental e a inclusão social, assegurando assim um futuro seguro e próspero para o estuário de Santos-São Vicente e suas comunidades.

#### 4 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

##### 4.1 Livros

ALFREDINI, Paolo.; ARASAKI, Emília. **Engenharia portuária**. São Paulo: Blucher, 2014.

ALMEIDA, Renato; JUNIOR, Clemente. **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Ministério do Meio Ambiente, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Brasília, 2018.

ALMEIDA, S. **Subsídios para o gerenciamento ambiental de projetos de dragagem em portos**. Rio de Janeiro, 2004

AGERSCHOU, H. et al. **Planning and design of ports and marine terminals**. 2004. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/625588104/Agerschou-Et-Al-2004-Planning-and-Design-of-Ports-and-Marine-Terminals-2nd-Ed>. Acesso em: 24.nov.2023.

BRITO, Pedro. **Muito a navegar: uma análise logística dos portos brasileiros**. Rio de Janeiro: Topbooks, 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Contaminated Sediments in Ports and Water-ways: Cleanup Strategies and Technologies**. Washington, DC: The National Academies Press, 1997. <https://doi.org/10.17226/5292>

##### 4.2 Dissertação, tese e trabalho acadêmico - Impresso

ARAÚJO, Tiago. **Avaliação de impactos em um lixão inativo no município de Itaporanga – PB**. 48 f. Trabalho de conclusão de curso (TCC) do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

COUTO, M. J. **Entre Estatais e Transnacionais: O Polo Industrial de Cubatão**. Tese (Doutorado em História Econômica) - Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2003.

DIAS, C. B. **Dinâmica do sistema estuarino Timonha/Ubatuba (Ceará - Brasil): considerações ambientais**. 2005. 146 f. Dissertação (Mestrado Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005

FERRAZ, Ana. **Cava é cova: desdobramentos socioambientais da dragagem do Canal de Piaçaguera em Cubatão – SP**. 2023. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023

GOES FILHO, Hildebrando. **Dragagem e gestão dos sedimentos**. Pós-Graduação (Engenharia) – Rio de Janeiro, 2004

JUNIOR, Sérgio. **Estudo conceitual da dragagem de aprofundamento para a implantação do projeto de expansão do terminal público da Alemoa**. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Engenharia, Universidade Santa Cecília, 2019. Disponível em: <https://cursos.unisanta.br/civil/arquivos/dragagem-estudo.pdf>. Acesso em: 16.01.2023

MARQUES, Raquel. **Avaliação do uso da cava subaquática em Cubatão (SP) para a colocação de sedimentos contaminados como uma eventual forma de remediação**. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharel em Ciência e Tecnologia do Mar – Universidade Federal de São Paulo, Santos. 2022. Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/66376>. Acesso em: 17.04.2023.

MONTEIRO, Analucia. **Estudos das técnicas de disposição de sedimentos contaminados de dragagem**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Analucia%20Meyrelles%20Monteiro%20.pdf>. Acesso em: 28.dez.2023.

PARREIRA, Caroline. **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**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/90/90131/tde-04072012-140310/pt-br.php>. Acesso em: 18.04.2023.

STRUPENI, Giulia. **O impacto das recentes atividades antrópicas nos serviços ecossistêmicos na região do Canal de Piaçaguera – SP**. Trabalho de Conclusão de Curso – Cientista do Mar – Universidade Federal de São Paulo, Santos, 2022

#### 4.3 Trabalhos publicados em eventos

PALERMO, M. **Dredging Operations and Environmental Research: Focus on Contaminated Sediment,**” Proceedings of the Third Specialty Conference on Dredging and Dredged Material Disposal Dredging’02 Key Technologies for Global Prosperity, 58 May 2002, Orlando, FL. Stephen Garbaciak, Jr., ed., American Society of Civil Engineers

SANTOS, A. L. G.; FURLAN, S. A. **Manguezais da Baixada Santista, São Paulo - Brasil: uma bibliografia**. In: VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física, II Seminário Ibero Americano de Geografia Física. Universidade de Coimbra. 2010.

TORRONTGUY, M.; MENEGUCCI, J. M.; SARAIVA, A.; CAMARA, F.; CASTRO, N.; MARQUES, A.; COELHO, L. **Piaçaguera channel dredging case: confined aquatic disposal – CAD as an alternative for the destination of sediments not available to the ocean disposal**. VLI Logística, 2018.

#### 4.4 Artigo de Periódicos

CARMO, Carolina; ABESSA, Denis; NETO, Joaquim (2011): **Metais em águas, sedimentos e peixes coletados no estuário de São Vicente-SP, Brasil**. Revista O mundo da saúde, v. 35, n 1, São Paulo. Disponível em: <https://revistamundodasaude.emnuvens.com.br/mundodasaude/article/view/576>. Acesso em: 14.04.2023

GUEDES, Gilvan; SIMÃO; Andréa; DIAS; Carlos; BRAGA; Eliza. **Risco de adoecimento por exposição às águas do Rio Doce: um estudo sobre a percepção da população de Tumiritinga, Minas Gerais, Brasil**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 31, n. 6, p. 1257-1268, jun, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/rXLryPdc9dkbb8nyPyMvykw/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 12.04.2023.

PALERMO, M.; AVERETT, D. **Confined disposal facility (CDF) containment measures: A summary of field experience**. DOER Technical Notes Collection. ERDC TN-DOER-C18. Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Re-search

and Development, 2000. Disponível em: <http://el.erdc.usace.army.mil/elpubs/pdf/doerc18.pdf>. Acesso em: 16.nov.2023.

PEREIRA NETTO, Annibal; DIAS, Josino; ARBILLA, Graciela; OLIVEIRA, Luiz; BAREK, Jiri. **Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAS) e seus derivados nitrados (NHPAS): uma revisão metodológica**. Química Nova, n. 23, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/5nRS3W39cCpVXcc8vYM5gtI/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29.dez.2023

SILVA, Wanilson; MATOS, Rosa; MACHADO, Wilson; NIZOLI, Érico Casare. **Taxas de Sedimentação em Estuário do Sudeste do Brasil, baseadas em Assinatura Geoquímica e Histórico Industrial**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 31, n. 1, p. 69 – 78, 2012.

#### 4.5 Documentos Eletrônicos, sites

ARAÚJO, Leandro. **ALESP – Relatório Alternativo CPI da Cava Subaquática**, 2022. Disponível em: [https://acpo.org.br/wp-content/uploads/2022/05/realtorio\\_cava-.pdf](https://acpo.org.br/wp-content/uploads/2022/05/realtorio_cava-.pdf). Acesso em: 25.nov.2023.

CAVA SUBAQUÁTICA. **Desmistificando**. 2019. Disponível em: <https://cavasubaquatica.com/#desmistificando>. Acesso em: 18.nov.2022

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Assessoria Parlamentar -Requerimento de Informação nº 06/2019 sobre a Cava Subaquática do canal de Piaçaguera**. Processo SMA nº 13.781/02, São Paulo, 2019

CODESP. **Dragagem do Porto de Santos, Economia, sustentabilidade e educação ambiental**. Disponível em: <https://dragagem.portodesantos.com.br/portal/dragagem> Acesso em: 18.nov.2022.

CONTRACAÇA. **O que é a cava subaquática?** Informativo do Movimento contra a cava subaquática, 2021. Disponível em: <https://contracava.confiant.com.br/o-que-e-a-cava-subaquatica/>. Acesso em: 18.nov.2022

FONASC. **Fonasc Cbh denuncia implantação de cava subaquática** (lixão submarino químico tóxico) no estuário santista.2018. Disponível em: <http://fonasc-cbh.org.br/?p=18907>. Acesso em: 19.04.2023

HIROSHI, João; VIEIRA, Víctor; ABREU, Livia; RODRIGUES, Marcela. **Cava ou cova? O dilema de conciliar qualidade de vida e desenvolvimento**, 2021. Disponível em: <https://viralunisanta.wixsite.com/viral2021/cava-subaqu%C3%A1tica>. Acesso em: 18.nov.2022

MAR SEM FIM. **Cavas subaquáticas: projeto que proíbe construção avança**. 2019. Disponível em: <https://marsemfim.com.br/cavas-subaquaticas-projeto-que-proibe-construcao-avanca/>. Acesso em: 18.nov.2022.

OLIVEIRA, Ulysses. **A dragagem e os impactos ao meio ambiente**.2010. Rio de Janeiro. Disponível em: [www.uezo.rj.gov.br/tccs/capi/UlyssesOliveira.pdf](http://www.uezo.rj.gov.br/tccs/capi/UlyssesOliveira.pdf). Acesso em: 16.04.2023.

POVO DE CUBATÃO. **Cava submersa no canal de Cubatão recupera ecossistema regional**. 2019. Disponível em: <http://povodecubatao.com.br/cava-submersa-no-canal-de-cubatao-recupera-ecossistema-regional/>. Acesso em: 19.nov.2022.

ROA, Katia; SILVA, Gilson; NEVES, Leonardo; WARIGODA, Massuko (2009): **Pilhas e baterias: usos e descartes x impactos ambientais**. Disponível em: [http://www.cienciaao.usp.br/dados/aas/\\_indefinidopilhasebateria.arquivo.pdf](http://www.cienciaao.usp.br/dados/aas/_indefinidopilhasebateria.arquivo.pdf). Acesso em: 16.05.2023

SANTOS PORT AUTHORITY. **História, 2023**. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/conheca-o-porto/historia-2/>. Acesso em: 19.04.2023.

WHO - World Health Organization. **Inheriting a sustainable world?** Atlas on children's health and the environment. WHO, Switzerland.2017. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241511773>. Acesso em: 15.05.2023.