



## ANÁLISE DAS TAXAS DE EVOLUÇÃO DOS FUNDOS NO TRECHO 1 DO CANAL DO PORTO DE SANTOS

**Palavras-Chave: DRAGAGEM, PORTO, HIDRÁULICA MARÍTIMA**

**Autores(as):**

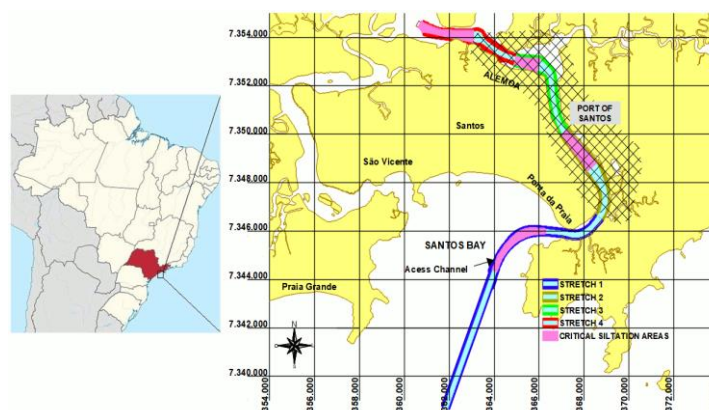
**ISABELA AZEVEDO DOS SANTOS, FECFAU - UNICAMP**

**Prof.<sup>(a)</sup>. Dr.<sup>(a)</sup>. PATRÍCIA DALSOGLIO GARCIA (orientadora), FECFAU - UNICAMP**

### INTRODUÇÃO:

A navegação é um modal de transporte utilizado por muitos séculos e mesmo com a criação de outros modais que realizam o mesmo tipo de transporte, como os aviões de carga, esta ainda é a principal forma de importação e exportação utilizada pelo mundo todo. Com o crescimento populacional, a intensificação da globalização e do consumo, as cargas a serem transportadas se tornam cada vez maiores, principalmente com o objetivo de permitir ganhos com economia em escala. A alta da demanda pressiona toda a cadeia de transporte marítima, de embarcações às estruturas portuárias, juntamente com sua infraestrutura, a se adaptarem a uma velocidade assustadora, tornando um desafio a países e gestores portuários adaptarem sua infraestrutura na mesma velocidade (Menegazzo & Petterini, 2017).

No Brasil, destaca-se o Porto de Santos (Figura 1), que ocupa a posição de maior do porto do Hemisfério Sul e, em relação a América Latina, ocupando a posição de 2º lugar na movimentação, atrás do Porto de Colón (Panamá) (CODESP, 2019). Isto o coloca como um possível candidato a “Hub Port” ou porto concentrador de cargas do Atlântico Sul. Sendo as características mais importantes para este tipo de porto um bom acesso marítimo e altos índices de produtividade (Gireli & Vendrame, 2012), para chegar a este posto, o porto necessita superar entraves referentes à eficiência dessas características, reduzindo seus custos logísticos e aumentando a competitividade dos produtos latino-americanos no mercado internacional.



**Figura (1): Localização do Porto de Santos. Fonte:** Venancio et al. (2020)

Para aumentar a capacidade de transporte era necessário que o porto realizasse projetos para ampliar as profundidades existentes, já mantidas por dragagem, além de duplicar o canal de acesso, permitindo que navios maiores adentrassem ao porto. Em 2010, como a primeira fase do projeto de

expansão, o canal de acesso foi alargado para 220m e aprofundado para cota de -15,0m DHN, permitindo a passagem de navios com calados de até 13,5m, podendo ser maior em até 1,0m considerando a maré alta.

Para que o porto avance na segunda fase do projeto de expansão portuária, visando a cota de -17,0m DHN, é preciso que estudos sobre as taxas de sedimentação atual e projeções para a cota futura sejam feitos, bem como a análise das consequências destas alterações na dinâmica sedimentar. Gireli & Vendrame (2012) realizaram estudos com dados de batimetria e volumes de dragagem na cisterna anteriores a dragagem de alargamento e aprofundamento do canal para cota -15,0 DHN. Neste estudo projetaram taxas de sedimentação tanto para cota -15,0 quanto para cota -17,0m DHN e concluíram que para esta última, haveria um aumento exponencial da taxa, tornando tecnicamente e economicamente inviável mantê-la apenas com dragagem.

Todavia, após 12 anos de implantação da cota -15,0 DHN é possível ampliar a análise realizada por Gireli & Vendrame (2012), tal como iniciado por Matheus et al. (2021), analisando alguns dados entre os anos de 2018 a 2020. Neste estudo foi feito um cálculo simplificado considerando apenas as variação dos fundos entre levantamentos batimétricos em que não foram realizadas dragagens expressivas, seguindo uma metodologia similar apresentada por Carvalho (2016).

Neste sentido, esta pesquisa tem por objetivo complementar os estudos realizados por Gireli & Vendrame (2012) e Matheus et al. (2021), avaliando a dinâmica de variação dos fundos no trecho 1 do canal do Porto de Santos para os anos de 2018 e 2020 e analisando os períodos em que o processo de dragagem realizado não conseguiu cumprir a cota objetivo.

## **METODOLOGIA:**

Os dados remotos do canal do Porto e o primeiro estudo realizado, referente às taxas de evolução dos fundos, foi realizado por SONDOTÉCNICA (1977) e a metodologia proposta será a mesma utilizada nesta pesquisa.

Os dados batimétricos utilizados neste estudo foram obtidos junto a SPA (Autoridade Portuária de Santos) e abrangem os anos de 2019 a 2021 (Tabela 1). A área dos levantamentos corresponde a região do Trecho 1 do canal de acesso do Porto de Santos e, tal como nos estudos anteriores, considera apenas a largura do canal sem os taludes. A numeração dos levantamentos segue a sequência de Muraro (2021) na qual foram analisados 32 períodos entre os anos 2014 e 2019.

Tabela 1 – Campanhas Batimétricas Obtidas Junto a SPA

<b>Nº do Levantamento</b>	<b>Data</b>
30	29/09/2018
31	24/01/2019
32	15/05/2019
33	29/10/2019
34	Dezembro de 2019
35	23/07/2020
36	13/11/2020
37	28/11/2020   21/12/2020   16/01/2021   22/01/2021
38	10/06/2021   16/06/2021   09/07/2021   10/07/2021
39	16/08/2021   25/08/2021   04/09/2021   12/09/2021

A estimativa da taxa de sedimentação é feita com base nas variações de fundo calculadas entre levantamentos batimétricos sucessivos e dos volumes dragados no período entre os levantamentos. O volume “in situ” de aporte de sedimentos totais ( $V_e$ ) seria a soma dos volumes “in situ” removido pela dragagem ( $V_d$ ) e da variação de volumes “in situ” entre os levantamentos ( $\Delta V$ ). Sendo assim,

$$V_d + \Delta V = V_e \quad [1]$$

Para converter os volumes de dragagem na cisterna para volumes “in situ” será adotada uma correção por empolamento médio de 0,74, tal como estimado por SONDOTÉCNICA (1977). Como os dados obtidos dos volumes nas cisterna abrangem apenas o período até julho de 2020, optou-se por não analisar a sedimentação para os períodos subsequentes.

Para o cálculo do volume de sedimentos entre levantamentos será utilizada a ferramenta Civil3D, de autoria da @Autodesk. No programa serão geradas as superfícies de nível a partir dos dados obtidos pela SPA e a subtração destas superfícies para obtenção dos volumes. A extração dos volumes de erosão, assoreamento e balanço sedimentar ( $\Delta V$ ) serão tomados a partir de áreas de influências, com largura do canal de 220m. Ressalta que até 2010 a largura do canal do Porto era de 150m e toda a análise da SONDOTÉCNICA (1977) precisa ser avaliada considerando esta diferença, tal como observado por Gireli & Vendrame (2012) em suas análises. As projeções de taxas de sedimentação anual estimadas por Gireli & Vendrame (2012) para as cotas -15,0m e -17,0 m DHN já corrigidas para a largura do canal de 220m estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Taxas anuais de sedimentação estimadas por Gireli & Vendrame (2012).

Gabaritos de dragagem sugeridos	Taxas de sedimentação estimadas
[m]	[m <sup>3</sup> /ano]
15,0	3.164.218
17,0	10.928.640

## RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos da subtração dos volumes entre os levantamentos por meio dos dados fornecidos pela SPA, apresentando assim a taxa de sedimentação anual dessas subtrações.

Tabela 3: Taxas de sedimentação para as subtrações dos dados fornecidos pela SPA.

LEV. INICIAL	LEV. FINAL	data início	data fim	intervalo de tempo (dias)	$\Delta V$ (m <sup>3</sup> )	( $V_e$ (m <sup>3</sup> ))	taxa de sedimentação anual (m <sup>3</sup> /ano)	( $V_d$ (m <sup>3</sup> ))
30	31	29/09/2018	24/01/2019	117	-83.250	2.348.388	7.326.168	2.431.638
31	32	24/01/2019	15/05/2019	111	-446.621	-18.901	-62.153	427.720
32	33	15/05/2019	29/10/2019	167	976.970	976.971	2.135.295	0.00
33	34	29/10/2019	19/12/2019	51	939.804	939.804	6.726.050	0.00
34	35	19/12/2019	23/07/2020	217	-936.458	3.664.144	6.163.192	4.600.603

Na Tabela 4 temos as taxas anuais de sedimentação de cada período de 2017 a 2020, levando em conta que foram considerados para o ano de 2018 os levantamentos 30 e 31, para o ano de 2019 os levantamentos 31, 32, 33, 34 e 35 e para o ano de 2020 os levantamentos 34 e 35; todos esses levantamentos citados estão expostos na Tabela 3.

Tabela 4: Taxas anuais de sedimentação para o trecho 1 do canal de acesso.

data início	data fim	dias considerados	Ano	taxa de sedimentação anual (m <sup>3</sup> /ano)
20/12/2017	16/01/2018	241	2017	3.927.711
16/01/2018	24/01/2019	373	2018	6.235.702
24/01/2019	19/12/2019	329	2019	2.105.543
19/12/2019	23/07/2020	217	2020	6.163.192
<b>média</b>				<b>4.608.037</b>
<b>desvio padrão</b>				<b>1.982.685</b>

A taxa de sedimentação anual média obtida para todo o período foi de 4.60 milhões de m<sup>3</sup>/ano com um desvio padrão de 1.98 milhões de m<sup>3</sup>/ano, mostrando grande dispersão do universo amostral. É importante ressaltar que analisando os períodos isoladamente, é atribuído o mesmo peso para situações distintas em termos de número de dias considerados no período e época do ano. Nestes casos, eventualmente um período curto entre dois levantamentos leva a uma taxa de sedimentação anual elevada, mas que não corresponde, necessariamente, ao que ocorre ao longo de um ano. Vale ressaltar que especialmente no ano de 2020 os dados dragados no canal externo estavam, quase sempre, misturados com outros trechos do canal e que, portanto, a taxa estimada pode estar superestimada.

Em todos os anos de análise foram considerados um número representativo de dias. Observa-se que as taxas de sedimentação obtidas por Gireli & Vendrame (2012) e Carvalho (2016), de 3.2 e 2.9 milhões de m<sup>3</sup>/ano respectivamente, estão no intervalo apresentado na Tabela 4. Além disso, observa-se que o ano de 2018 foi o ano que apresentou a maior taxa de sedimentação anual, enquanto o ano de 2019 foi o ano com menor taxa.

## CONCLUSÕES:

A necessidade de manter cotas cada vez maiores para permitir a passagem de embarcações com maiores calados tem obrigado o Porto de Santos a manter uma dragagem contínua, com expectativa futura de aumento de volumes dragados. Em 2010, quando foi realizada a dragagem de aprofundamento e alargamento do canal, ainda era muito incerto se apenas a dragagem seria capaz de manter o canal na cota -15.0m. As estimativas projetadas por Gireli & Vendrame (2012) a partir da análise da evolução dos fundos do período de maio de 1997 a março de 2003 apontavam para valores da ordem de 3.16 milhões de m<sup>3</sup>/ano, o que era ainda técnica e economicamente viável. Já a projeção para a cota de -17.0 era entre 10.9 e 12 milhões de m<sup>3</sup>/ano, o que foi apontado como uma condição difícil de ser mantida. Carvalho (2016) analisou o período entre fevereiro de 2011 e novembro de 2013, após a dragagem de aprofundamento e alargamento do canal e obteve uma taxa de 2.9 milhões de m<sup>3</sup>/ano, porém apenas utilizou períodos em que não houve dragagem. Contudo, nenhum dos estudos avaliou a variabilidade das taxas ao longo do tempo.

Os cálculos realizados neste trabalho apontam para uma taxa média 4.60 milhões de m<sup>3</sup>/ano com desvio padrão de 1.98 milhões de m<sup>3</sup>/ano, correspondendo a uma variabilidade significativamente alta. Desta forma, as análises precisariam ser feitas por trechos menores, sendo assim a maior dificuldade encontrada na realização deste trabalho foi na obtenção dos dados de dragagem discretizados nos trechos, visto que nem sempre tivemos os dados separados pelos trechos 1,2,3,4 e berços.

Complementando os estudos anteriores, observa-se que manter a cota de -15.0 DHN já se apresenta como um grande desafio a autoridade portuária pois não só a taxa de sedimentação média aumentou em relação aos estudos anteriores com a variabilidade cresceu substancialmente, de forma que um aumento

da cota objetivo do canal de acesso já não parece ser viável para uma futura operação sem uma obra que reduza a sedimentação na boca do estuário, tal como guias-corrente.

## **BIBLIOGRAFIA**

CARVALHO, V. d. O., 2016. **Estimativa da Taxa de Assoreamento do Canal de Navegação do Porto de Santos**. Rio de Janeiro (RJ): UFRJ.

CORBIN, A. **O Território do Vazio. A Praia e o Imaginário Ocidental**. São Paulo: Companhia das Letras, 1989. 385 p.

CODESP, 2019. **Porto de Santos sobe 3 posições em ranking internacional de movimentação de contêineres**. [Online]

GIRELI, T. Z. & Vendrame, R. F., 2012. **Aprofundamento do Porto de Santos Uma Análise Crítica**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos , pp. Volume 17 n.3 - Jul/Set 2012, 49-59 .

MATHEUS, D. M., Garcia. P. d. , Gireli, T. Z. **Avaliação da Taxa de Evolução dos Fundos no Trecho 1 do Canal do Porto de Santos entre 2014 E 2019**, Congresso Latino Americano de Hidráulica, México, 2021.