

Análise da sedimentação nas proximidades do futuro túnel Santos - Guarujá

Patrícia Dalsoglio Garcia¹, Tiago Zenker Gireli² & Patrícia Strasser Scheltinga³

Resumo: Após mais de 100 anos de discussão acerca da construção de uma via de acesso rápido entre os municípios de Santos e Guarujá, no 2º semestre de 2025 os governos feral e estadual realizaram um leilão para construção de um túnel passando pelo trecho 2 do canal de acesso do Porto de Santos. Dado que a proposta atual prevê a construção do túnel a partir da abertura de uma vala e instalação de módulos de concreto pré-moldados, o objetivo deste trabalho foi avaliar a taxa de sedimentação nesta região nas condições atuais e discutir as projeções de taxas na cota de fundo da vala. Os resultados apontaram que o eixo do túnel está em um local cujas profundidades têm se mantido estáveis entre as cotas -15,0 e -16,0 DHN com baixo volume de dragagem. Contudo, com a expectativa de abertura da vala atingir as cotas de até -34,3 DHN, espera-se um incremento considerável da taxa de sedimentação e uma dificuldade em manter o local dragado por longos períodos.

Abstract: After more than a century of discussions regarding the implementation of a high-capacity connection between the municipalities of Santos and Guarujá, the federal and state governments conducted, in the second half of 2025, a public bidding process for the construction of a subsea tunnel crossing Section 2 of the access channel to the Port of Santos. The current engineering solution, the execution of the tunnel by means of immersed tunnel methodology, involving trench excavation followed by the installation of prefabricated reinforced concrete elements. In this context, the present study aims to quantify sedimentation rates in the study area under present-day conditions and to assess projected sedimentation patterns at the design trench invert level. The results indicate that the tunnel axis is situated in a region where bathymetric depths have remained stable between elevations of -15.0 m and -16.0 m (DHN), with relatively low dredging requirements. However, considering that the planned trench excavation will reach elevations of up to -34.3 m (DHN), a substantial increase in sedimentation rates is expected due to alterations in local hydrodynamic and sediment transport regimes. This may result in significant operational challenges associated with maintaining the trench at design depth over extended time scales.

Palavras-Chave: dragagem, balanço sedimentar, túnel Santos Guarujá

Keywords: dredging, sedimentary balance, Santos–Guarujá Tunnel

INTRODUÇÃO

A mobilidade terrestre entre os municípios de Santos e Guarujá está em discussão há mais de um século, trazendo grandes expectativas para a população local. Após inúmeras promessas políticas acerca da construção de um túnel, que passaria pelo trecho 2 do canal de acesso ao Porto de Santos (estuário santista), no segundo semestre de 2025 os governos federal e estadual divulgaram o leilão para execução da obra, com um investimento de R\$ 6,8 bilhões para construção, com trajeto de 1,5 km de extensão, e prazo de 5 anos para finalização da obra (D'ALMEIDA, 2025). Na Figura 1 é apresentada a localização do canal de acesso do Porto de Santos (SP). Na Figura 2 é apresentada a localização da obra.

1) UNICAMP: Universidade Estadual de Campinas, Av. Albert Einstein 951, Campinas, SP, (19) 3521-2069 (pdgarcia@unicamp.br)

2) UNICAMP: Universidade Estadual de Campinas, Av. Albert Einstein 951, Campinas, SP, (19) 3521-2069 (zenker@unicamp.br)

3) UNICAMP: Universidade Estadual de Campinas, Av. Albert Einstein 951, Campinas, SP, (19) 3521-2069 (p226104@dac.unicamp.br)

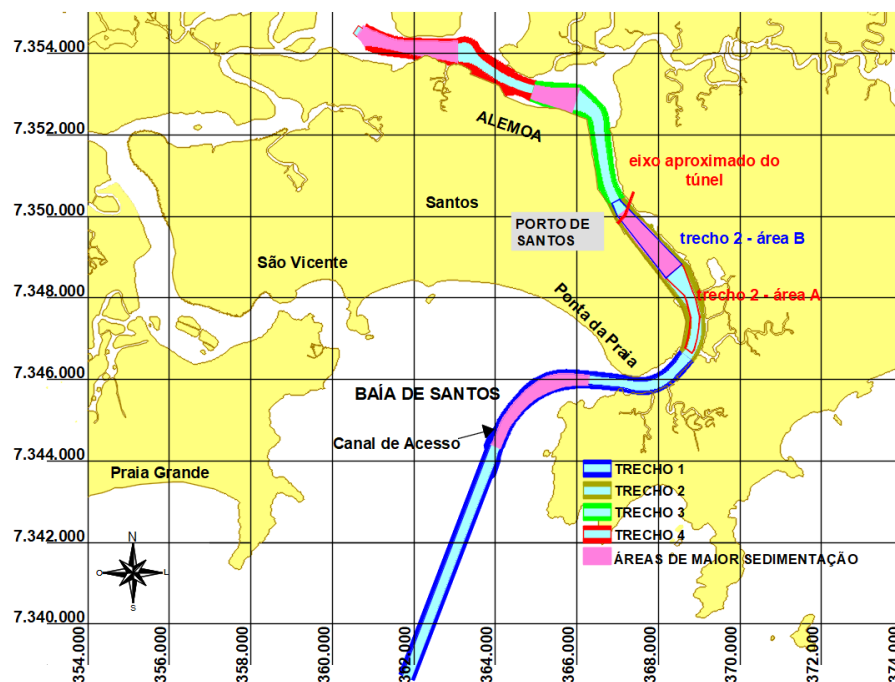


Figura 1 – Localização do Porto de Santos (SP).



Figura 2 – Disposição do Túnel Santos – Guarujá Fonte: Godoy et al., 2025.

D'Almeida (2025), Godoy et al. (2025) apontam que no trecho central da obra, localizado no estuário, a obra terá 870m executados a partir de da abertura de uma vala no qual serão colocados módulos de concreto pré-moldados. Para manter as necessidades de expansão do Porto de Santos, que planeja aumentar o seu gabarito de dragagem dos atuais 15m para 18m, a proposta é que a seção do túnel tenha sua cota superior em -21,6m DHN e a cota de fundo na -34,3m DHN, tal como apresentado na Figura 3.

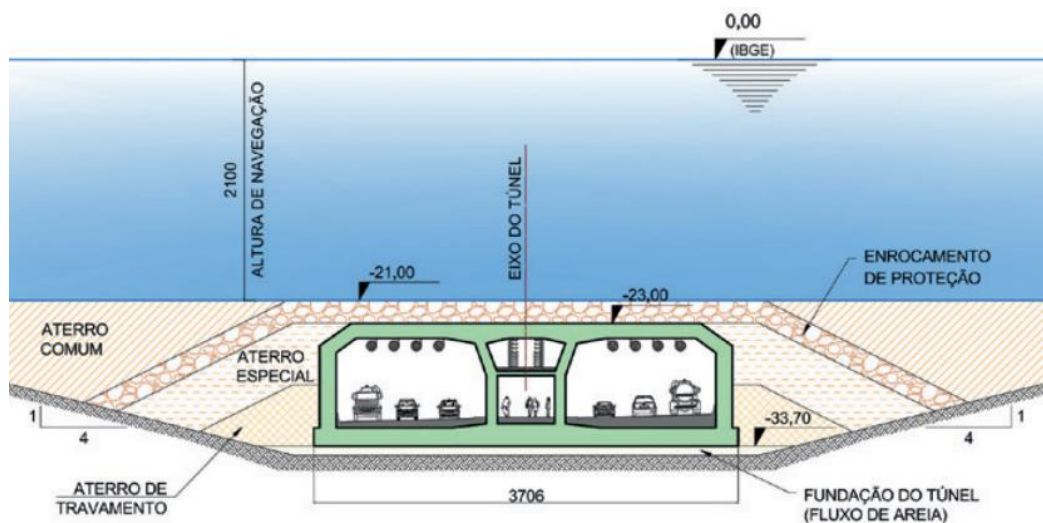


Figura 3 – Seção Transversal do Túnel Santos – Guarujá Fonte: Godoy et al., 2025.

É preciso destacar que o Porto de Santos é o maior complexo portuário da América Latina e sua movimentação corresponde a 29% da balança comercial brasileira. Para manter atrativo economicamente precisa ampliar o gabarito atual de dragagem que se encontra na cota -15,0m DHN. Garcia et al. (2024) destacaram as dificuldades em manter a cota atual no trecho marítimo e projetaram taxas de sedimentação para as cotas -16,0 e -17,0m DHN que dificilmente seriam mantidas apenas com dragagem, sugerindo estudos de obras de molhes guia-corrente.

Diante deste cenário observa-se uma falta de estudos que avaliem a execução da obra do ponto de vista da sedimentação, bem como da própria operação da dragagem durante todo o processo e a interferência com a operação portuária. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o balanço sedimentar para o gabarito de dragagem atual e estimar o incremento de volumes para as cotas de escavação propostas.

MÉTODOS

O eixo do túnel está localizado no trecho 2 do canal de acesso (Figura 1), que foi dividido em 2 partes, denominadas A e B, em função das características distintas de sedimentação.

A partir da metodologia proposta por Matheus et al. (2021), que simplificou a equação de balanço sedimentar proposta pela Sondotecnica (1977), foram calculados os valores de aporte de sedimentos totais em uma dada área de controle a partir da subtração de superfícies de nível entre levantamentos sucessivos, entre os quais não houve operações de dragagem.

Os dados batimétricos foram obtidos junto a SPA – Santos Port Authority – referentes aos períodos 2014 a 2021. Foram traçadas as superfícies de nível para todos os levantamentos referentes ao Trecho 2 do canal do Porto, com a utilização do programa Civil3D, da @Autodesk (31 levantamentos no total). Os dados estão apresentados na Tabela 1, no qual estão destacados em azul os levantamentos utilizados para o balanço sedimentar, por corresponderem a situações entre dragagens.

Tabela 1 – Dados dos levantamentos disponíveis para o trecho 2

Levantamento	Data	Levantamento	Data
1	30/05/2014	16	03/07/2017
2	10/09/2014	17	18/07/2017
3	10/10/2014	18	07/09/2017
4	19/12/2014	19	22/12/2017
5	08/06/2015	20	20/01/2018
6	06/07/2015	21	06/04/2018
7	17/09/2015	22	23/04/2018
8	23/01/2016	23	27/04/2018
9	14/02/2016	24	05/05/2018
10	09/03/2016	25	23/05/2018
11	11/11/2016	26	24/07/2018
12	21/12/2016	27	06/09/2018
13	13/01/2017	28	03/08/2018
14	27/01/2017	29	15/10/2020
15	14/06/2017	30	29/03/2021

Após o traçado das superfícies foram feitas as subtrações entre levantamentos consecutivos apenas para os períodos em que não havia dragagem. Por fim, foram extraídos os volumes de erosão, assoreamento e balanço sedimentar (ΔV) a partir das superfícies de subtração. As taxas de sedimentação anual foram obtidas somando o volume de aporte de sedimentos total nos períodos compreendidos em um ano de base e fazendo uma proporcionalidade entre a quantidade de dias analisados neste período e 365 dias/ ano.

Foi extraído também um perfil longitudinal do eixo do túnel para avaliar a variação de profundidade ao longo do tempo.

Garcia et al. (2024) apresentaram uma projeção da taxa de sedimentação do trecho 1 do canal a partir dos dados obtidos por outros estudos (Sondotecnica, 1977 e Gireli e Vendrame, 2012), que obtiveram estas taxas para outras cotas objetivo de dragagem. Contudo, no trecho 2, em função da profundidade natural ser superior às cotas de dragagem praticadas na maior parte do tempo, não há nenhum cálculo de taxas para estas cotas. Neste sentido, para estimar a taxa de sedimentação para a cota -34,3m foi analisada apenas uma regressão linear.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 está apresentado o perfil longitudinal do eixo do túnel para todos os levantamentos disponíveis. As linhas em vermelho delimitam a faixa de tolerância de dragagem atual (-15,3 a -15,7m DHN).

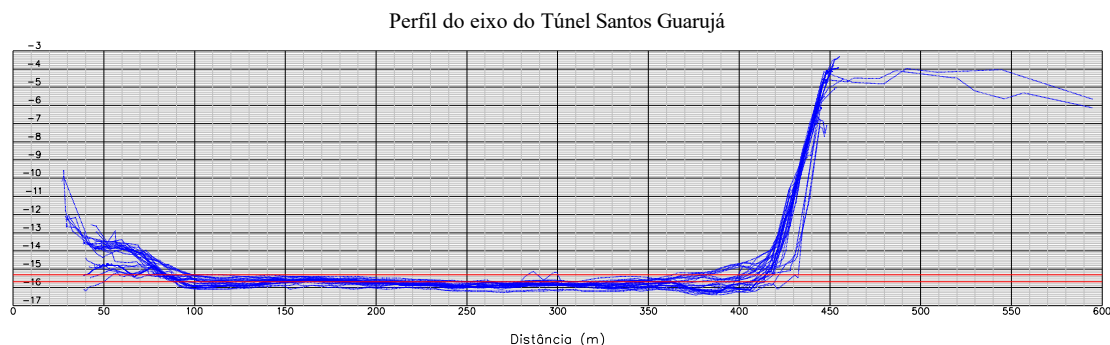


Figura 4 – Perfil longitudinal no eixo do Túnel Santos Guarujá

Nota-se que a seção pela qual o túnel deve passar é estável e se mantém entre as cotas -15,3 e -16,0m DHN, como pouca ou nenhuma dragagem. Sondotecnica (1977) já apontava que esta região do trecho 2 era menos sucessível as variações de fundo que o trecho 1 do canal (trecho marítimo). Naquela época o canal foi mantido em cotas entre -13,5 e -14,5m DHN e os volumes dragados neste trecho eram praticamente nulos, provavelmente porque a cota natural deste local encontra-se em torno de -15,0m DHN.

Na Tabela 2 é apresentado o balanço sedimentar para a área B do trecho 2. Já na Tabela 3 são apresentadas as taxas de sedimentação anuais.

Tabela 2 – Balanço sedimentar de todo o período de análise

LEV. INICIAL	LEV. FINAL	Data inicial	Data final	Intervalo (dias)	Área (m ²)	erosão (m ³)	sedimentação (m ³)	balanço (m ³)
LEV 01	LEV 02	30/05/2014	10/09/2014	103	873149,39	23506,03	107918,25	84412,22
LEV 03	LEV 04	10/10/2014	19/12/2014	70	211483,88	18823,91	6768,42	-12055,49
LEV 09	LEV 10	14/02/2016	09/03/2016	24	873149,39	49760,18	24746,78	-25013,40
LEV 10	LEV 11	09/03/2016	11/11/2016	247	873149,39	45956,41	142752,48	96796,07
LEV 18	LEV 19	07/09/2017	22/12/2017	106	873149,39	49449,26	144516,15	95066,89

Tabela 3 – Taxas de sedimentação anuais

dias considerados	Ano	balanço (m ³)	taxa de sedimentação anual (m ³ /ano)
173	2014	72356,73	152660,15
-	2015	-	-
247	2016	96796,07	143038,73
106	2017	95066,89	327352,97
		média	207683,95

Carvalho (2016) estimou taxas médias na mesma região entre 25000 e 35000 m³/mês como base em levantamentos 2010 e 2013, correspondendo a média de 350.000 m³/ano. O autor utilizou a mesma metodologia, mas a área de influência é diferente, o que pode justificar esta diferença obtidos no presente estudo. Gaspar Filho (2023) também analisou os dados da região obtendo resultados similares de taxas de sedimentação.

Apesar das taxas serem bem inferiores as apresentadas por Garcia et al. (2024) para o trecho 1 do canal, é importante ressaltar que naquela região a cota natural é bem menor (entre -8,0m a -10m DHN dependendo do local) e, portanto, para manter o canal dragado na cota -15,0m DHN as taxas de sedimentação cresceram de forma exponencial.

Na Figura 5 é apresentada a regressão linear obtida para estimativa da taxa de sedimentação para a cota -34,3m.

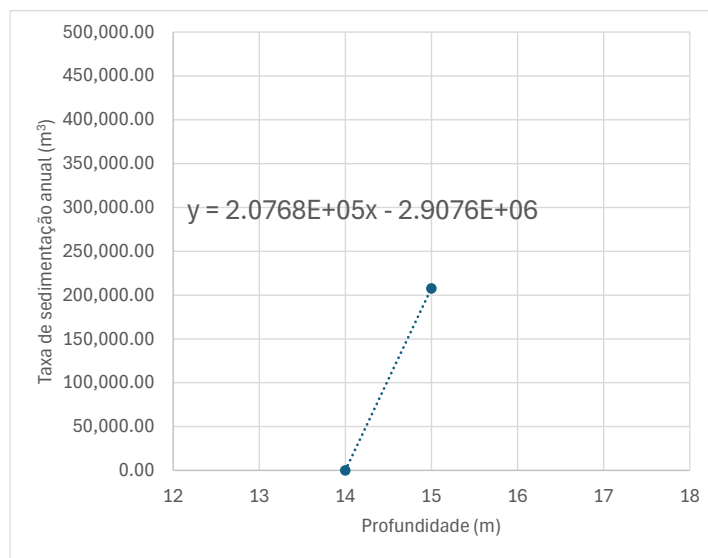


Figura 5 – Tendência de taxa de sedimentação anual em função da profundidade

A partir da regressão, a taxa média anual calculada foi de 4,2 milhões de m³. É importante destacar que se trata apenas de uma estimativa para trazer uma reflexão acerca do caso. A abertura de uma vala com esta profundidade provavelmente seria de difícil manutenção, mesmo em curto prazo, pois a hidrodinâmica local é intensa e o fluxo é capaz de mobilizar os sedimentos. Além disso, a regressão linear traz resultados conversadores pois os estudos no local apontam para aumentos exponenciais de taxas de sedimentação, o que acarretaria valores ainda maiores.

CONCLUSÃO

Os resultados apontaram que o local no qual será implantado o túnel se mantém estável em profundidades entre -15,0 e -16,0 DHN com baixo volume de dragagem. Contudo, com a expectativa de abertura da vala atingir as cotas de até -34,3 DHN, espera-se um incremento considerável da taxa de sedimentação e uma dificuldade em manter o local dragado por longos períodos. Tendo em vista que o içamento e colocação de cada um dos módulos de concreto deve levar alguns dias e a taxa de sedimentação será intensa, a dragagem deverá ser mantida para garantir que a vala não se feche. Com o avanço na colocação dos módulos, o acesso da draga será cada vez mais limitado, podendo comprometer o resultado. Por fim, é necessário avaliar como esta operação prejudicará a operação portuária.

AGRADECIMENTOS

A Autoridade Portuária de Santos (SPA), por fornecer os dados para esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

Carvalho, V, d. O., 2016, “*Estimativa da Taxa de Assoreamento do Canal de Navegação do Porto de Santos*”, Rio de Janeiro (RJ): UFRJ. Disponível em <https://www.drhima.poli.ufrj.br/images/documentos/tcc/2016/vitor-de-oliveira-carvalho-2016.pdf>.

D'Almeida, Thiago, “*Túnel Santos-Guarujá: entenda a obra inédita abaixo do canal do maior porto da América do Sul*”, **G1 Portal de Notícias**, Santos (SP), 5 set 20215. Disponível em <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/porto-mar/noticia/2025/09/05/tunel-santos-guaruja-entenda-a-obra-inedita-abaixo-do-canal-do-maior-porto-da-america-do-sul.ghtml>

Garcia, P. D., Matheus, D. M., Gireli, T. Z., 2024, “*Sedimentation analysis of the maritime stretch after dredging activities for widening and deepening Santos’ Port Channel*”, *Ocean & Coastal Management*, Volume 258, ISSN 0964-5691, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107383>

Gaspar Filho, M. B. “*Estudo dos Padrões e Taxas de Sedimentação do Canal de Navegação do Porto Organizado de Santos*”, 2023. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Geológica) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023. doi:10.11606/D.21.2023.tde-16032023-134124. Acesso em: 2026-05-04.

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.

Godoy, M. A. P., Celestino, T. B., Kuiper, R., Kuperman, S. C., “*Aspectos do túnel imerso Santos-Guarujá*”, *Concreto e Construções*, ISSN 1809-7197, v, 118, n, 118, 2025.

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

SONDOTÉCNICA, 1977. “*Comportamento hidráulico e sedimentológico do Estuário Santista*”.