

TRAVESSIA SECA SANTOS GUARUJÁ



Instituto de Engenharia

Departamento de Engenharia do Habitat e Infraestrutura

Divisões Técnicas de Estruturas e Geotecnia

Setembro/2011

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

Programa e Participantes

- Diretor do Departamento de Infraestrutura do Instituto de Engenharia, **Prof. Roberto Kochen**; Opções para esta travessia (ponte convencional, ponte estaiada, túnel imerso).
- Gerente de Engenharia do DERSA, **Eng. Antonio Cavagliano**; Estudos realizados para a travessia em túnel imerso.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

Programa e Participantes

- **Eng. Catão Ribeiro** (Enescil Engenharia); Ponte estaiada. Comitê Brasileiro de Túneis (CBT), **Prof. Tarcísio Celestino**, visão do CBT sobre o futuro de túneis imersos no Brasil.
- **Eng. Natan Levental** e **Eng. Lúcio Laginha**, Divisão de Estruturas do Instituto de Engenharia, Análise das diversas alternativas de travessia.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

DERSA

A ligação seca entre as cidades de Santos e Guarujá, no litoral paulista, será realizada por um túnel de aproximadamente 900 m de extensão.

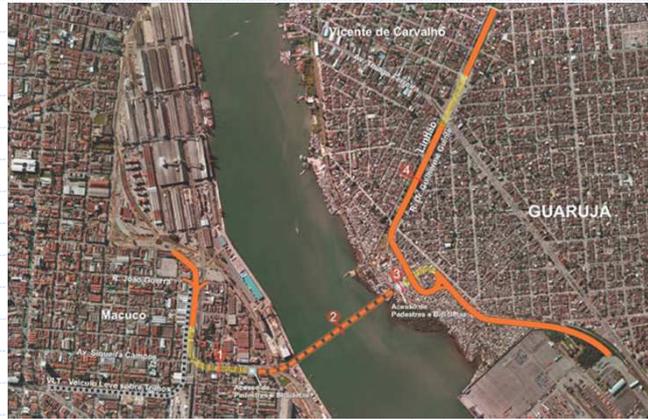
www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



Trajeto do Túnel

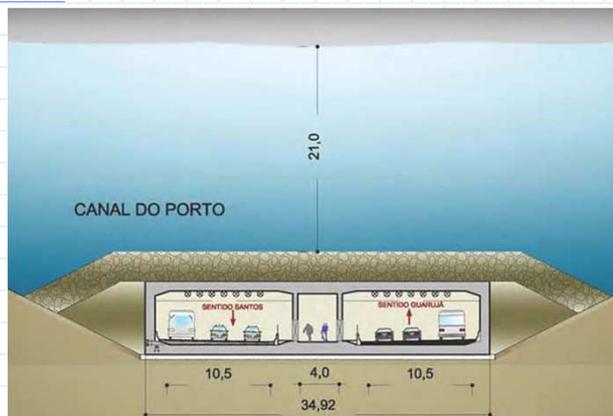
www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



A estrutura terá profundidade mínima de 21 m, respeitando as exigências do Porto para a navegação.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

Ligação por ponte

Em março, a Ecovias apresentou ao governo o projeto de uma ponte em arcos que possuiria 4,5 km de extensão e um vão livre central de 85 m de altura e 120 m de comprimento.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



Projeto apresentado em 2010

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

Em maio de 2009, a Secretaria dos Transportes do Governo do Estado de São Paulo já havia apresentado um projeto para a ligação das duas cidades, que seria feita por uma ponte estaiada de 2,8 km de extensão.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



Projeto de ponte estaiada apresentado em 2009

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

Túneis Imersos para Travessias Subaquáticas

Principais Aspectos Geotécnicos e Construtivos

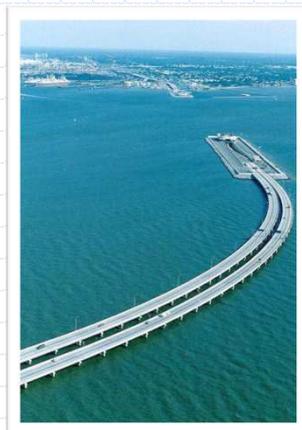
www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



Túnel Oresund – Ligação entre Dinamarca e Suécia.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

INTRODUÇÃO

Existem mais de 100 túneis imersos executados em todo o mundo. No Brasil temos conhecimento técnico da execução de túneis escavados em solos e rochas.

A técnica dos túneis imersos apresenta algumas vantagens sobre pontes convencionais, tais como a menor extensão para travessias subaquáticas, e as menores interferências paisagísticas e com o tráfego hidroviário.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

DEFINIÇÃO

A denominação “imerso” provém da metodologia executiva do túnel, a extensão do mesmo é dividida em elementos e estes quando prontos são transportados e imersos em água.

Um túnel imerso consiste de vários elementos de túnel pré-fabricados, que são transportados até o local por flutuação, e instalados um a um, a baixo do nível d' água. Este elemento é geralmente instalado em uma trincheira (dragada previamente) no leito do canal, enquanto a construção estrutural é feita no seco. A fabricação dos elementos é feita em docas ou em locais especiais.

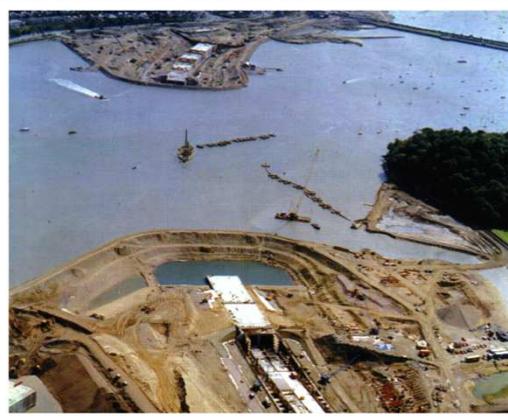
www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



Vista geral do canteiro de obras.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

METODOLOGIA CONSTRUTIVA

O processo construtivo dos túneis imersos difere completamente dos métodos utilizados para túneis escavados, é específico para este tipo de obra. Após a conclusão, um túnel imerso não tem nenhuma diferença operacional em relação aos túneis escavados. A metodologia construtiva pode ser dividida em etapas , ilustradas a seguir.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

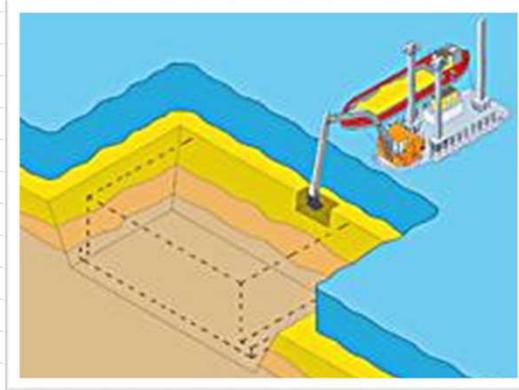


Figura 1 – Abertura da trincheira.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



Figura 2 – Abertura da trincheira.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



Figura 3 – Fabricação dos elementos em uma doca seca.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



Figura 4 – Vedação temporária dos elementos.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



Figura 5 – Fase de Inundação da doca seca.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



Figura 6 – Transporte do elemento até o local de instalação.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



Figura 7- Imersão do elemento.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

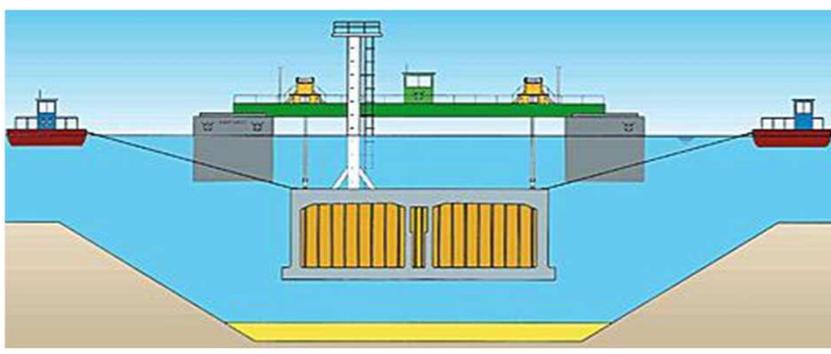


Figura 8 – Diagrama Esquemático da Imersão do Elemento.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

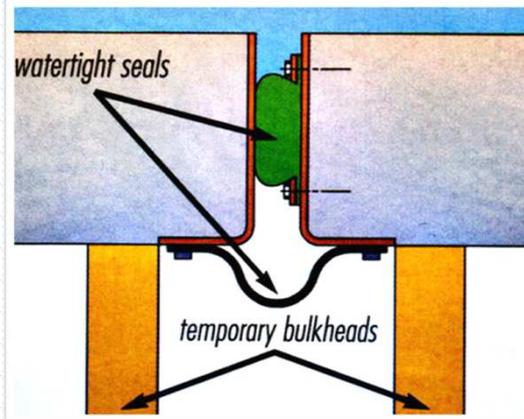


Figura 9 – Detalhe do selo de vedação entre elementos instalado após posicionamento do mesmo na trincheira.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

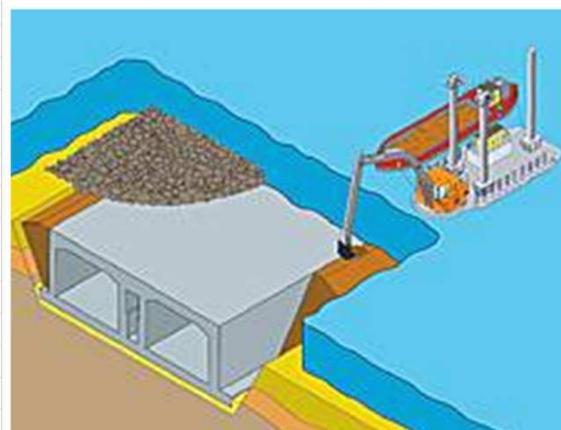


Figura 10 – Preenchimento lateral e sobre o túnel.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



Figura 11 – Execução da estrutura de aproximação a seco.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



Figura 12 – Aspecto final do túnel acabado.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

COMPARAÇÃO AO TÚNEL ESCAVADO

Em relação a túneis escavados, o túnel imerso apresenta as vantagens de não necessitar formato circular, pode ser colocado imediatamente sob o curso d'água, pode ser executado em condições de solo que impedem a realização de túneis escavados ou fazer com que esta solução seja extremamente cara e ainda, a possibilidade de executar atividades em paralelo resulta em menores riscos no planejamento e com isto, uma solução mais barata.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

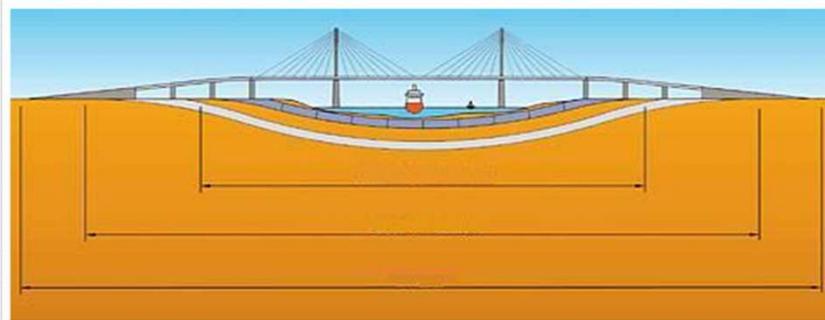


Figura 13 – Comparação entre as alternativas de travessia.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



Figura 14 - Liberação do espaço da superfície e menor interferência paisagística. Túnel Heinoord na Holanda.

www.ie.org.br

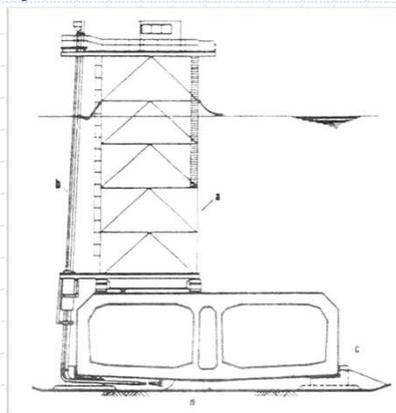
55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

Fundação por Injeção de Areia



Vista geral da ponte de aço para injeção de areia.

www.ie.org.br

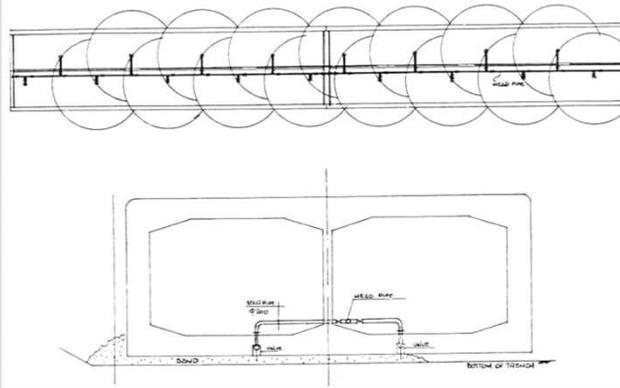
55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

Fundação por injeção de Areia pelo piso do segmento pré-moldado



Vista geral da tubulação de injeção pelo piso do segmento.

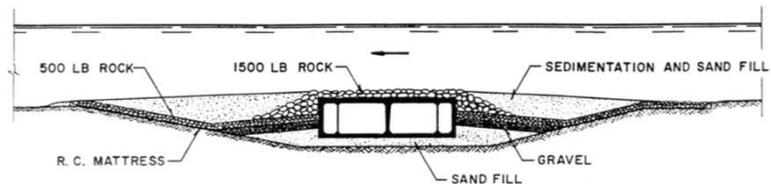
www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



Vista da fundação executada segundo o método Scradler. (Berço de areia)

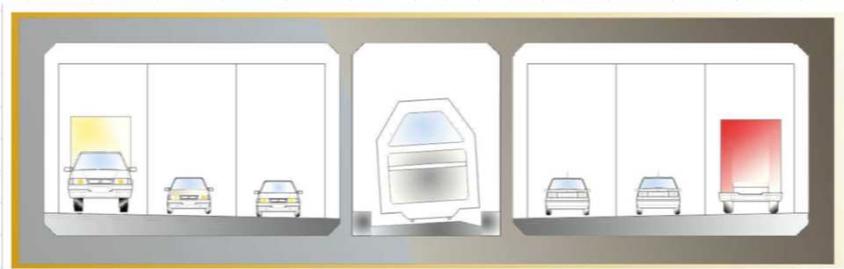
www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



Exemplo de seção de túnel imerso.

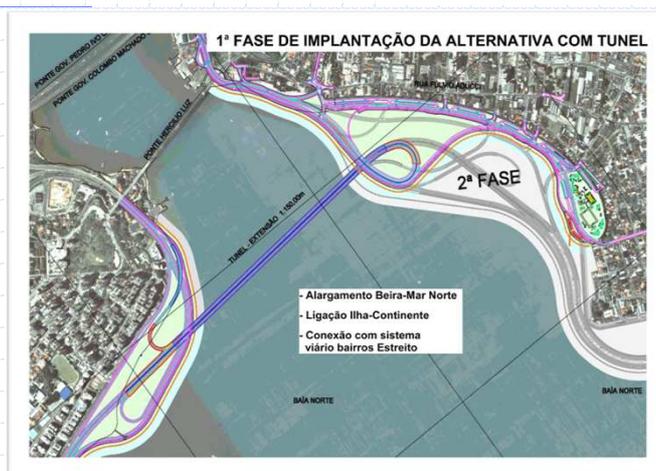
www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia



www.ie.org.br

55 11 3466-9200



TRAVESSIA SECA SANTOS - GUARUJÁ

Instituto de Engenharia

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho é uma contribuição à comunidade técnica nacional, considerando a crescente utilização de túneis imersos no mundo, principalmente na Europa. No Brasil, há somente estudos de casos, e o projeto do DERSA para a travessia seca Santos Guarujá.

Foram apresentadas definições, metodologia construtiva, vantagens, melhores condições de aplicabilidade de túneis imersos e aspectos geotécnicos.

Convém incentivar o uso de novas tecnologias e inserir a opção de túnel imerso em estudos de viabilidade em travessias sub-aquáticas.

www.ie.org.br

55 11 3466-9200