



# PRESTES MAIA

LIGAÇÃO SECA SANTOS - GUARUJÁ

**Dersa**



GeoCompany

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Roberto Kochen** – Professor Doutor do Departamento de Estruturas e Fundações da Escola Politécnica da USP e Diretor Técnico da GeoCompany – Tecnologia, Engenharia e Meio Ambiente.

Novembro/2011

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



GeoCompany

**DERSA**

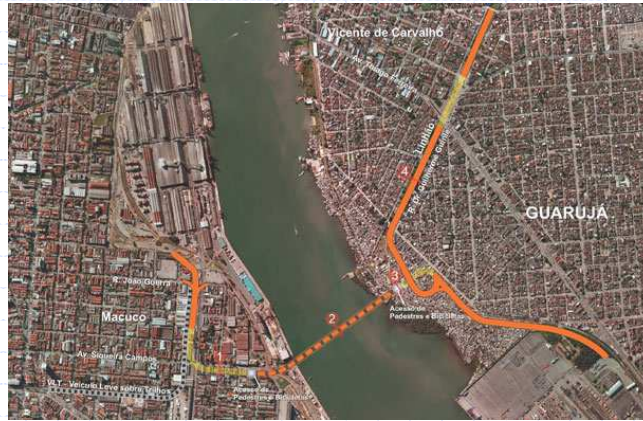
A ligação seca entre as cidades de Santos e Guarujá, no litoral paulista, será realizada por um túnel de aproximadamente 900 m de extensão.

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



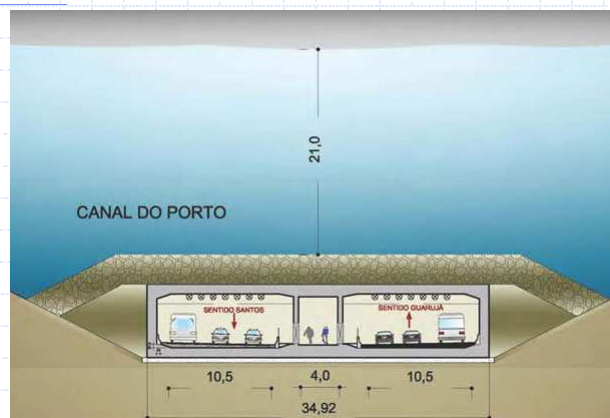
Trajeto do Túnel

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



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

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos



### Túneis Imersos para Travessias Subaquáticas

Principais Aspectos Geotécnicos e Construtivos

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos



### Adução Santos – Guarujá, SABESP

Travessia Subaquática sob o Canal do Porto de Santos em perfuração Direcional.

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



### Adutora Santos – Guarujá, SABESP

Execução da Travessia Subaquática: Sustentação da Tubulação para Arraste sob o Canal do Porto de Santos.

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



### Adutora Santos – Guarujá, SABESP

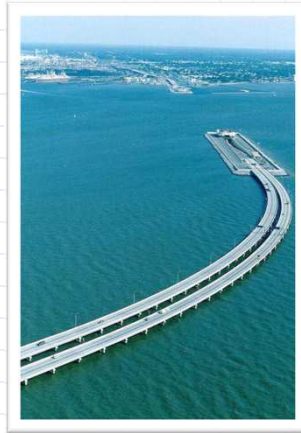
Execução da Travessia Subaquática: Arraste da Tubulação, após Perfuração Direcional, sob o Canal do Porto de Santos.

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



Túnel Oresund – Ligação entre Dinamarca e Suécia.

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



### 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.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



### 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.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



Vista geral do canteiro de obras.

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



### 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.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**

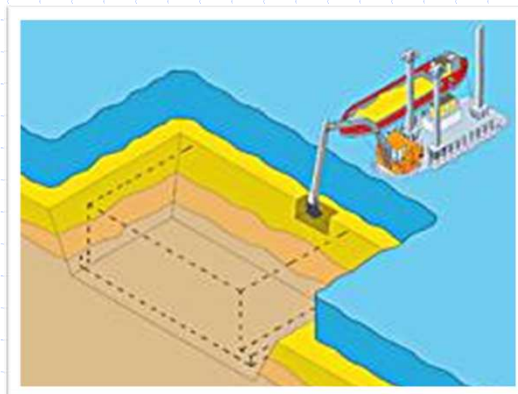


Figura 1 – Abertura da trincheira.

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



Figura 2 – Abertura da trincheira.  
[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



Figura 3 – Fabricação dos elementos em uma doca seca.  
[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435



## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



Figura 4 – Vedação temporária dos elementos.

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



Figura 5 – Fase de Inundação da doca seca.

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



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

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



Figura 7– Imersão do elemento.

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**

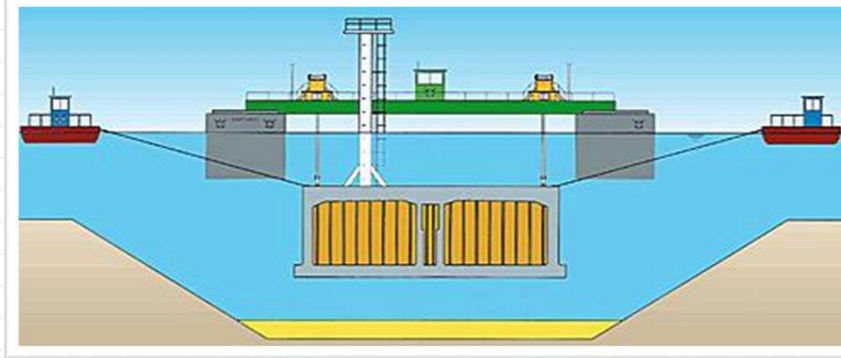


Figura 8 – Diagrama Esquemático da Imersão do Elemento.

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**

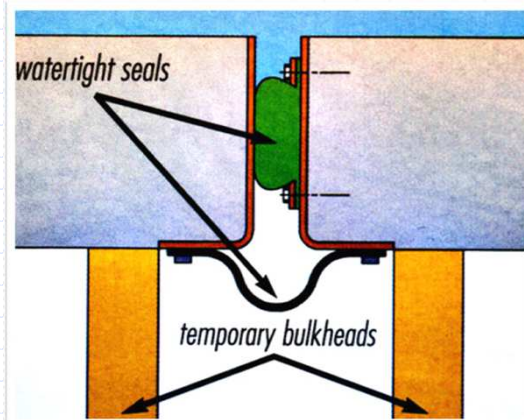


Figura 9 – Detalhe do selo de vedação entre elementos instalado após posicionamento do mesmo na trincheira.

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**

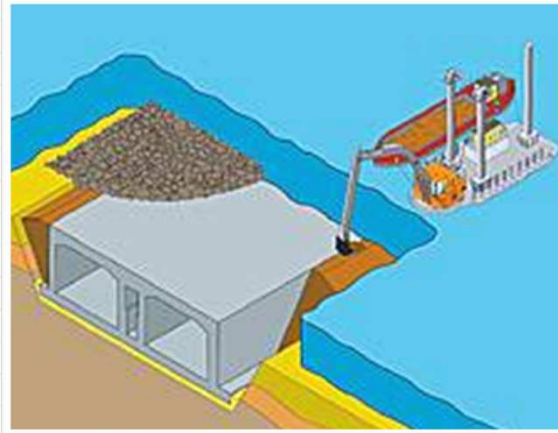


Figura 10 – Preenchimento lateral e sobre o túnel.

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



Figura 11 – Execução da estrutura de aproximação a seco.

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



Figura 12 – Aspecto final do túnel acabado.

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



### 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.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**

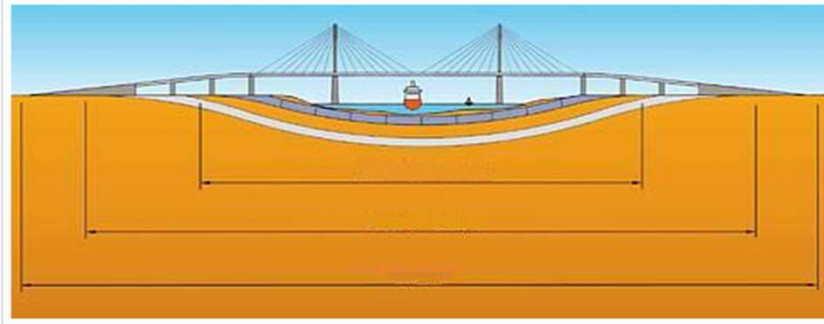


Figura 13 – Comparação entre as alternativas de travessia.

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



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

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

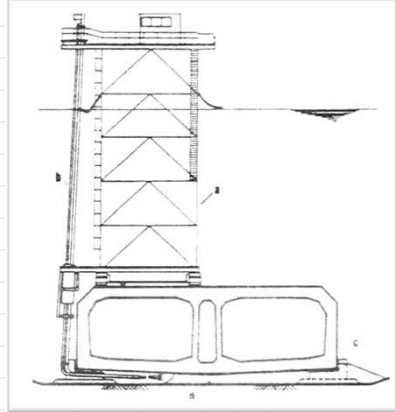
55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



### Fundação por Injeção de Areia



Vista geral da ponte de aço para injeção de areia.  
[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

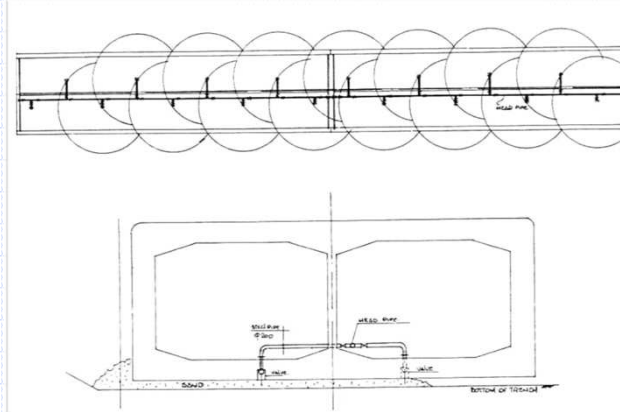
55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



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

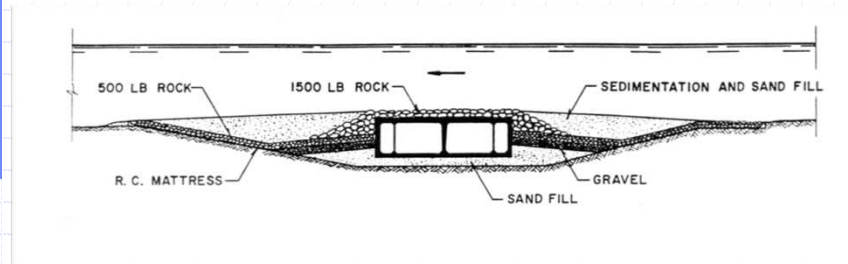


Vista geral da tubulação de injeção pelo piso do segmento.  
[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



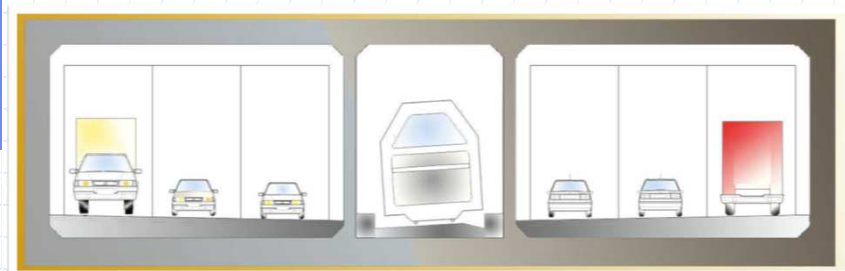
Vista da fundação executada segundo o método Scradler. (Berço de areia)

[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



Exemplo de seção de túnel imerso.

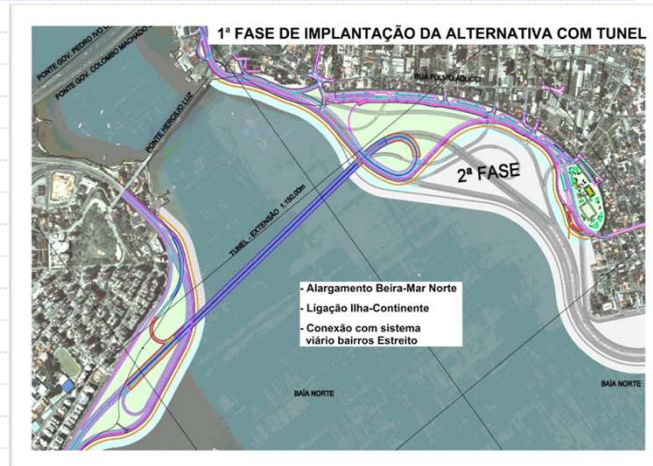
[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435



## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos

**Dersa**



[www.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435

## Aspectos Geotécnicos e Construtivos de Túneis Imersos



### 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.geocompany.com.br](http://www.geocompany.com.br)

55 11 4195-4435