

Fundações: patologias e formas de inspeção

Gisleine Coelho Campos

*Palestra apresentada no CONGRESSO NACIONAL DA ABENDI,
CONAENDI, 2023, São Paulo. 46 slides*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. **PROIBIDO REPRODUÇÃO**

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
S/A - IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária ou
Caixa Postal 0141 | CEP 01064-970
São Paulo | SP | Brasil | CEP 05508-901
Tel 11 3767 4374/4000 | Fax 11 3767-4099

www.ipt.br

Conaendi

2023





TEMA: FUNDAÇÕES PATOLOGIAS E FORMAS DE INSPEÇÃO

Gisleine Coelho de Campos



MINI CURRÍCULO GISLEINE COELHO DE CAMPOS

E-MAIL: gisleine@ipt.br

Engenheira Civil (1990), com Mestrado e Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade de São Paulo (1997 e 2002, respectivamente) na área de Geotecnia. Pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo-IPT e atua também como professora e orientadora de cursos de pós-graduação. Realiza trabalhos técnicos e de gestão na área de Geotecnia, com ênfase em Obras de Infraestrutura, tendo experiência no desenvolvimento de pesquisas e serviços técnicos especializados em fundações, instrumentação de obras geotécnicas, investigação geológico-geotécnica, ensaios em modelos reduzidos, inspeções técnicas de obras de infraestrutura e em temas relacionados à engenharia urbana, geotecnia e riscos.

RESUMO DA PALESTRA

A palestra aborda as principais causas de patologias nas fundações* e os desafios encontrados no setor da construção civil para inspeção e avaliação das condições dos elementos enterrados



IPT, 1998

** Alguns conceitos e técnicas também se aplicam às obras de contenções .*

INSPEÇÕES – temas abordados no evento

- Equipamentos
- Soldas e corrosão
- Dutos e *risers*
- Elementos de concreto

TÉCNICAS EMPREGADAS

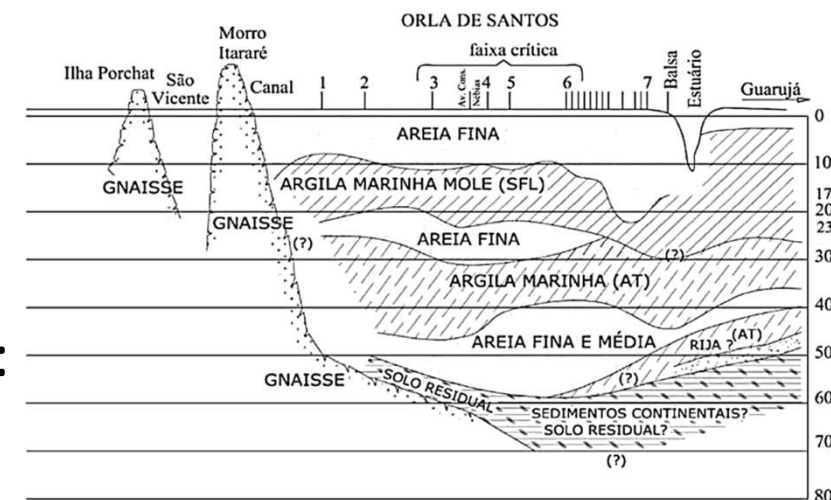
- Observação visual direta
- Ensaios destrutivos
- Ensaios não destrutivos





Ausência ou falhas nas investigações dos solos

- ✓ Número insuficiente de sondagens
- ✓ Tipos inadequados de sondagens
- ✓ Profundidade insuficiente das sondagens
- ✓ Falhas na localização dos furos
- ✓ Presença de matacões
- ✓ Interferências subterrâneas não cadastradas:
 - Vegetação x raízes
 - Ocorrência de carste
 - Fenômeno de subsidência



(Fonte: Massad, 2003)

Cavidades afetando a estabilidade dos arcos



IPT, 2008

COMPORTAMENTO DOS SOLOS

- Modelo geológico-geotécnico não representativo
- Presença de bolsões de solos moles
- Não consideração do histórico de tensões
- Aterros não simétricos
- Recalques diferenciais do solo

Adensamento da argila mole



COMPORTAMENTO DOS ELEMENTOS DE FUNDAÇÕES

- Uso de diferentes elementos de fundação
- Flambagem de elementos esbeltos
- Falhas de dimensionamento estrutural

Recalques excessivos das sapatas



FALHAS DE EXECUÇÃO

- Desvios ou quebra na cravação de elementos pré-moldados
- Problemas de concretagem em elementos escavados
- Estrangulamento de seção de estacas escavadas
- Limpeza inadequada da cabeça de estacas moldadas *in loco*

FALHAS DE EXECUÇÃO DE CONTENÇÃO

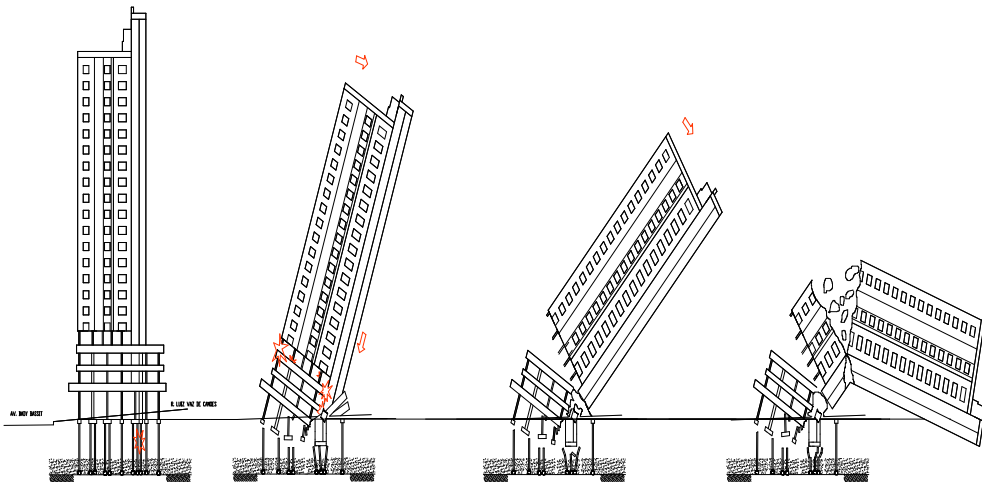


IPT, 2012



IPT, 2023

FALHAS DE EXECUÇÃO DE FUNDAÇÃO



IPT, 1995

ESPECIFICAÇÕES CONSTRUTIVAS

- Cota de assentamento da fundação
- Tensões admissíveis adotadas (solo)
- Características do concreto
- Recobrimento da armadura



IPT, 2023



IPT, 2022

DEGRADAÇÃO DOS MATERIAIS

- Corrosão em elementos metálicos
- Apodrecimento de elementos de madeira
- Deterioração do concreto por agentes externos

Eventos após a conclusão

- Alteração de uso da estrutura
- Carregamento da estrutura
- Escavações próximas
- Vegetação próxima
- Rebaixamento/Elevação do nível de água
- Movimentos de massa do solo
- Vibrações
- Manutenções preditivas e corretivas



Eventos após a conclusão

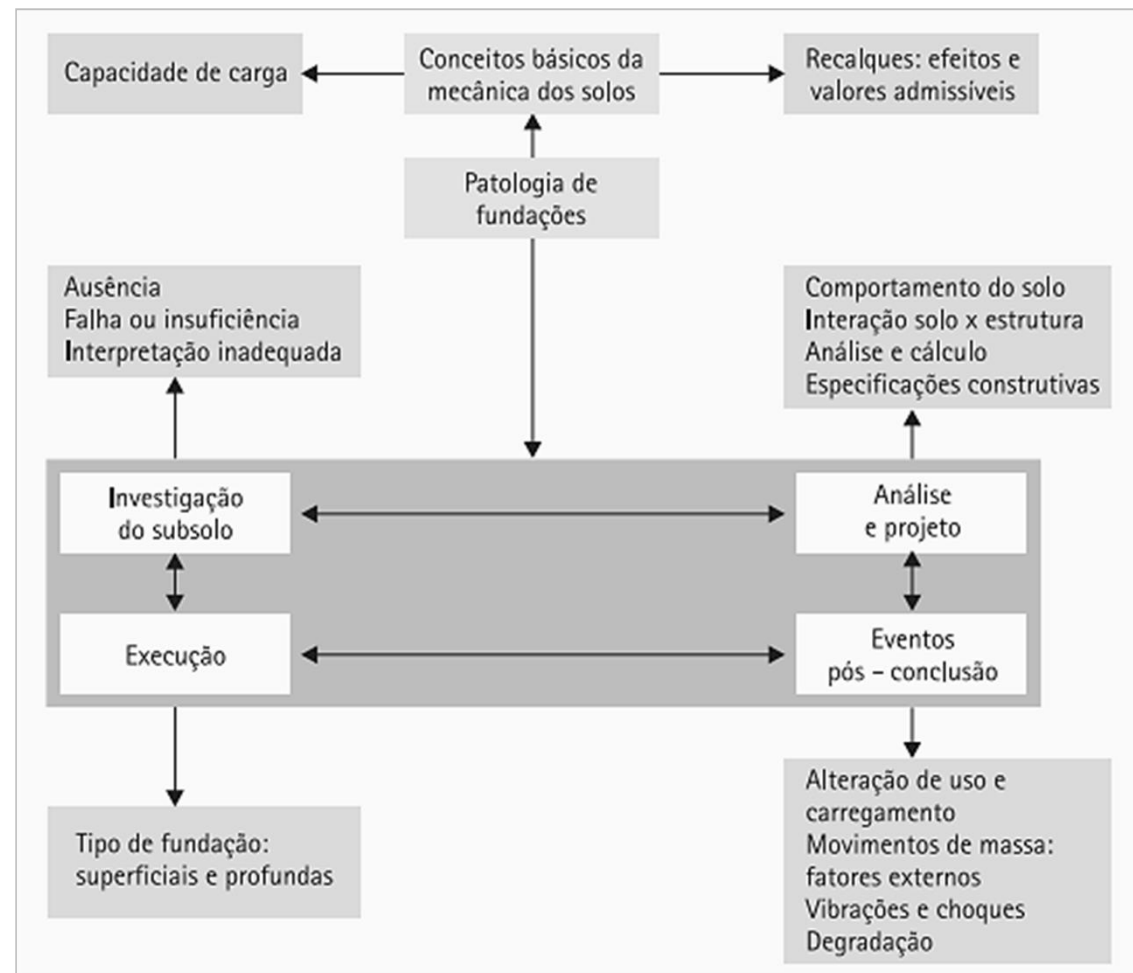


IPT, 2015



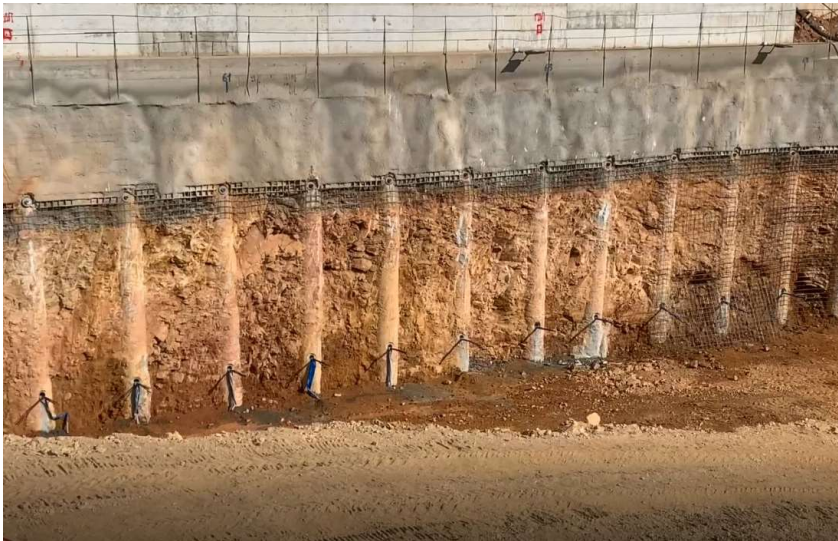
IPT, 2020

Fluxograma das etapas de projeto e possíveis causas das patologias.



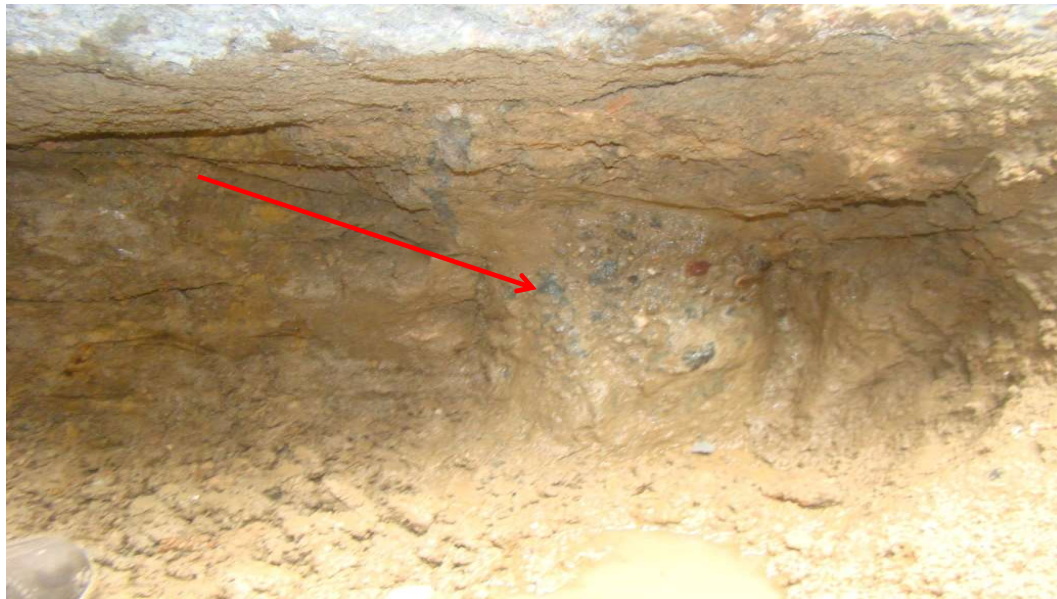
Milititsky et al., 2005

FORMAS DE INSPEÇÃO DAS FUNDAÇÕES



IPT, 2023

- Inspeção direta dos elementos de fundação
- Inspeção da estrutura (manifestações patológicas associadas ao comportamento das fundações e contenções)
- Ensaios em elementos de fundação
- Inspeções subaquáticas



POÇOS DE INSPEÇÃO: tipo de solo e de fundação

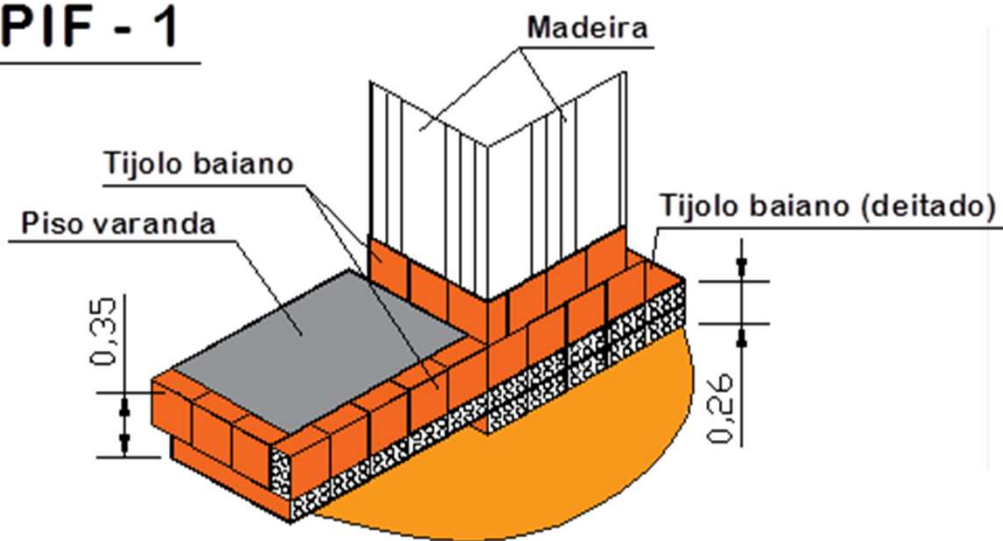


POÇOS DE INSPEÇÃO: coleta de amostras e verificação do tipo de fundação

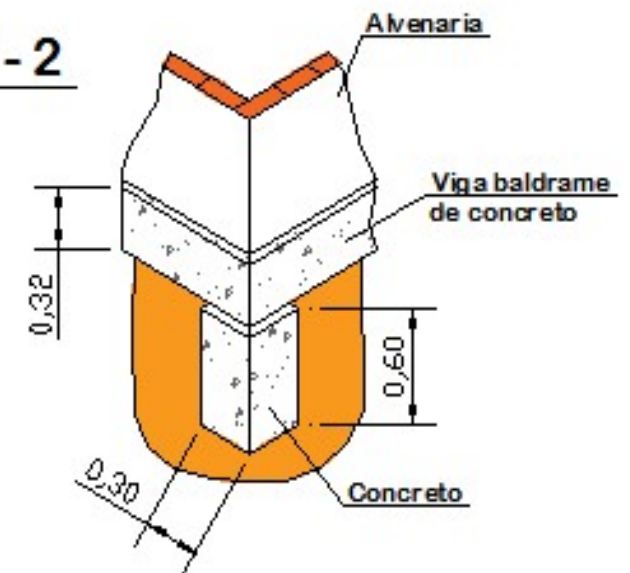


Exemplos: Fundações de habitações populares

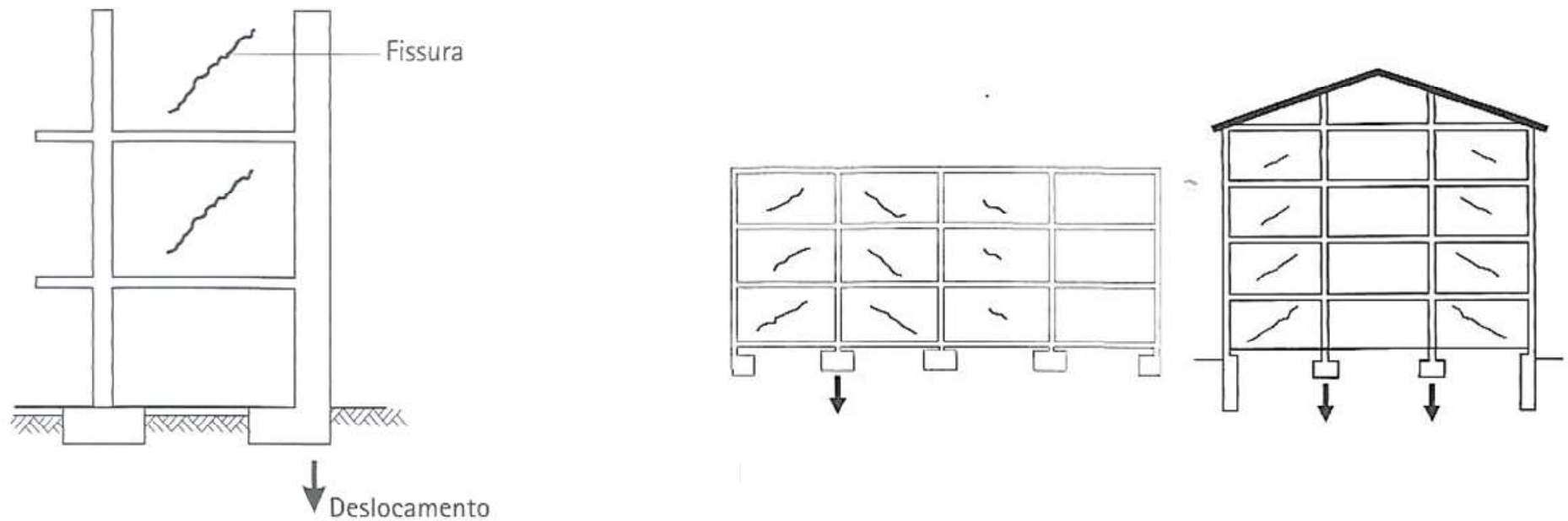
PIF - 1



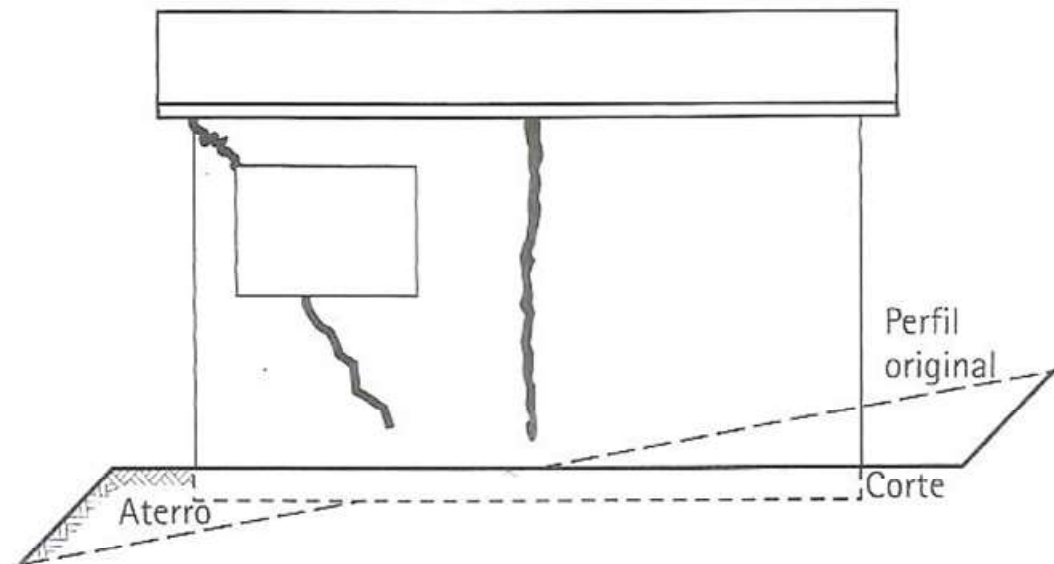
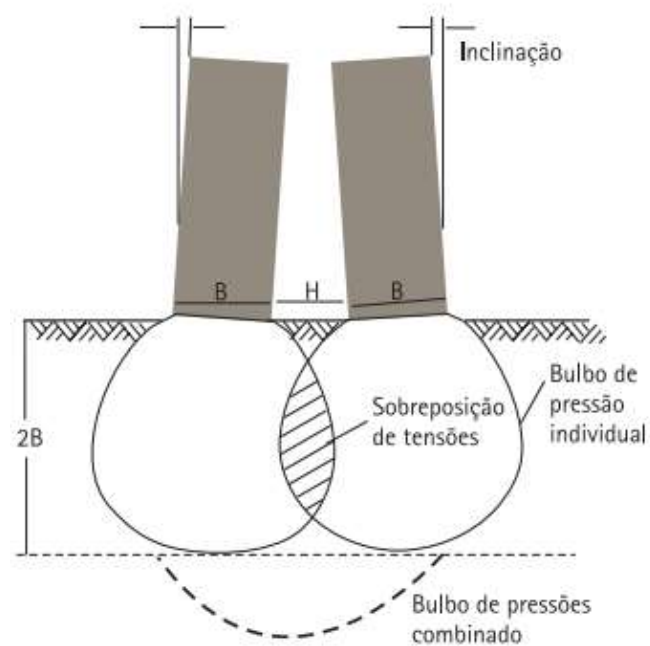
PIF - 2



Manifestações Patológicas na Estrutura



Manifestações Patológicas na Estrutura



Milititsky et al., 2005

ENSAIOS EM ELEMENTOS DE FUNDAÇÃO

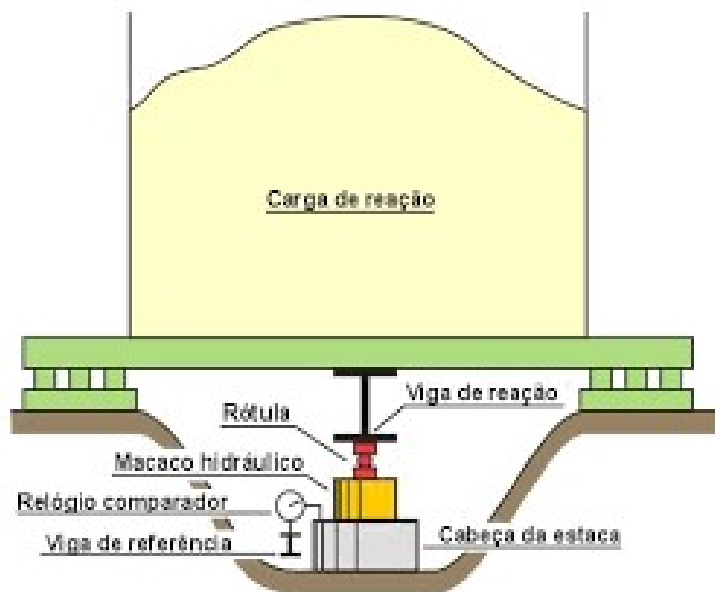
- Prova de carga estática (no terreno ou em elementos de fundação)
- Ensaio de carregamento dinâmico
- Ensaio de integridade de fundações profundas
- Instrumentação (monitoramento de recalques)



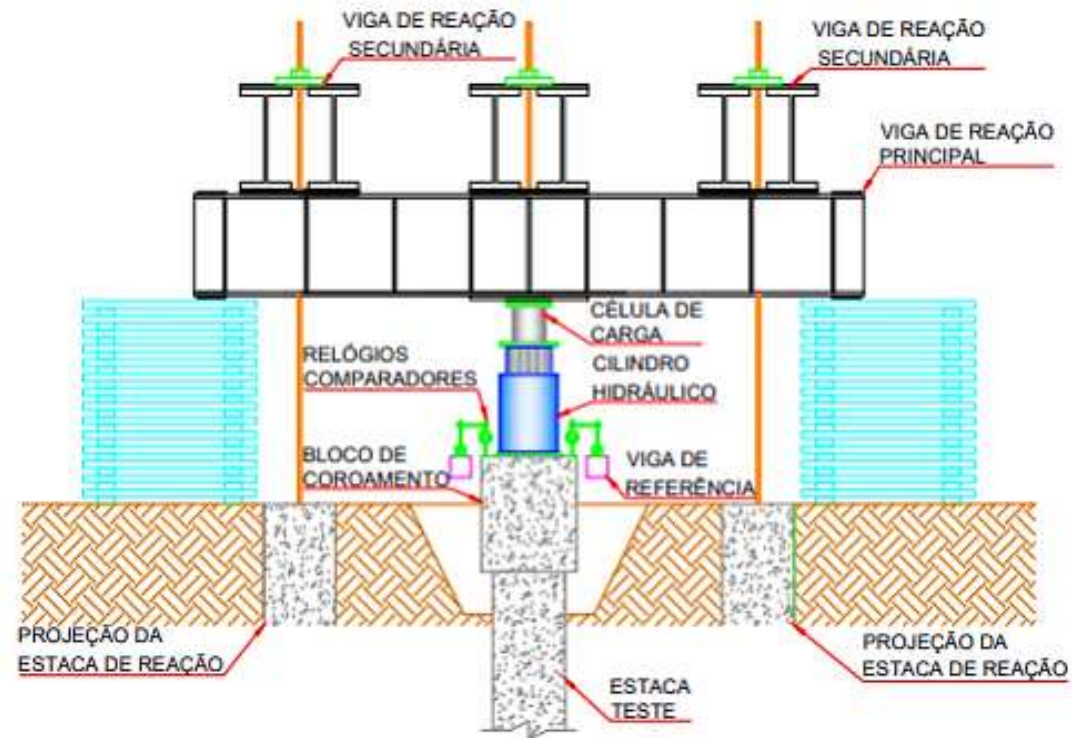
Normas vigentes:

NBR 6489 – 2019
NBR 12131 – 2020
NBR 13208 - 2007

PROVA DE CARGA NO TERRENO

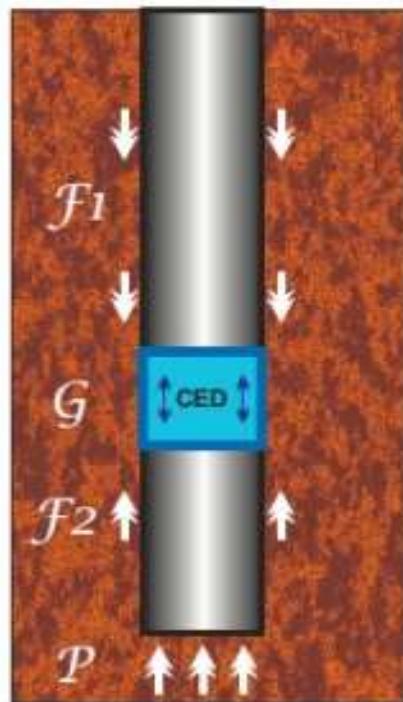


PROVA DE CARGA ESTÁTICA EM ESTACAS



Ensaio Bidirecional

Tipo 1-Normal



$$G = F_1 = (F_2 + P)$$

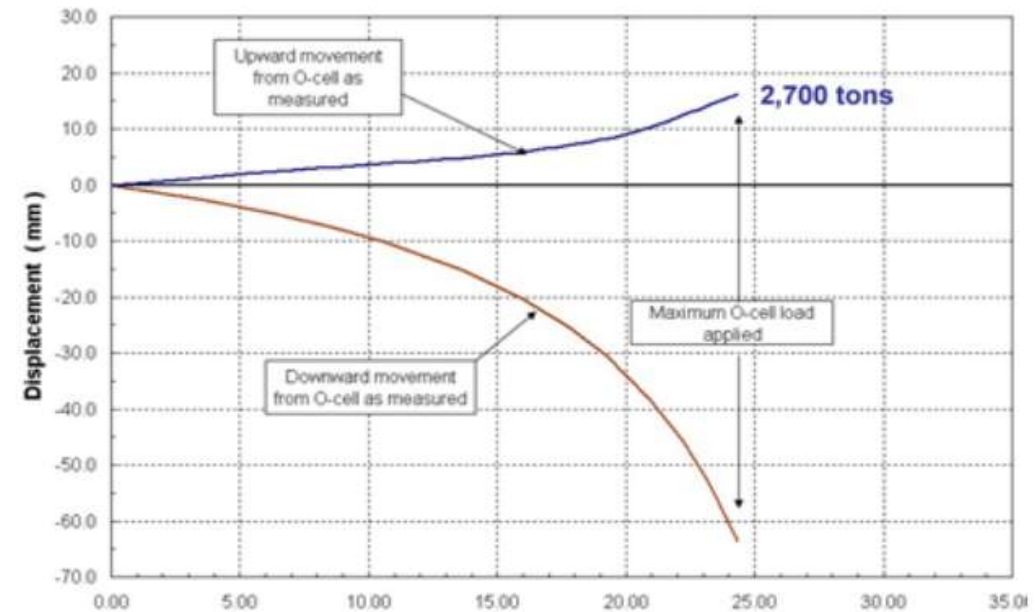
Legenda:

CED - Célula Estática Descartável

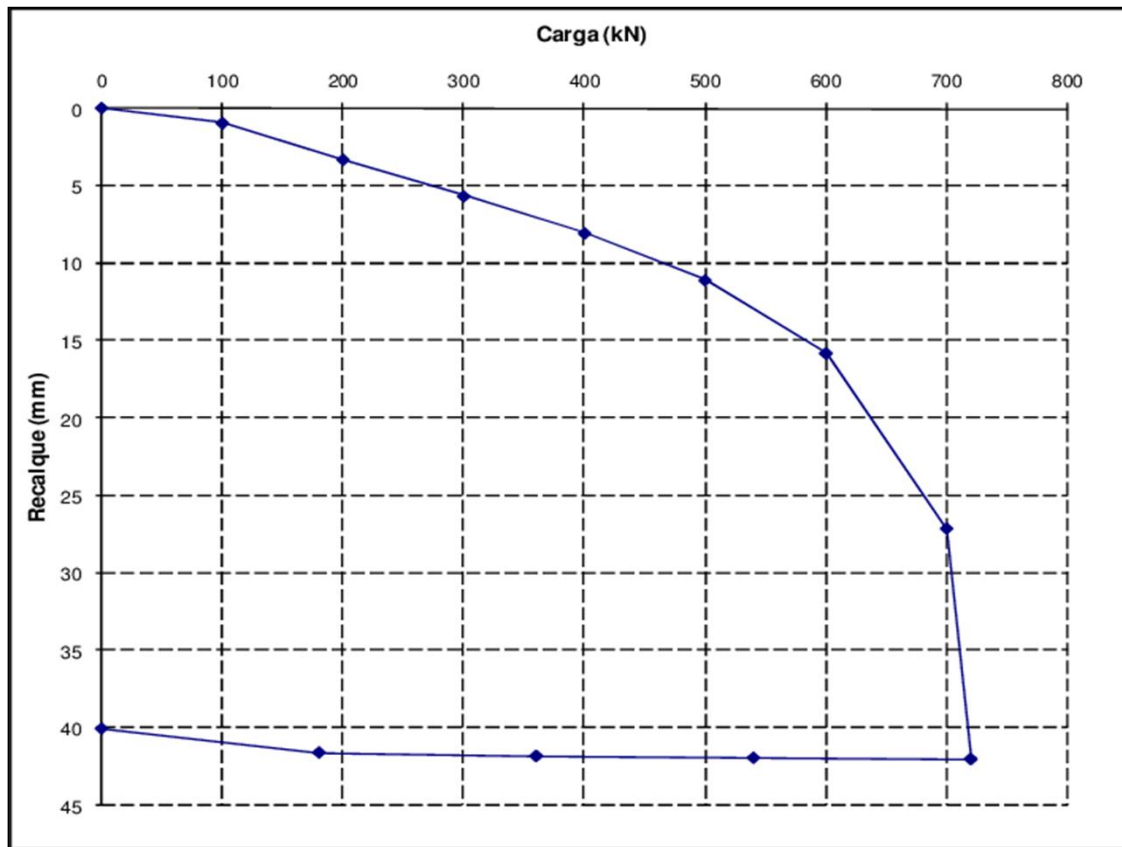
F - Atrito lateral

Q - Força de Reação da Viga

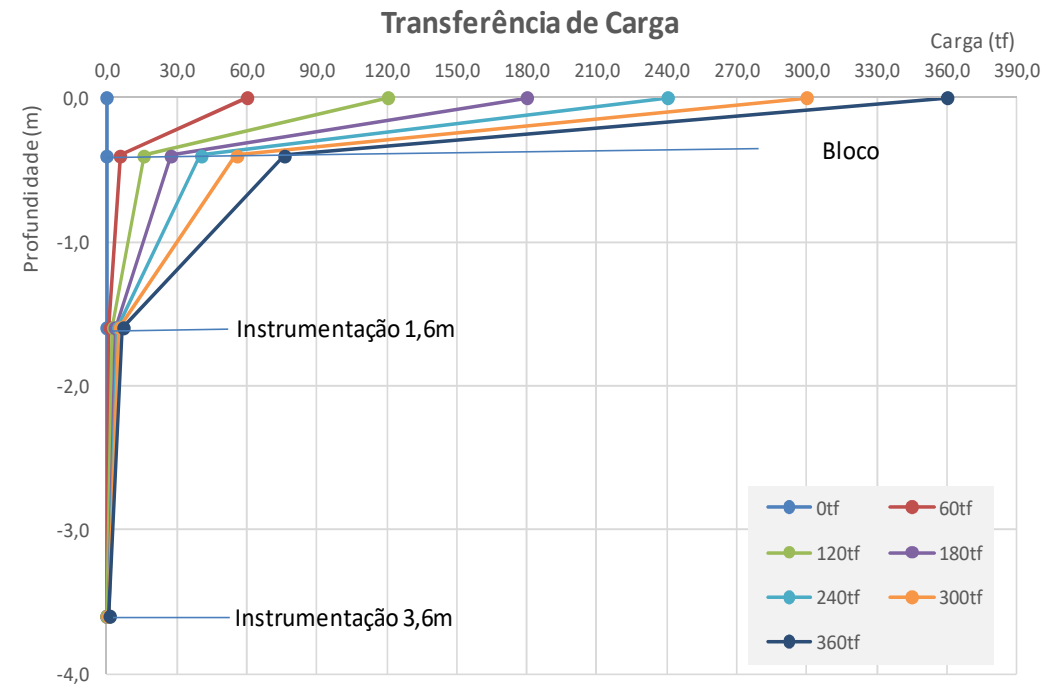
P - Resistência de Ponta



Fonte: Felipe Vianna Amaral de Souza Cruz



CURVAS DOS ENSAIOS



ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO

Elementos pré-moldados ou moldados *in loco*

Sistema de aplicação de carregamentos (bate-estacas ou dispositivos especiais)

Sensores fixados no elementos de fundação (acelerômetro e transdutor)

Teoria de propagação das ondas (Modelo de *Smith*, 1960)

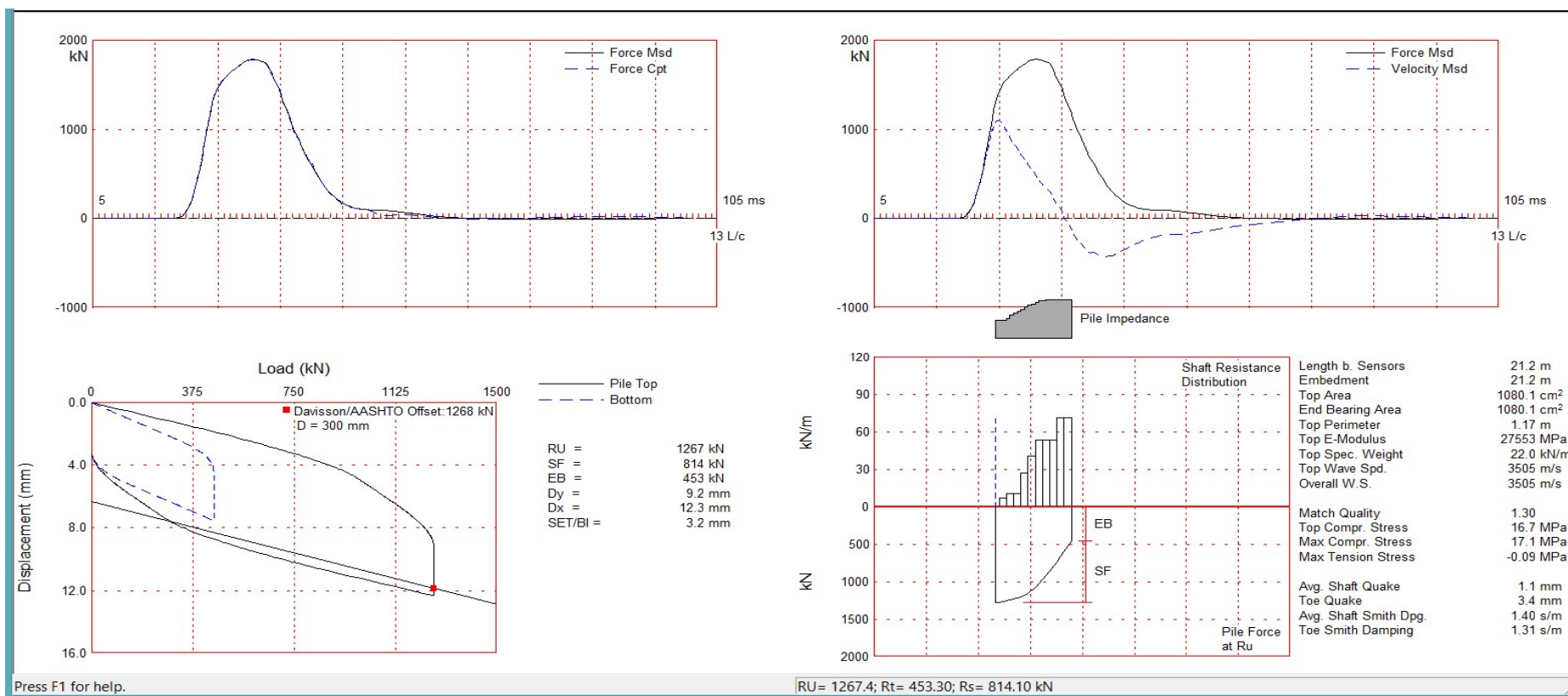
PROVA DE CARGA DINÂMICA: GOLPES COM ENERGIAS CRESCENTES

ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO



Fonte: Geomec

ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO



Fonte: Pile Dynamics Inc

ENSAIO DE CARREGAMENTO DINÂMICO

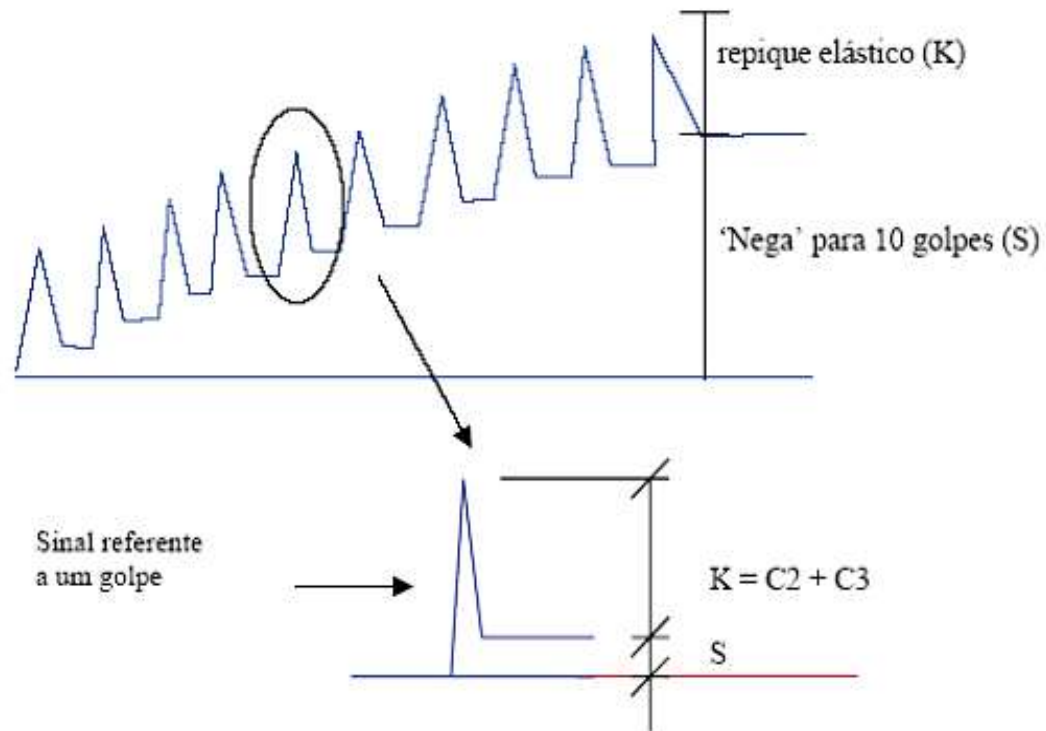


IPT, 1995

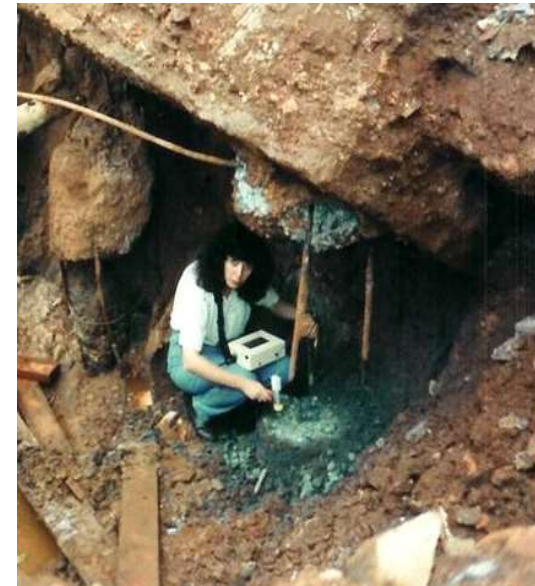


PDI

Registro de Nega e Repique

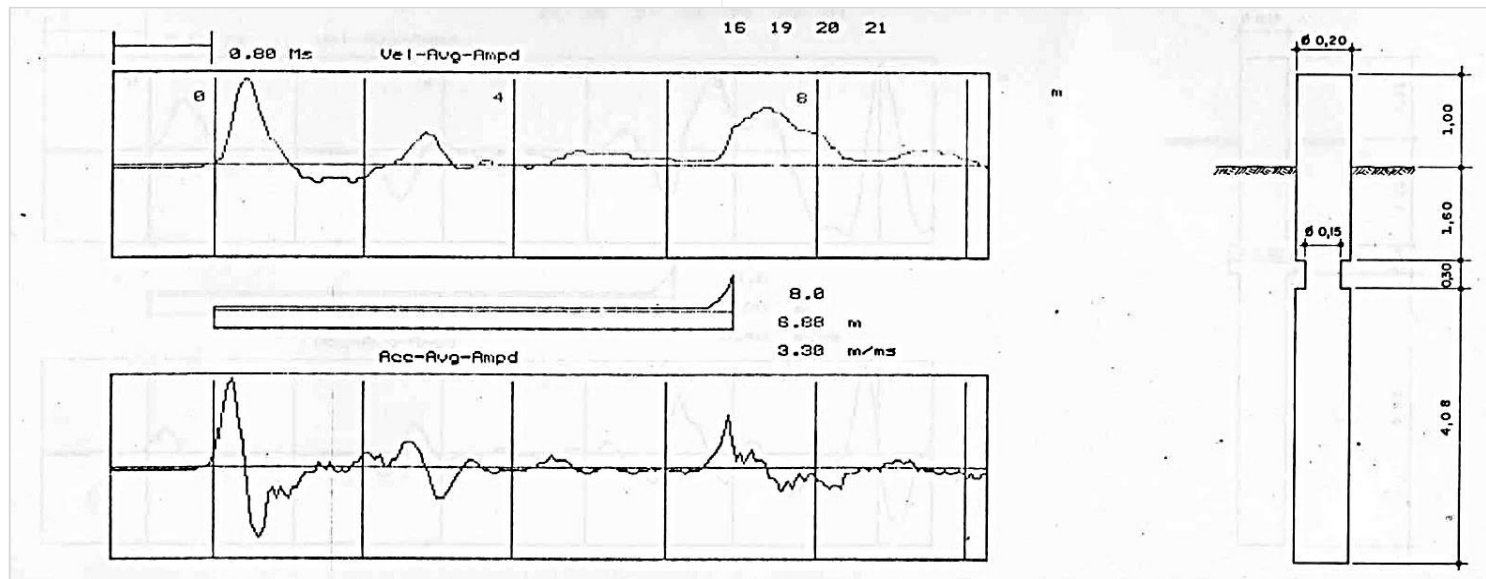


ENSAIO DE INTEGRIDADE (PIT – *Pile Integrity Test*)



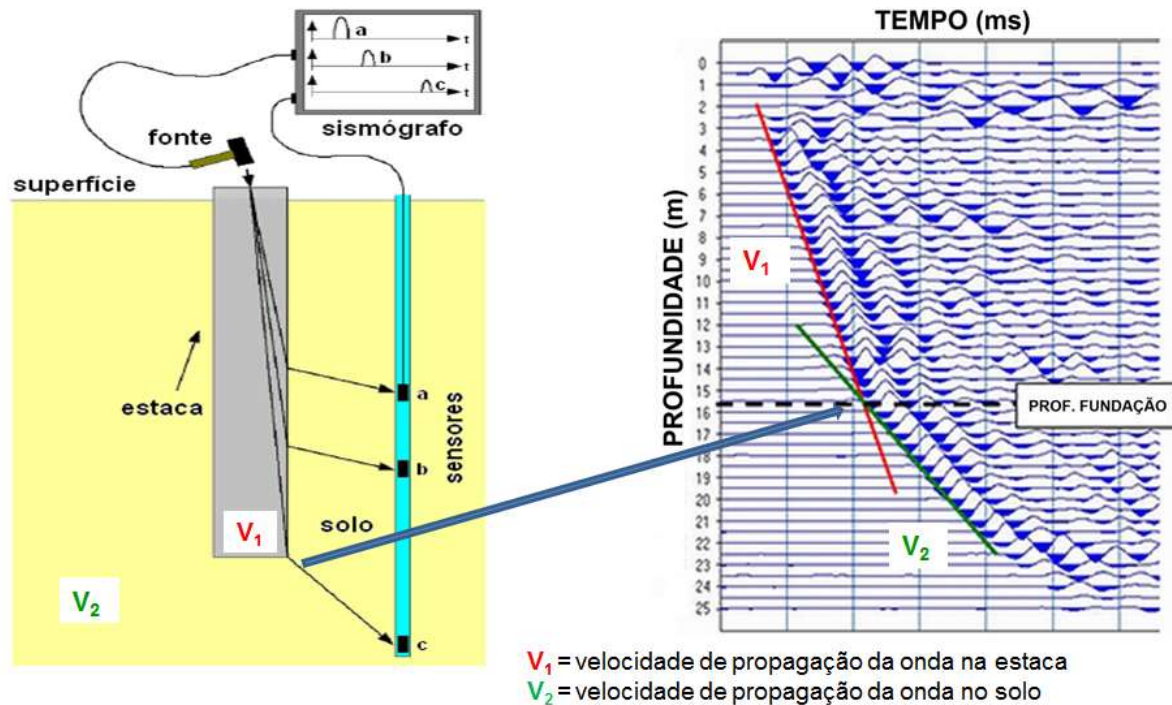
IPT, 1995

- Empregado em elementos de fundação profunda (estacas e tubulões)
- Específico para verificação da integridade do fuste (não permite avaliar a capacidade de carga do elemento de fundação!!)
- Ensaio não destrutivo e de baixo impacto



IPT, 1998

Ensaio Sísmico Paralelo

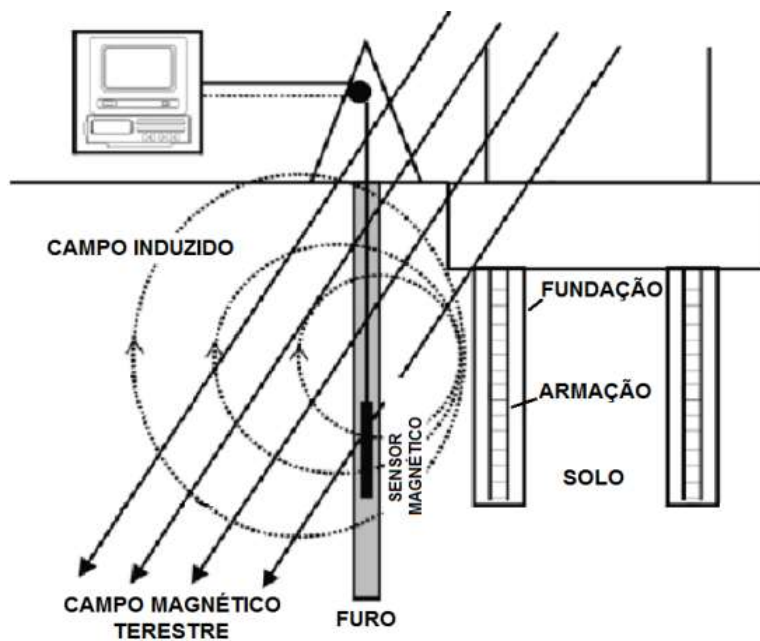


(Modificado de Niederleithinger, 2012)

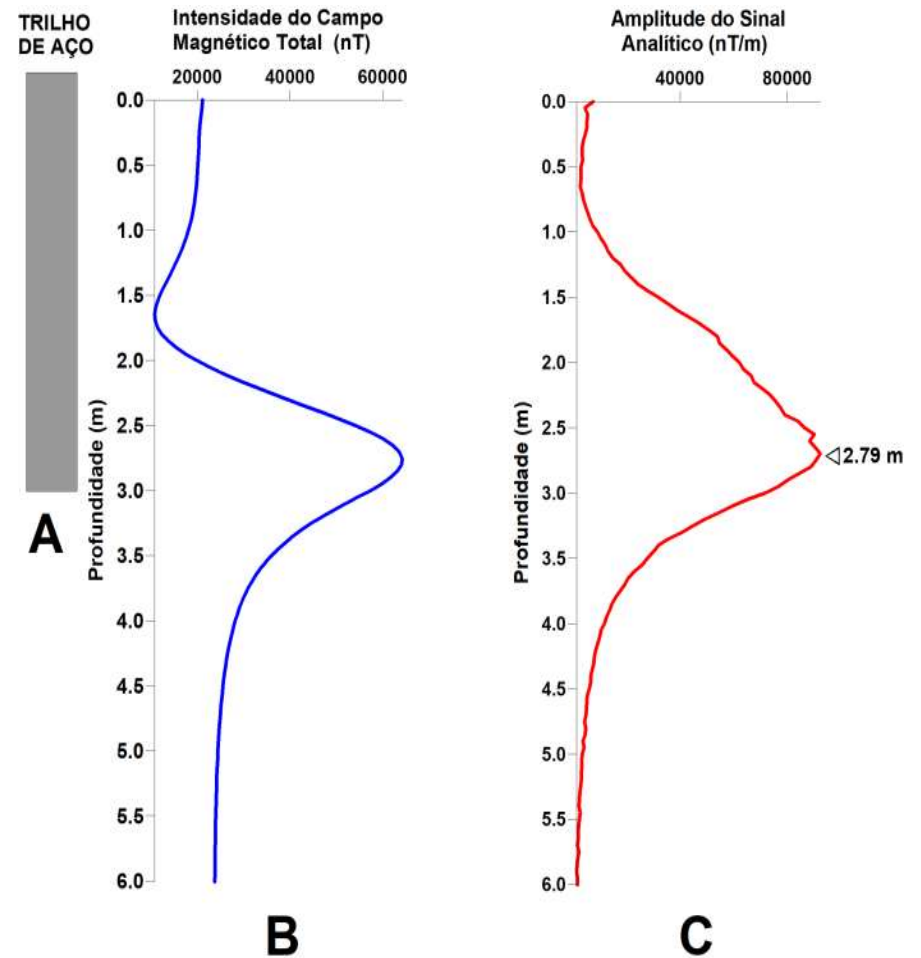


IPT, 2022

Ensaio de Perfilagem Magnética



(modificado de Jo *et al.*, 2003)



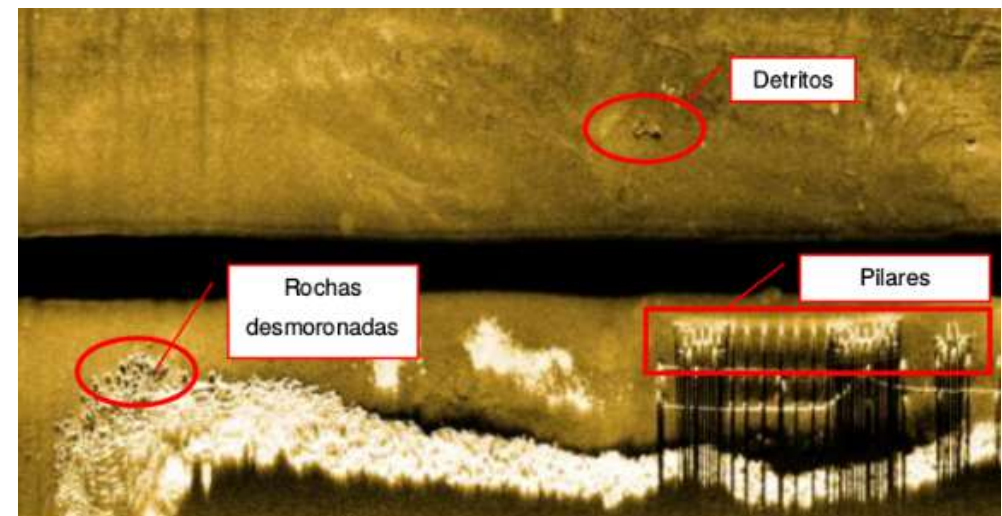
MONITORAMENTO DE RECALQUES



Inspeções Subaquáticas

- Profissionais especializados (conhecimentos de engenharia/geologia)
- Custos envolvidos
- Infraestrutura de apoio (câmeras hiperbáricas, barcos, equipe de socorro, etc.)
- Resíduos aderidos aos elementos submersos (tempo elevado para limpeza)

- Novas tecnologias (robôs, sonares)

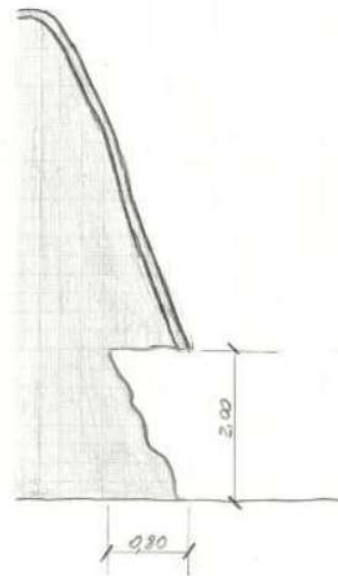


Inspeções Subaquáticas



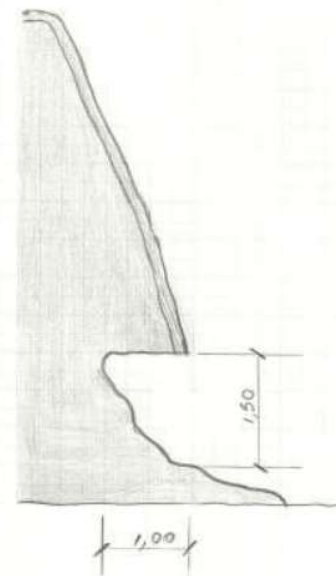
Diver Sub, 2016

1ª INSPEÇÃO - PERFIL DA ANOMALIA
 ALTURA 2,00
 PROFUNDIDADE 0,80



DESENHO EM CORTE DA SEÇÃO "C" 1ª INSPEÇÃO

2ª INSPEÇÃO - PERFIL DA ANOMALIA
 ALTURA 1,50
 PROFUNDIDADE 1,00



DESENHO EM CORTE DA SEÇÃO "C" 2ª INSPEÇÃO



Revista M&T - Ed.245 - Julho 2020

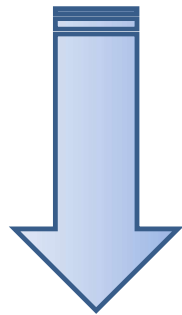
CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Exemplos de manifestações patológicas concentram-se na área de edificações
- Desenvolvimento de novas tecnologias para inspeção de fundações
- Criação de “dispositivos” para limpeza e inspeção subaquática
- Revisão e inclusão de recomendações em normas e guias técnicos (p.ex. *inspeção acreditada de projetos e obras de infraestrutura - OIAs*)



Milititsky et al., 2013

Divulgar “Casos de Insucesso”



Lições Aprendidas



IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Acervo de documentos técnicos (acesso restrito).

Jo, C.H.; Cha, Y.H.; Choi, J.H. 2003. A borehole magnetic logging tool for estimating unknown foundation depths. In: 2003 Highway Geophysics NDE Conference, Orlando, FL.

Milititsky, J.; Consoli, N.C; Schnaid, F. 2005. Patologia das Fundações. Oficina de Textos. 1ª Edição (2ª Edição – 2013).

Niederleithinger, E. 2012. Improvement and extension of the parallel seismic method for foundation depth measurement. Soils and Foundations, v.52, n.6, p.1093-1101.

Home page das empresas Geomec e PDI Engenharia.



Conaendi

2023

SÓCIOS PATROCINADORES

BRITO&KERCHE

Eddyfi
Technologies

Eletrobras
Fumas

MAGNAFLUX

METAL-CHEK

MISTRAS
SOUTH AMERICA
9001 14001 45001

POLIEND
Grupo Priner

Tenaris

vallourec

VILLARES METALS

USIMINAS U

Conaendi

2023

Obrigada!



Abendi