



Departamento de Construção Civil
Curso de Engenharia Civil



Geotecnia de Fundações TC 041

8º Semestre

Organizado por:

Profa. Caroline Tomazoni Santos

Prof. Eduardo Dell'Avanzi

Profa. Liamara Paglia Sestrem

Prof. Vítor Pereira Faro

Eng. Civil Isabel Cristina Salah, Mestranda PPGECC

Eng. Civil Isabela Grossi da Silva, Mestranda PPGECC

1



Sumário

- Esta aula aborda os temas:
 - Introdução;
 - Patologia de fundações.



2

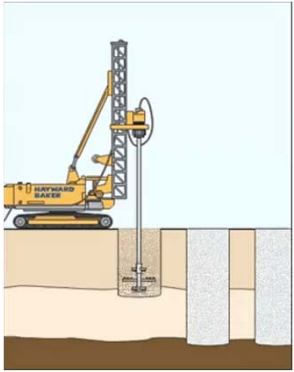


3



Estudo de fundações

- Fundação é um elemento de transição entre estrutura e solo;
- Engenharia de fundações:
 - Tipo de solo;
 - Tipo de estrutura;
 - Solicitações (cargas);
 - Tipo de fundações;
 - Projeto;
 - Execução;
 - Fiscalização;
 - Reforço.





4



Estudo de fundações

- Projeto:
 - Segurança à ruptura:
 - Solo: cargas transmitidas pelas fundações;
 - Fundações: enquanto elemento estrutural.
 - Recalques compatíveis com a super-estrutura:
 - Propriedades de deformabilidade dos solos;
 - Determinação de recalques admissíveis.



5



Normas de fundações

- **NBR 6122 (2010):** Projeto e execução de fundações;
- **NBR 12131 (2006):** Provas de cargas em estacas;
- **NBR 6489 (1984):** Prova de carga direta;
- **NBR 8036 (1983):** Sondagens de simples reconhecimento;
- **NBR 6484 (2001):** Execução de sondagens.



6



Fases de solução de problemas de fundações

a) Carregamento (níveis de cargas, tipo, atuação):

- Produto final do projeto estrutural;
- Obras convencionais:
 - $P \approx 12 \text{ kN/m}^2/\text{andar} = 1,2 \text{ t/m}^2/\text{andar}$.
- Carga por pilar:
 - $P_{\min} = 10n \text{ a } 20n \text{ (ton)}$;
 - $P_{\text{méd}} = 20n \text{ a } 40n \text{ (ton)}$;
 - $P_{\text{máx}} = 40n \text{ a } 60n \text{ (ton)}$;
 - Sendo: $n = n^\circ \text{ de andares}$;
- Aumento de cargas:
 - $P_{\text{excepcional}} = 200 \text{ ton}$;
(NBR)
 - $P_{\text{max}} = 1000 \text{ a } 3000 \text{ ton}$.



7



Fases de solução de problemas de fundações

a) Carregamento (níveis de cargas, tipo, atuação):

- Ações nas fundações:
 - Cargas Vivas:
 - Operacionais:
 - Ocupação por pessoas;
 - Passagem de veículos;
 - Operação de equipamentos móveis (guindastes; ponte rolante, etc.);
 - Armazenamento;
 - Atracação de navios, pouso de helicópteros;
 - Frenagem e aceleração de veículos (pontes, garagens, etc.).



8

Fases de solução de problemas de fundações

a) Carregamento (níveis de cargas, tipo, atuação):

- Ações nas fundações:
 - Cargas Vivas:
 - Ambientais:
 - Vento;
 - Ondas, correnteza;
 - Sismos.
 - Acidentais:
 - Solicitações especiais de construção e instalação;
 - Colisão de veículos;
 - Explosão, fogo.





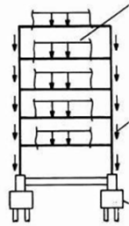
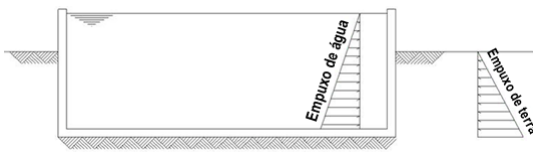


9

Fases de solução de problemas de fundações

a) Carregamento (níveis de cargas, tipo, atuação):

- Ações nas fundações:
 - Cargas Mortas ou Permanentes:
 - Peso próprio da estrutura e equipamentos permanentes;
 - Empuxo de água (subpressão);
 - Empuxo de terra.



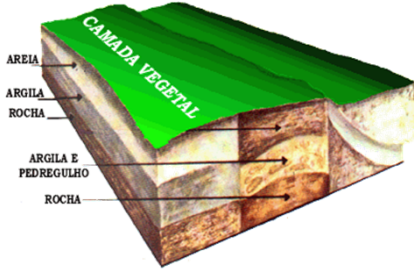
10

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Fases de solução de problemas de fundações

b) Investigação de subsolo:

- Função da complexidade e tipo de obra;
- Subdividida entre preliminar e complementar:
 - Preliminar:
 - Sondagem SPT;
 - Complementar:
 - Coleta de amostras;
 - Ensaaios de laboratório;
 - Ensaaios de campo.



GEGEO UFPR

11

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Fases de solução de problemas de fundações

c) Análise crítica:

- Busca de solução que atenda aos critérios de comportamento, custo, viabilidade e tempo.

c.1) Conhecimentos teóricos de Mecânica dos Solos:

- Propriedades dos solos;
- Teorias de capacidade de carga;
- Recalques (imediatos, adensamento).



12



Fases de solução de problemas de fundações

c) Análise crítica:

c.2) Normas e Códigos:

- Somatório de experiência e consenso de grupo de especialistas relativo a técnicas e procedimentos.

c.3) Experiência anterior:

- Acúmulo de conhecimentos: livros, congressos, experiência profissional (?).

c.4) Regras empíricas:

- Adoção de critérios e correlações sem fundamentação teórica: SPT.



13



Fases de solução de problemas de fundações

c) Análise crítica:

c.5) Fatores econômicos;

c.6) Equipamento disponível:

- Equipamentos especiais (tubulões a ar comprimido, estacas escavadas de grande diâmetro, pré-moldados);
- Acesso ao local, custos, disponibilidade.



14



Fases de solução de problemas de fundações

c) **Análise crítica:**

c.7) Prática regional:

- Adoção de soluções consagradas.

c.8) Fundações de edificações vizinhas:

- Tipos de estrutura e fundações;
- Existência de subsolo;
- Possíveis consequências decorrente de escavações;
- Problemas de vibrações ocasionados pela nova obra.



15



Fases de solução de problemas de fundações

d) **Solução do projeto:**

Da análise crítica (*Engineering Judgment*) à solução do problema;

d.1) Escolha do tipo de fundação:

- Fundação direta x fundação profunda (tipo).

d.2) Dimensionamento:

- Projeto propriamente dito: Capacidade de carga e recalque.

d.3) Especificações construtivas:

- Indicações relativas às condições de execução.



16



Fases de solução de problemas de fundações

e) Execução:

e.1) Fiscalização da execução:

- Liberação das fases de projeto e execução, registro em livro de ocorrências.

e.2) Realização de ensaios:

- Materiais componentes – concreto;
- Provas de carga;
- Ensaios especiais (integridade, rotativa, etc).

e.3) Controle de comportamento:

- Controle de recalques.



17



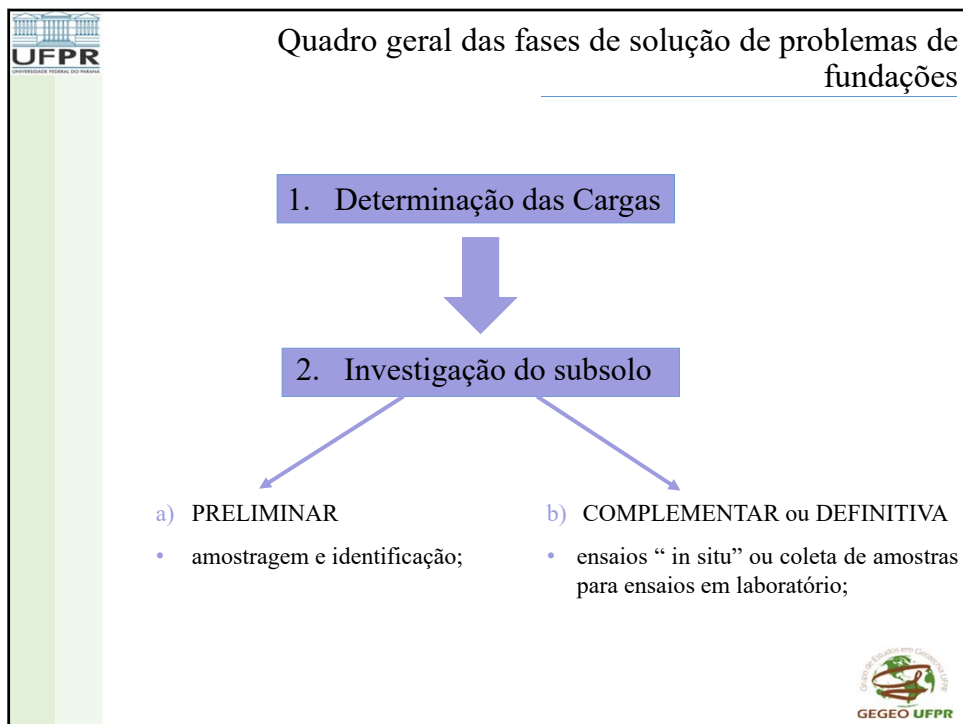
Fases de solução de problemas de fundações

f) Reforço de fundação:

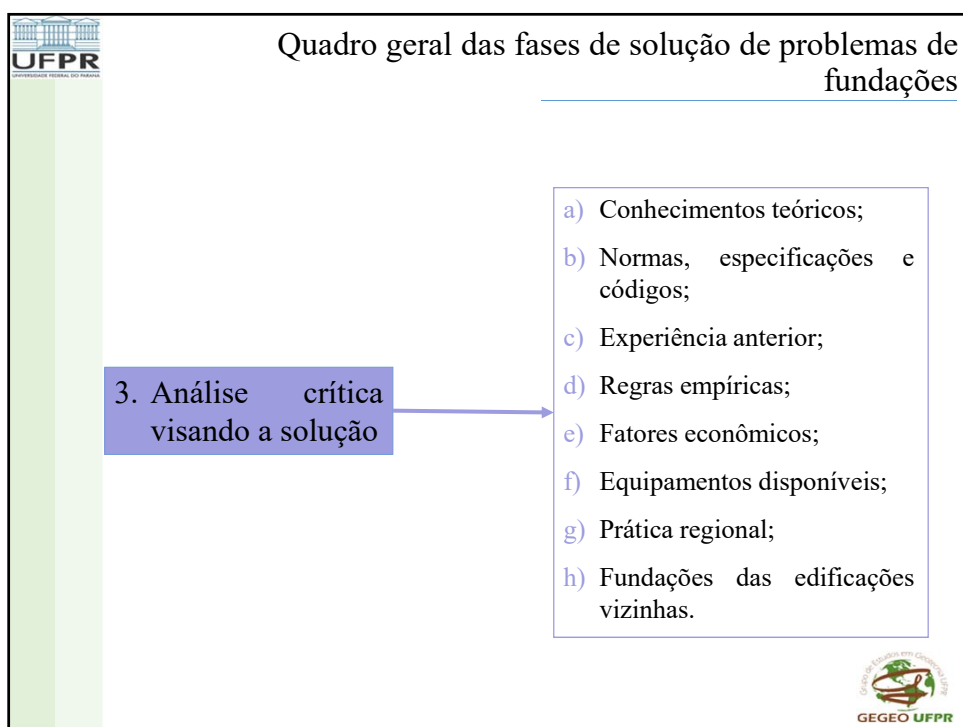
- Solução inconveniente;
- Alteração das cargas de projeto;
- Problemas executivos.



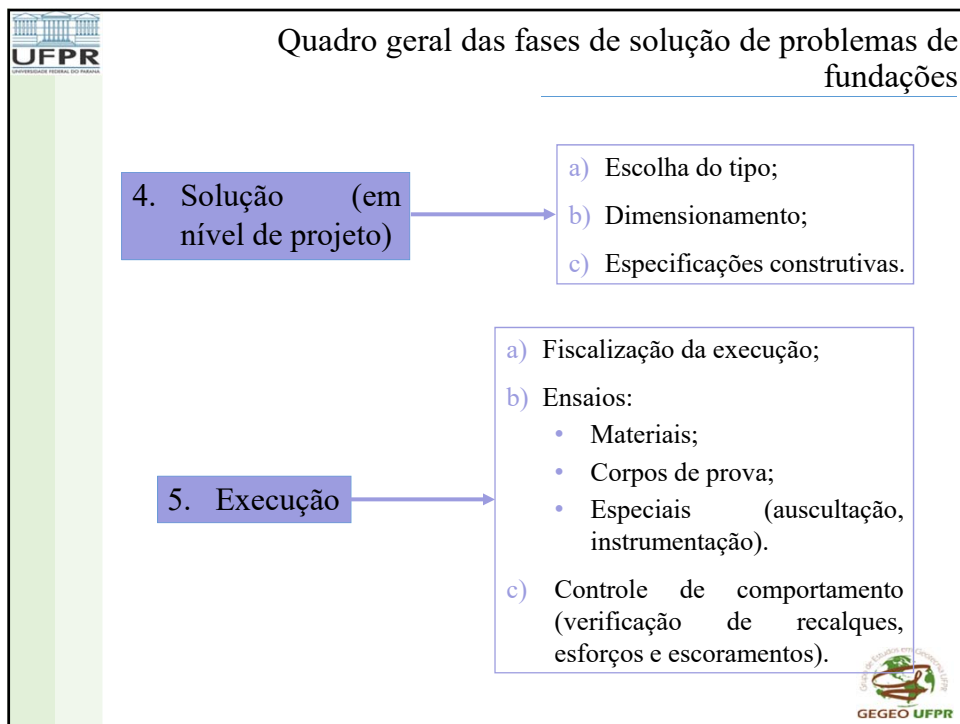
18



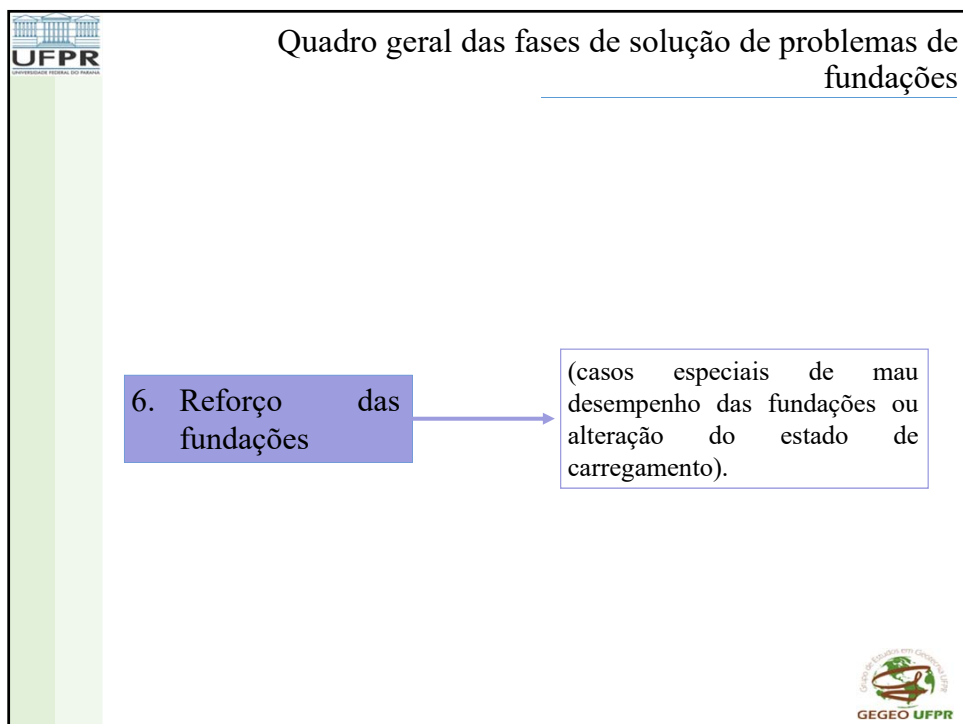
19



20



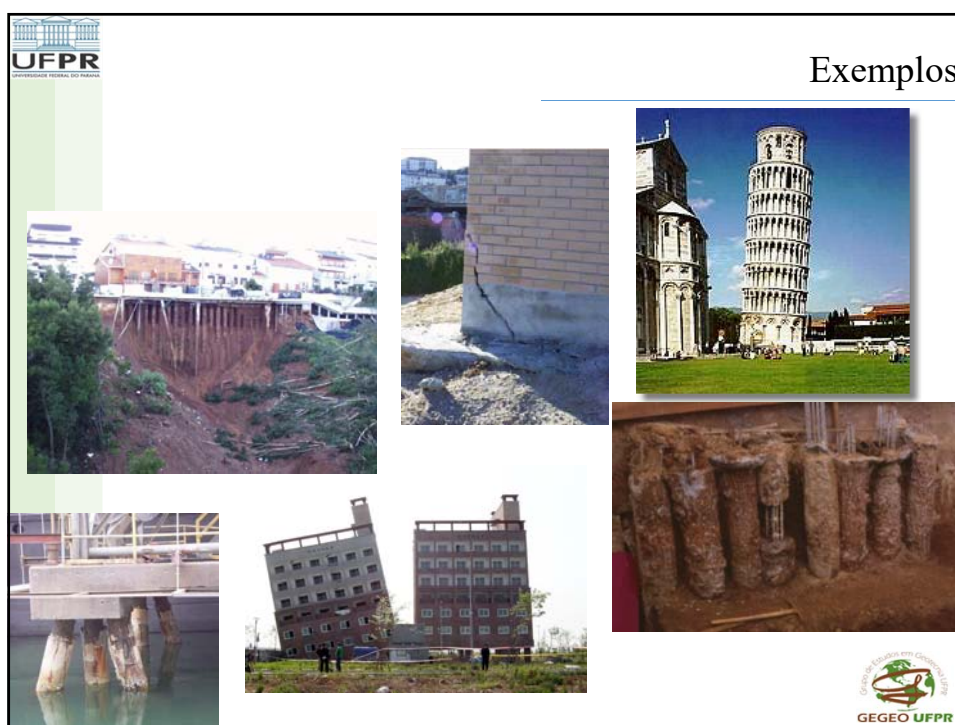
21



22



23



24

Conceitos básicos

- Identificação dos movimentos das fundações;
- Recalques admissíveis;
- Efeitos da movimentação das fundações;

ρ = recalque ϕ = rotação α = deformação angular δ = Recalque diferencial

GEGEO UFPR

25

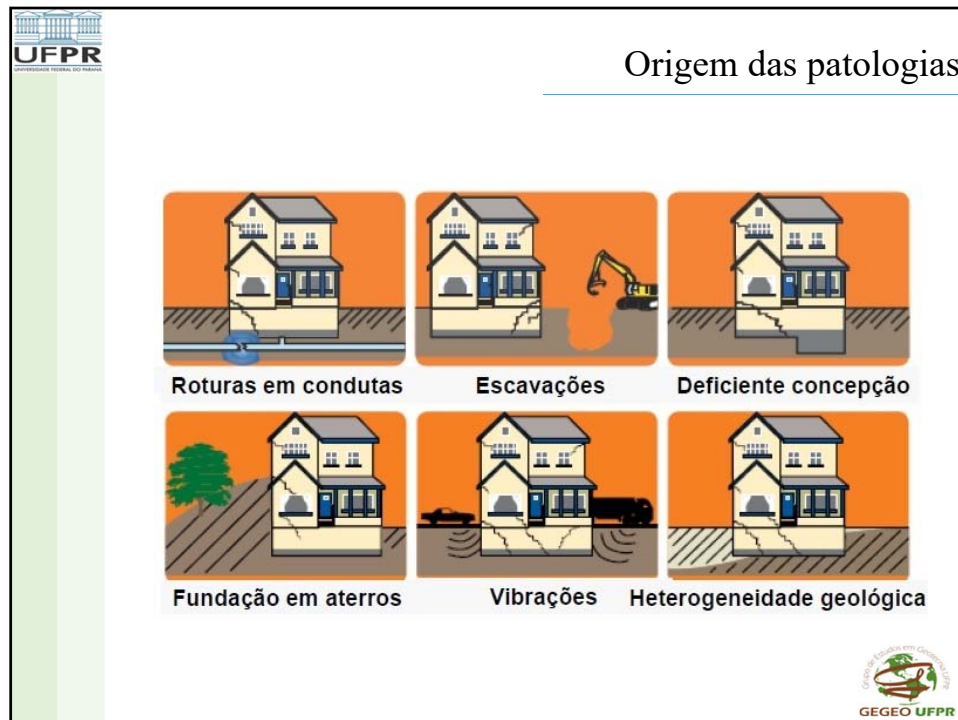
Conceitos básicos

Δ = Deflexão relativa

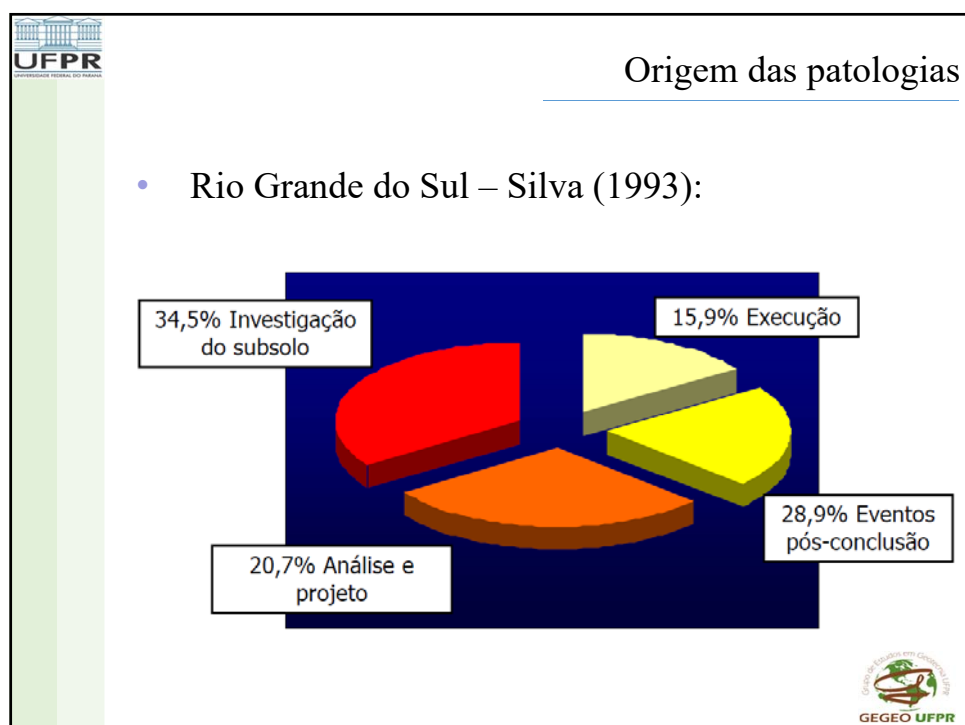
β = Distorção angular ou rotação relativa ω = Desaprumo

GEGEO UFPR

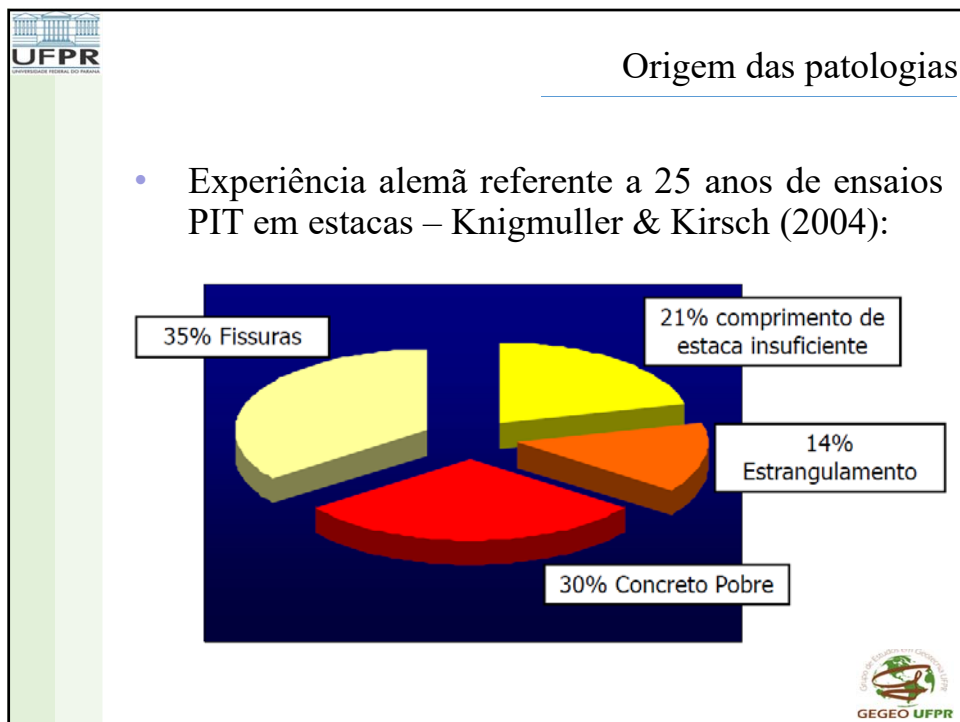
26



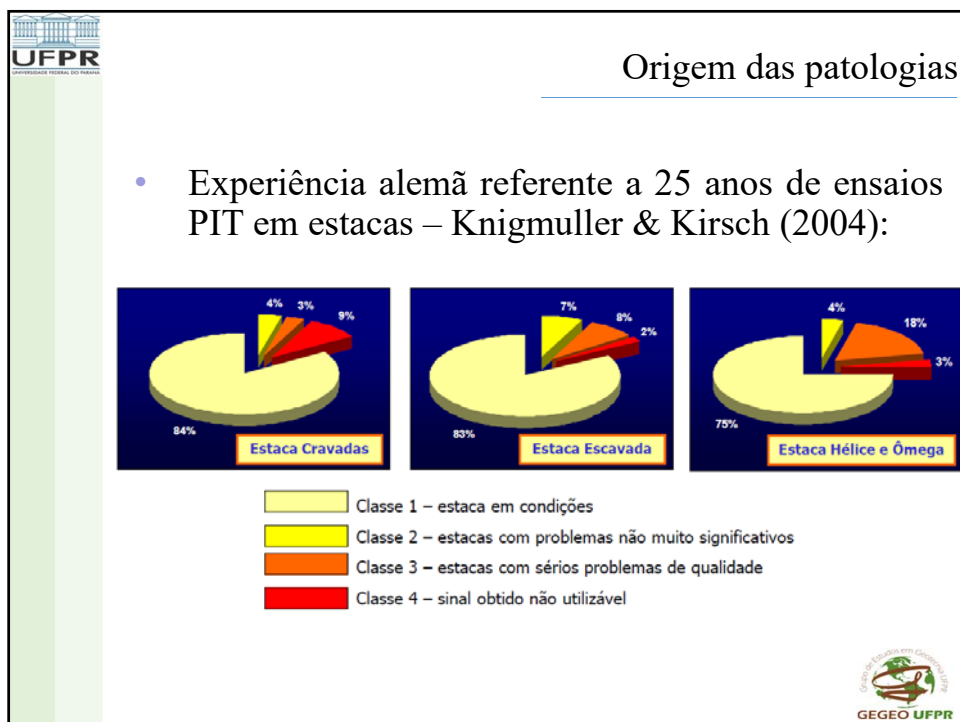
27



28



29



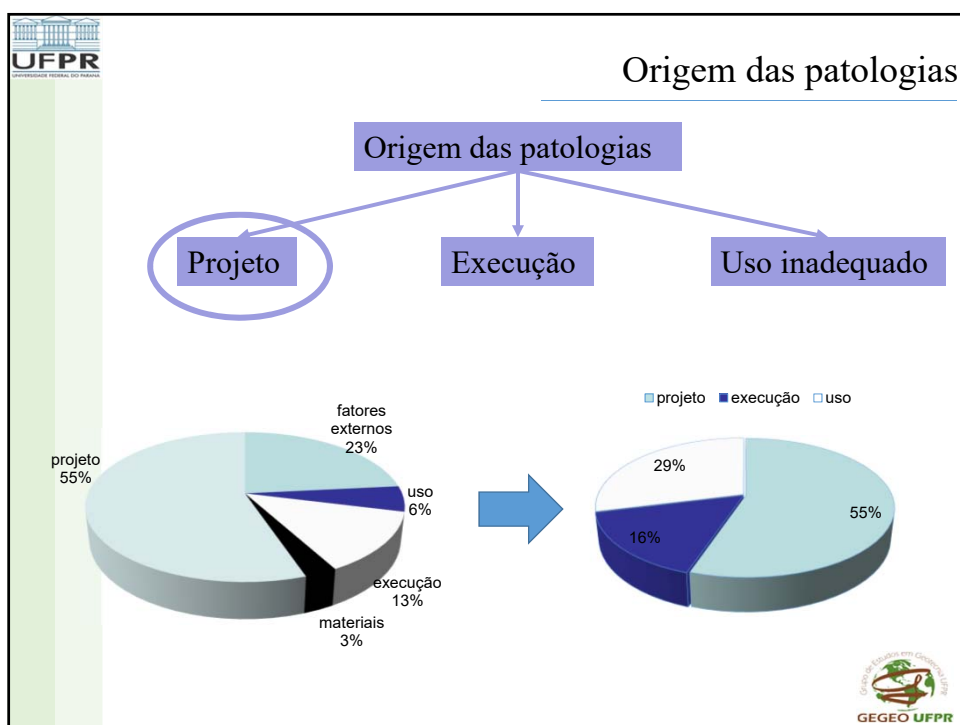
30

Origem das patologias

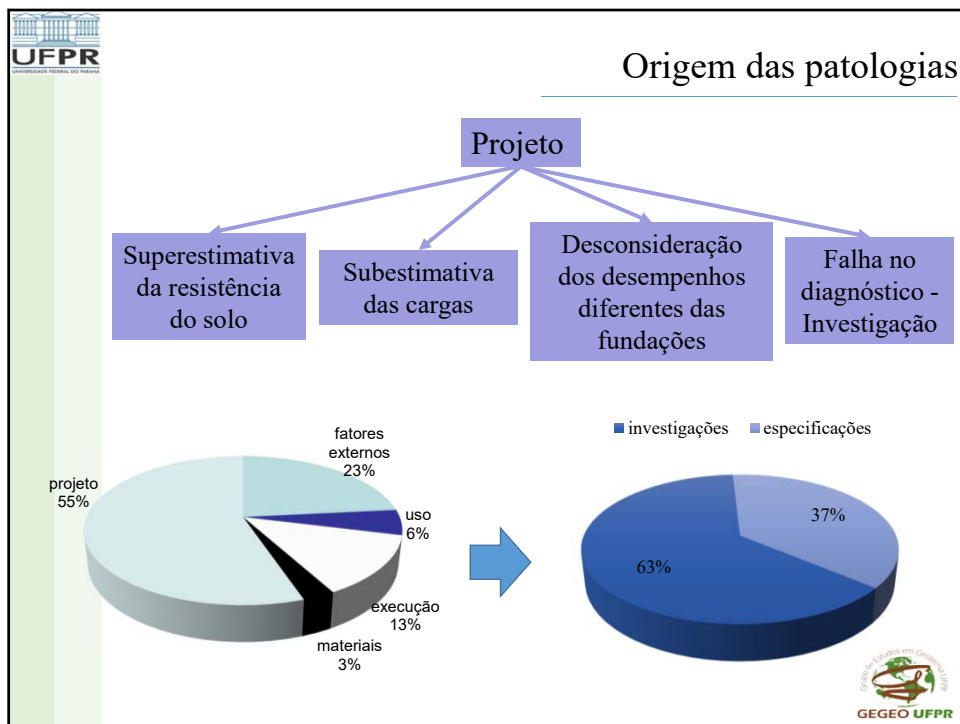
- No Brasil:
 - São frequentes patologias em obras de grande porte;
 - Não há mecanismos de registro;
 - Somente casos catastróficos são registrados;
 - O número de patologias vem crescendo ao longo dos últimos anos.



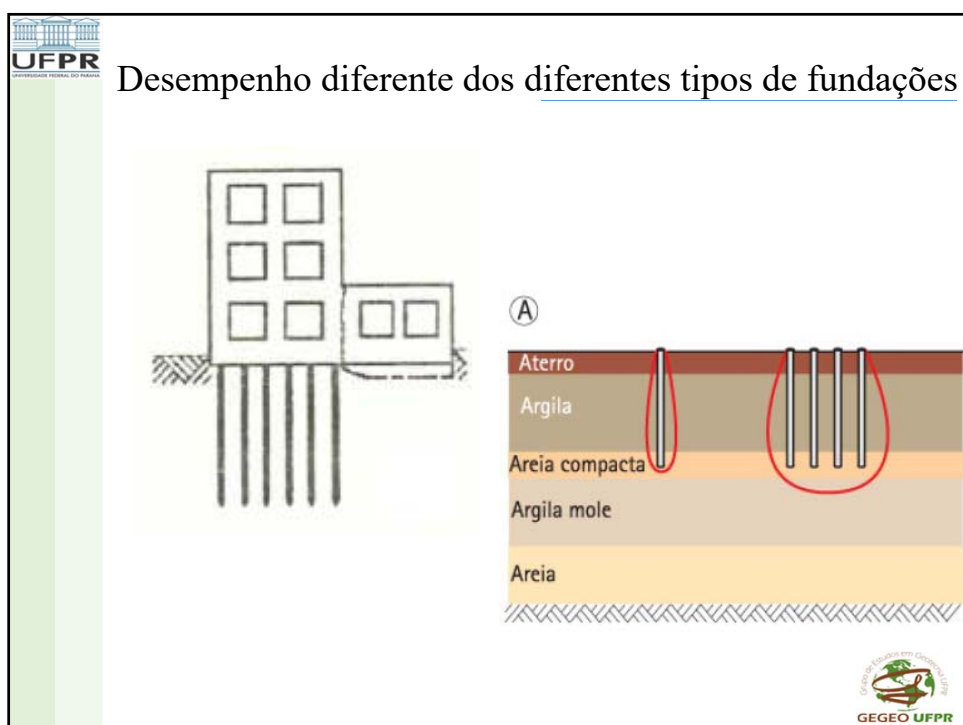

31



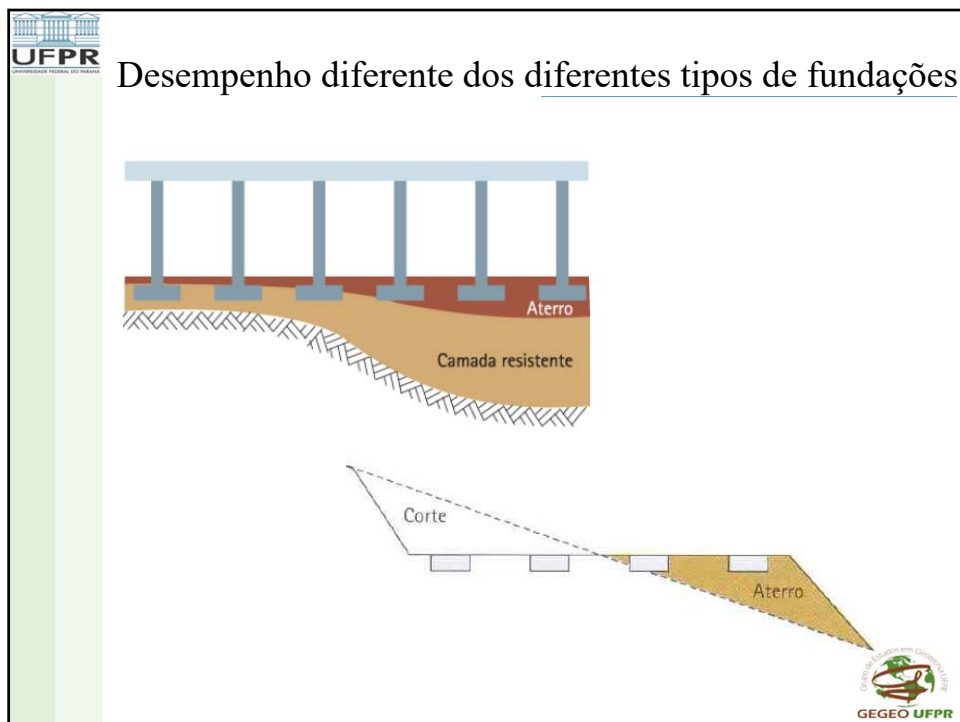
32



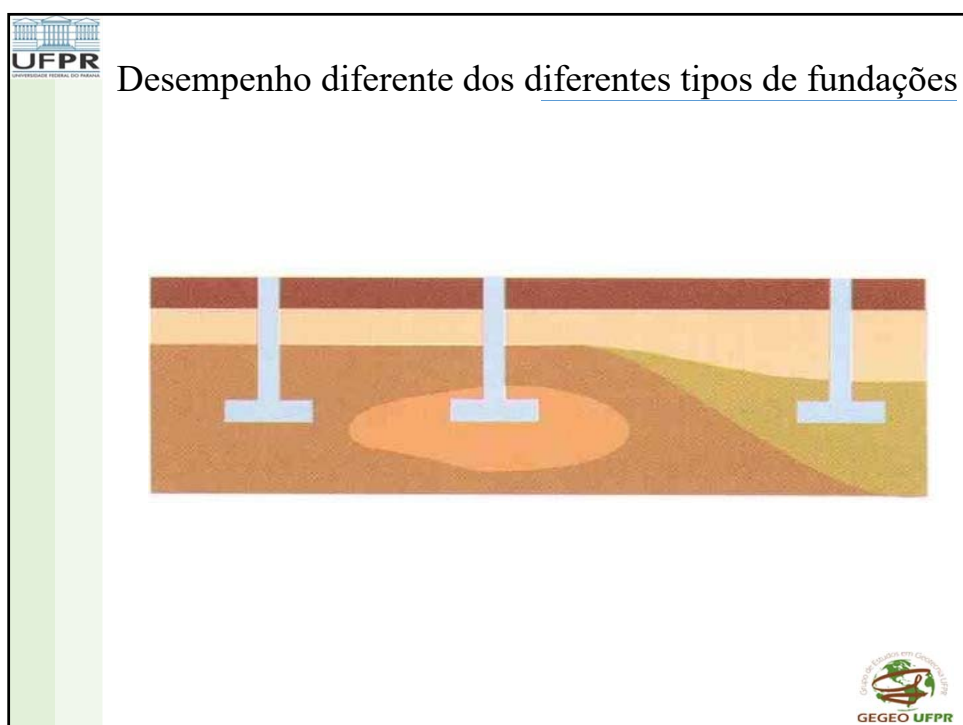
33



34



35



36

UFPR

Superestimativa da resistência do solo

- Ensaios insuficientes;
- Ensaios mal interpretados;
- Falha na investigação;
- Ruptura ou deformações excessivas...

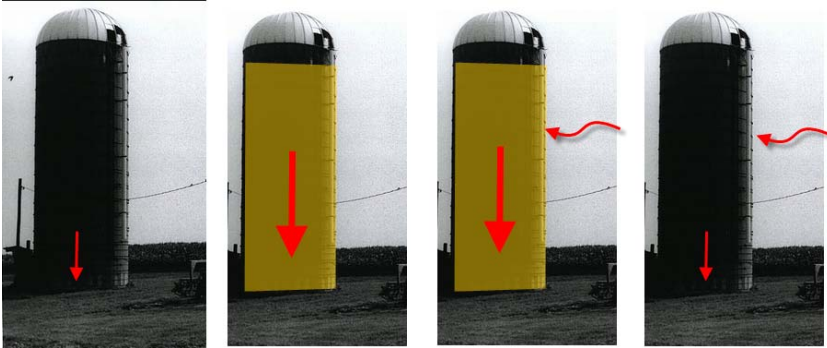
GEGEO UFPR

37

UFPR

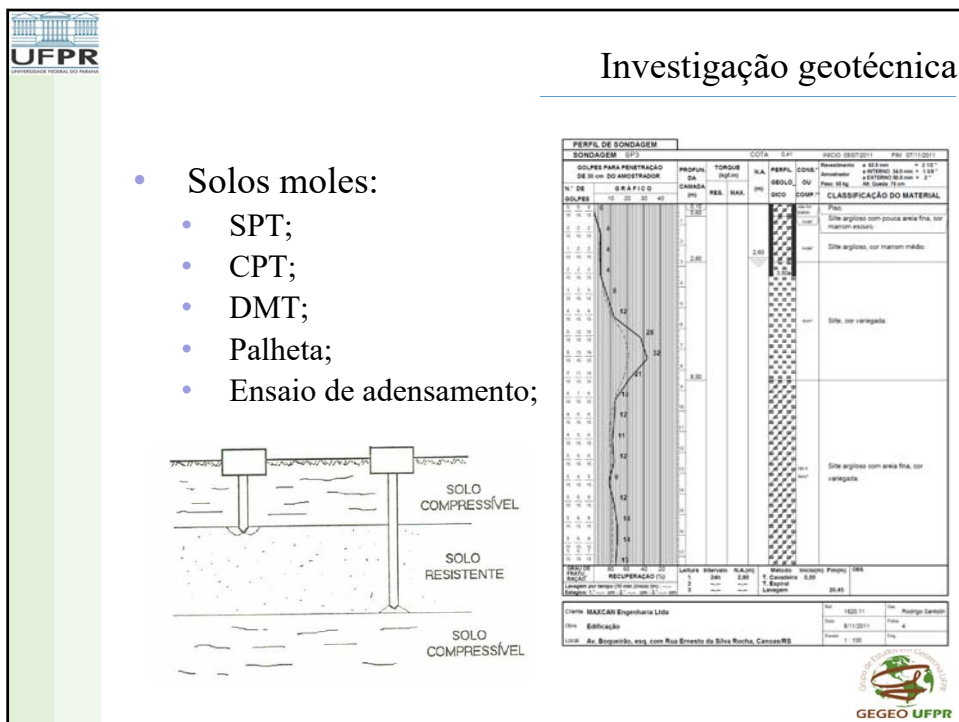
Sub estimativa das cargas

- Falta de combinação das cargas;
- Falta de informação das cargas;
- Mudanças de cargas.

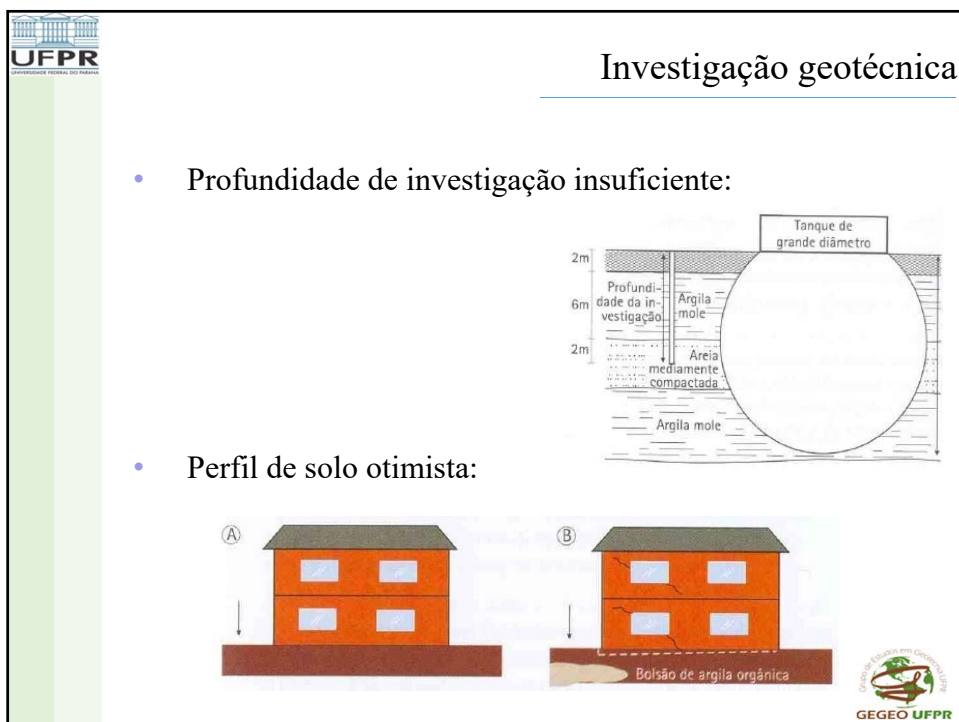


GEGEO UFPR

38



39



40

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Investigação geotécnica



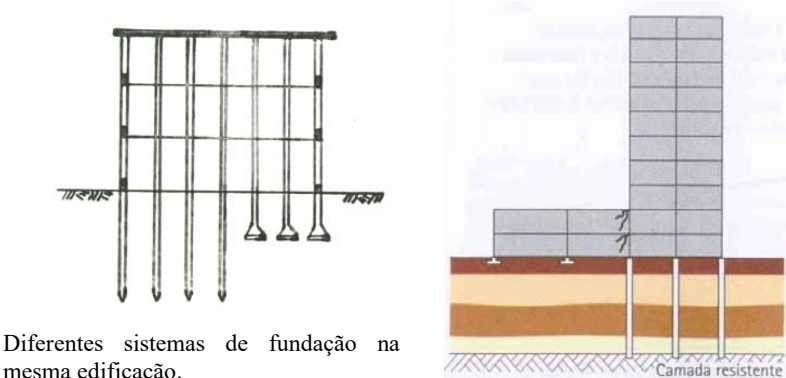
GEGEO UFPR

41

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Projeto de fundações

- Incompatibilidade de soluções de fundações:



Diferentes sistemas de fundação na mesma edificação.

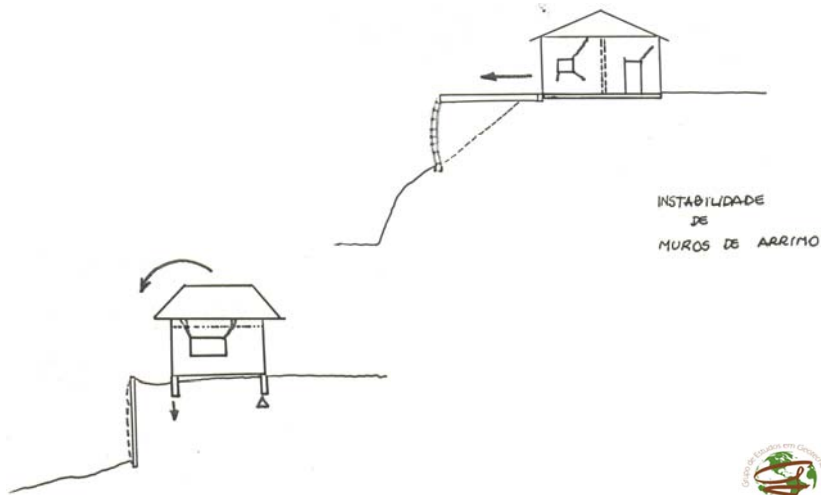
GEGEO UFPR

42

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Projeto de fundações

- Instabilidade de muros de arrimo:



INSTABILIDADE DE MUROS DE ARRIMO

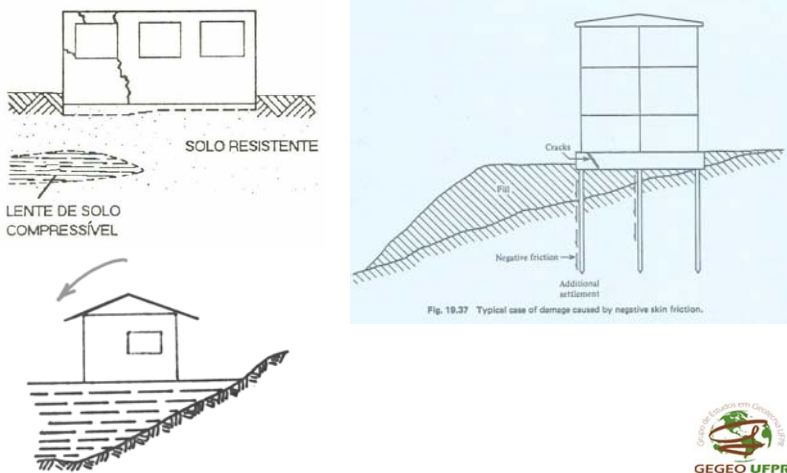
GEGEO UFPR

43

UFPR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

Projeto de fundações

- Consolidação distinta do aterro carregado:



SOLO RESISTENTE

LENTE DE SOLO COMPRESSÍVEL

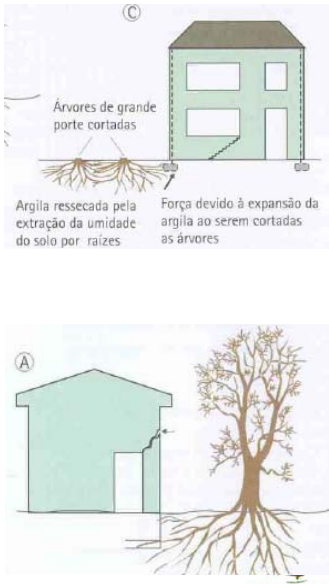
Fig. 19.37 Typical case of damage caused by negative skin friction.

GEGEO UFPR

44

Projeto de fundações

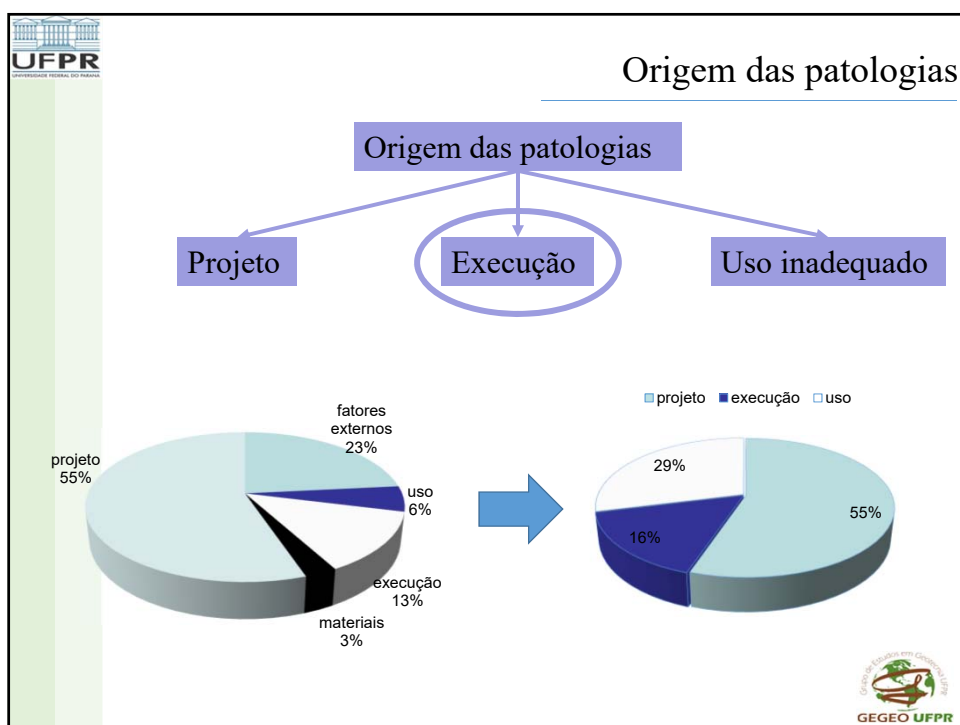
- Influência da vegetação:
 - As raízes modificam o teor de umidade do solo (argila);
 - Expansão do subsolo pelo corte de árvore e saturação do solo;



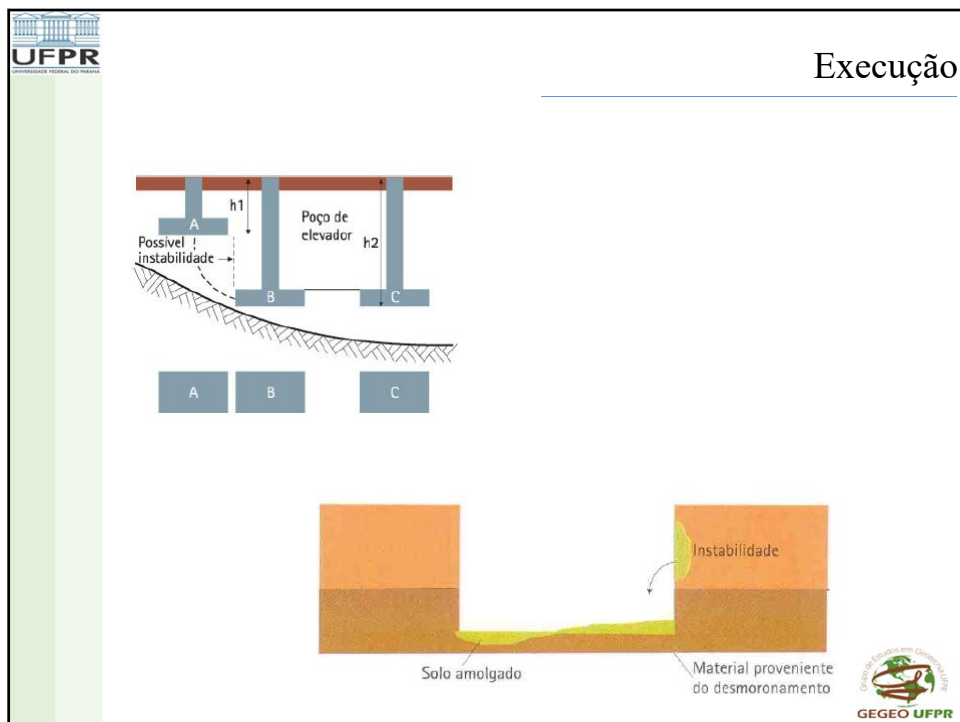
UFPR

GEGEO UFPR

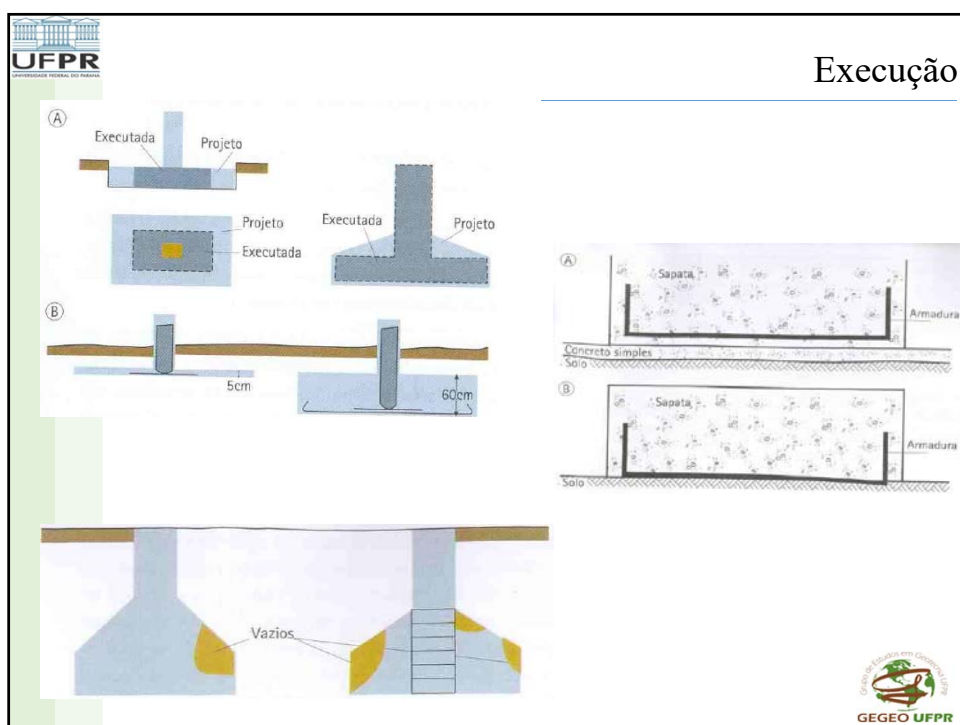
45



46



47



48

Execução

- Problemas executivos em estacas:

Diagram illustrating problems in concrete pile execution:

- Bloco
- Concreto contaminado
- Concreto com qualidade adequada
- Estaca moldada in situ
- Serragem e outros detritos
- Falha de concretagem

Photographs showing pile construction issues:

- Photograph of a pile with rebar.
- Photograph of a pile with debris.

Logo: GEGEO UFPR

49

Execução

- Problemas executivos em estacas metálicas:

Diagram illustrating problems in metal pile execution:

- Matacão
- Horizonte de rocha ímpar
- Carga
- Estaca esbelta
- Argila muito mole
- Rocha

Photograph showing pile construction issues:

- Photograph of a pile with debris.

Logo: GEGEO UFPR

50

Execução

- Problemas executivos em pré-moldadas:
 - Danos de cravação;
 - Baixa resistência do concreto;
 - Problemas durante o ensaio;



GEGEO UFPR

51

Execução

- Martelo excêntrico:



GEGEO UFPR

52

Execução

- Problemas executivos em estacas escavadas:

Diagramas ilustrando problemas executivos em estacas escavadas:

- Estrangulamento (necking) na base da estaca.
- Cavidade preenchida com água vs. Cavidade preenchida com ar.
- Altura de concreto vs. Desmoronamento (excessiva rapidez na retirada do revestimento).
- Revestimento sendo retirado, causando diâmetro reduzido devido à pouca pressão do concreto fresco.

Logotipo: GEGEO UFPR

53

Execução

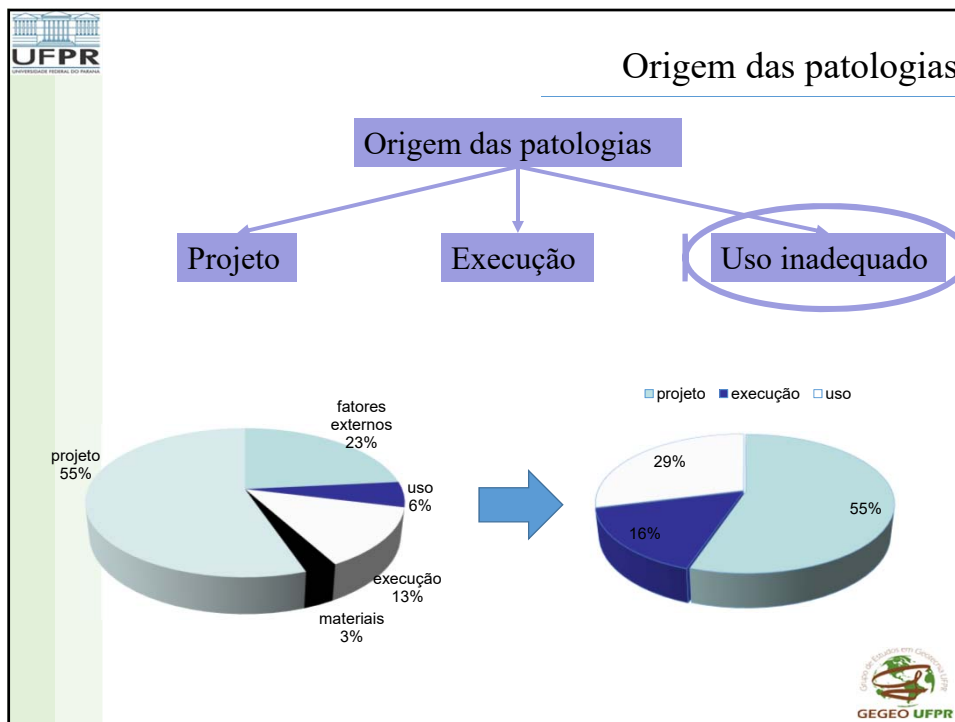
- Problemas em estaca hélice contínua:

Fotografias ilustrando problemas em estaca hélice contínua:

- Excesso de concreto na base da estaca.

Logotipo: GEGEO UFPR

54



55

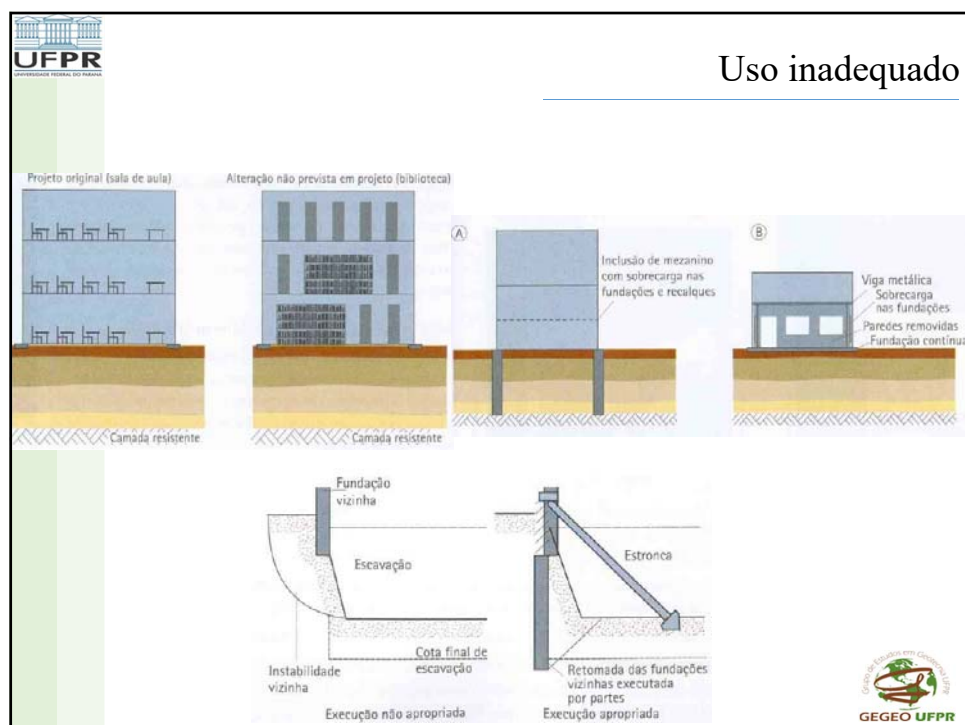
UFPR

Uso inadequado

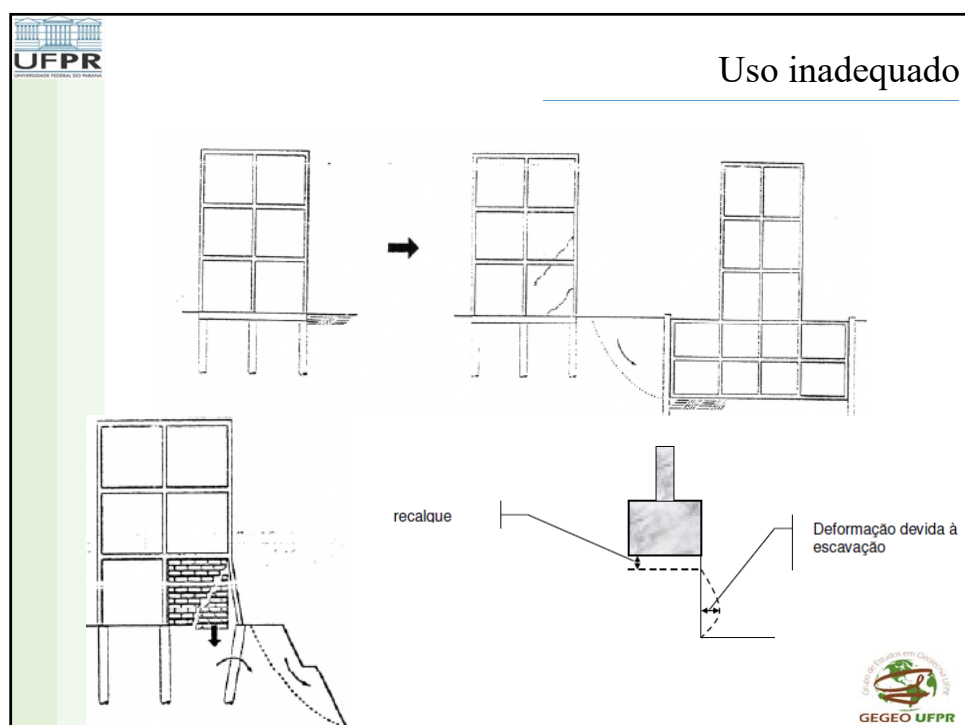
- Eventos pós-conclusão da fundação:
 - Carregamento próprio da superestrutura:
 - Alteração no uso da edificação (elevação ou alteração de cargas);
 - Ampliações e modificações não previstas no projeto.
 - Movimento da massa de solo:
 - Alteração de uso de terrenos vizinhos (nova construção ou estocagem de materiais pesados próximo a divisa);
 - Execução de grandes escavações e contenções próximo a construção;
 - Escavações não protegidas junto a divisa ou escavações internas a obra (fundações superficiais);
 - Instabilidade de taludes (localizada ou instabilidade geral do talude);
 - Rompimento de canalizações enterradas (ex. aterros mal compactados);
 - Oscilações não previstas de nível de água.

GEGEO UFPR

56



57



58