

Seminário

# **“Práticas e intervenções a evitar em Engenharia Civil e Geologia de Engenharia”**

## **Projeto de Estabilidade Recomendações e práticas a evitar**

**José Carlos Oliveira**

**Laboratório Regional de Engenharia Civil**

- **Contexto**

A construção de edifícios envolve a prévia elaboração dos diversos projetos de especialidades, entre eles o de estabilidade, onde o projetista cria uma estrutura com características resistentes, em conformidade com o projeto de arquitetura e respeitando os regulamentos e normas em vigor.

Para além disso, o projetista procura ainda dotar essa estrutura resistente de características de durabilidade, tendo em conta a vida útil dos materiais, a exposição ambiental, a utilização, etc.

*“As obras não são construídas para resistirem. Elas são feitas para outros propósitos ou funções que envolvem, como resultado essencial, que o edifício mantém a sua forma e as suas características ao longo do tempo. A resistência é um pré-requisito, mas não é nem a única finalidade, nem muitas vezes o fator mais importante.” (Eduardo Torroja)*

Causa	Percentagem
Projeto	42,00%
Execução	28,40%
Materiais	14,50%
Uso	9,50%
Vários	5,60%

\*Causas de anomalias – valores médios europeus (Henriques, 2001)

Causa	Percentagem
Pormenorização deficiente	59%
Conceção geral	18%
Erros de cálculo	13%
Materiais inadequados	10%

\*Causas de anomalias de projeto – (Bureau Securitas, 1979)

Tipo de anomalia	Causas associadas
Corrosão das armaduras dos elementos de betão armado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recobrimento das armaduras insuficiente;</li> <li>- Omissão no projeto das condições de exposição ambiental e medidas particulares de proteção, assim como a composição do betão.</li> </ul>
Fendilhação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assentamento das fundações devido a insuficiente informação geotécnica e/ou de utilização do edifício;</li> <li>- Má conceção face às principais ações;</li> <li>- Quantificação inadequada das ações;</li> <li>- Modelos incorretos de análise ou dimensionamento;</li> <li>- Fendilhação nas fachadas devida ao deficiente tratamento das pontes térmicas.</li> </ul>
Deformações excessivas dos elementos estruturais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assentamento das fundações devido a insuficiente informação geotécnica e/ou de utilização do edifício;</li> <li>- Má conceção face às principais ações;</li> <li>- Quantificação inadequada das ações;</li> <li>- Modelos incorretos de análise ou dimensionamento.</li> </ul>

\*Resumo das anomalias e causas associadas encontradas em edifícios de betão armado (Cóias e Silva e Soares 2003)

Tipo de anomalia	Causas associadas
Condensação	- Má conceção, originando deficiente ventilação das habitações e variações térmicas significativas.
Infiltrações de humidade	- Deficiente pormenorização das ligações e remates das telas de impermeabilização; - Má conceção (pendentes insuficientes, pormenores construtivos mal concebidos, etc.); - Deficiente isolamento dos elementos construtivos, nas caves, em relação ao terreno.
Segregação do betão	- Mau dimensionamento, excesso de armadura.
Entupimento de esgotos	- Dimensionamento inadequado das tubagens; - Deficiente conceção das caixas de receção de esgotos e das cotas de entrada e saída, contribuindo para deficientes condições de drenagem.

\*Resumo das anomalias e causas associadas encontradas em edifícios de betão armado (Cóias e Silva e Soares 2003)

- Legislação

## Nota sobre a legislação utilizada na elaboração de projetos

- **REBAP** (Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado: DL 349-C/83);
- **RSAEEP** (Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes: DL 235/83);
- **REAE** (Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios: DL 211/86);
- **Eurocódigos Estruturais:**
  - [http://www.lnec.pt/qpe/eurocodigos/Eurocodigos\\_publicados.pdf](http://www.lnec.pt/qpe/eurocodigos/Eurocodigos_publicados.pdf)

### Projecto de estruturas de edifícios

#### Betão e Aço

	2010	2011	2012	2013
Regulamentos	RSA REBAP REAE	RSA REBAP REAE	RSA REBAP REAE	Novo contexto legislativo
Normas				



## Nota sobre a legislação utilizada na elaboração de projetos (continuação)

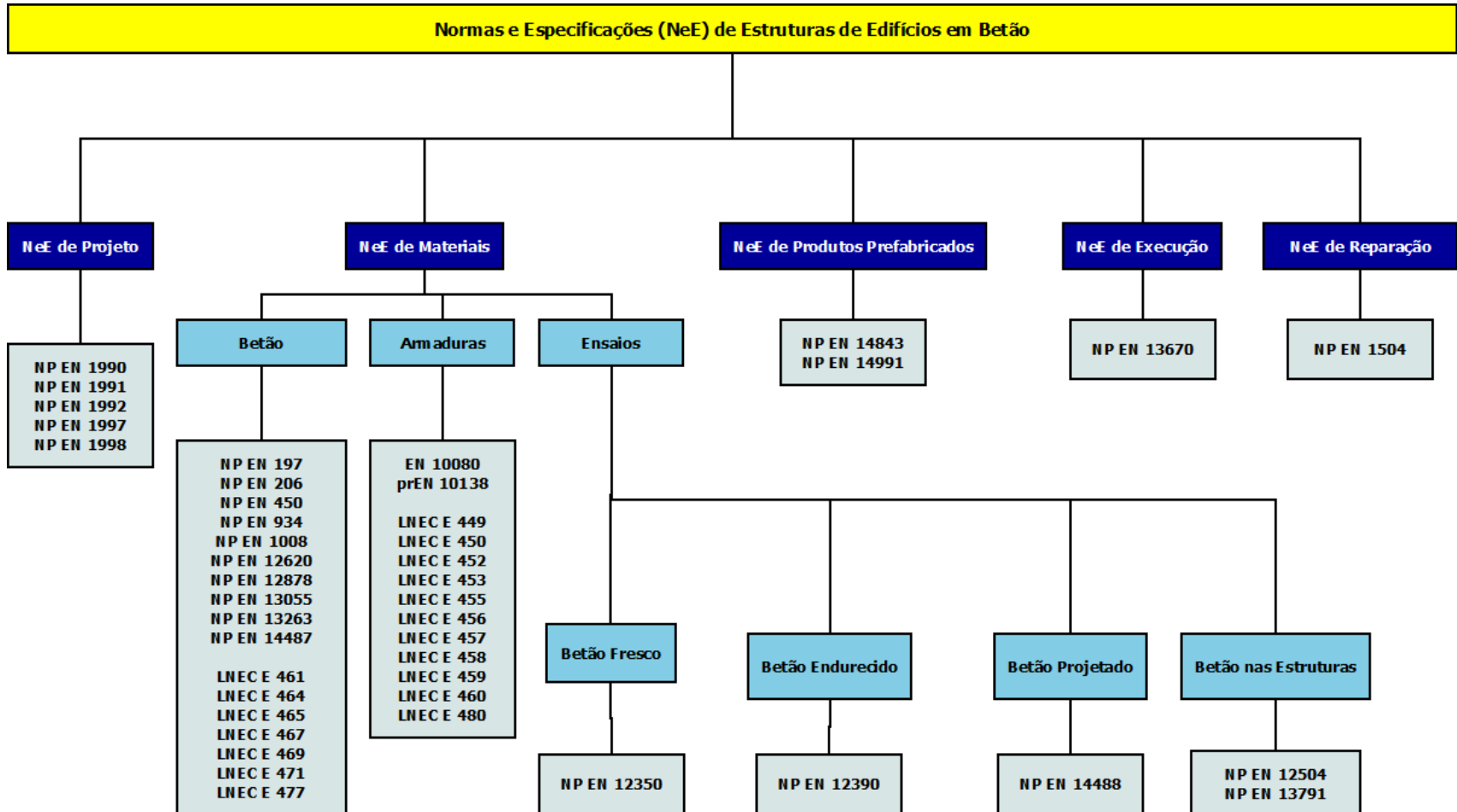
- **Normas Portuguesas (outras):**
  - **NP EN 13670: 2011** - Execução de estruturas de betão
  - **NP EN 206-1: 2007** – Betão. Parte 1: Especificação, desempenho e conformidade.
  - **EN 10080: Steel for the reinforcement of concrete**

- **Exemplo**

### *Materiais*

O betão utilizado em todos os elementos estruturais será de classe C30/37 (B35), devendo, de acordo com o REGULAMENTO DE BETÕES E LIGANTES HIDRÁULICOS, ser efectuados estudos de composição e realizados ensaios de controlo de qualidade segundo um plano de amostras convenientes, sempre que o responsável pela obra entenda ser necessário. O aço a utilizar deverá ser o A500NR.





\*Regulamentos e normas relacionadas com o projeto de estruturas em betão armado (Fragoso, 2010, atualizado por Oliveira, 2013).

- **Projeto**

- Pré-dimensionamento e preparação de dados
  - Número de nós, barras, lajes, apoios.
  - Importante anexar desenhos destes dados.
- Entrada de dados no software de cálculo
  - nós, barras, lajes, apoios, dimensões, ações, coeficientes de segurança, combinações, materiais, espetros, etc.).
- Resultados/output e avaliação estrutural
  - Análise dos resultados: frequências, modos de vibração, deformadas, reações de apoio, deslocamentos (*drift*), esforços, tensões, etc.

- Verificações de segurança: estados limites de deformação e fendilhação.
- Armaduras: percentagem de armaduras mínima e máxima, diâmetro dos varões, espaçamento entre varões; número de camadas, agrupamento de varões, recobrimentos; etc.
- Pormenorização: correta, perceptível, inexistência de pormenores, incompatibilidade; confinamento.

### **Exemplo 1:**

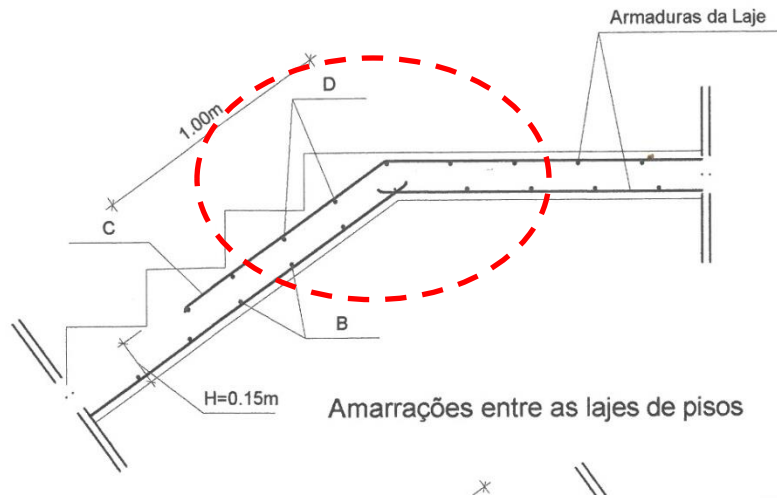
- Pilar de  $30 \times 40 \text{ cm}^2$  com  $16\text{Ø}25$  e  $\text{Ø}8//0.10\text{m}$
- Percent. armad. long: 6.54% ; Espaçam.: 2.48cm.
- Zona D → pode dever-se a incorreta conceção da estrutura.

## Exemplo 2:

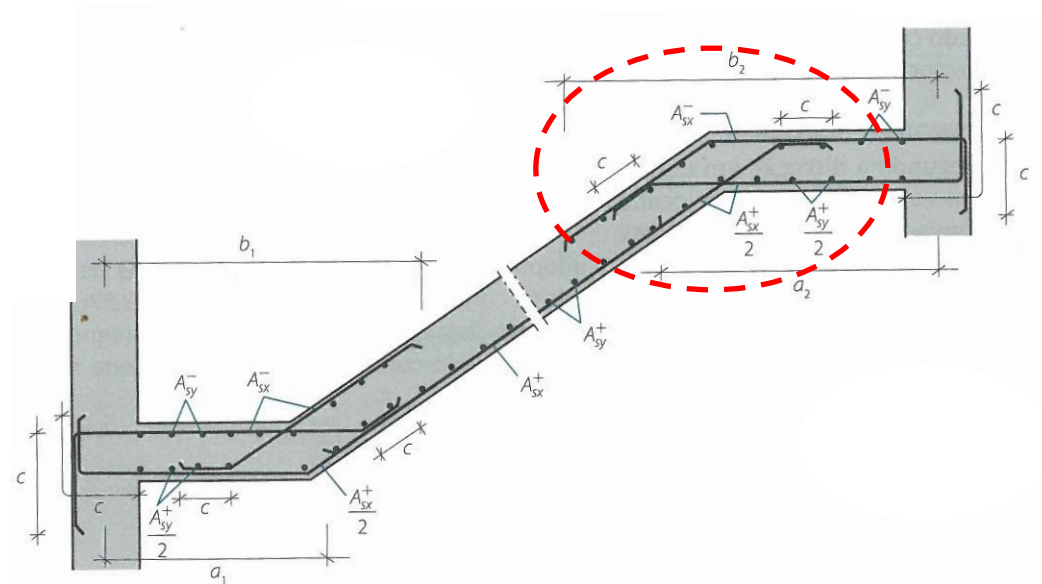
- Viga de 7.60m e 30x40cm<sup>2</sup>
- Armad. sup. apoio → 2Ø16 + 8Ø20 (2.43%)
- Armad. transv → Ø8//0.05m
- Espaçam. armad. long.: 2.24cm (2 camadas)
- $h = 40\text{cm}$  → altura insuficiente para o vão → deformação
- $s = 0.05\text{m}$  → má conceção do elemento estrutural.
- Como a viga apoia num pilar de 30x30cm<sup>2</sup>, com 4Ø16 (0.89%), esta secção é manifestamente insuficiente para garantir o encastramento da viga (2.43%).

- Exemplos

# • Pormenorização

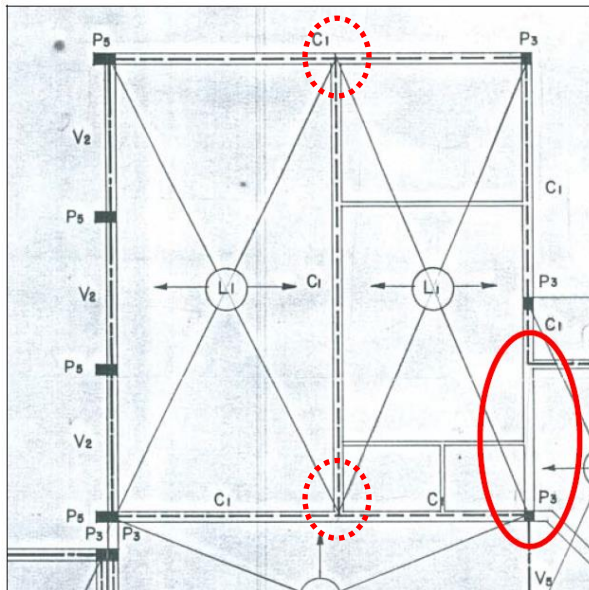


a) Pormenor de escada de projeto recente (2011)



a) Pormenor de escada (Appleton, 2013)

- **Edifício com dimensionamento deficiente (1)**



a) Planta do edifício

Quadro II - Características geométricas e mecânicas das vigas

Vigas e cintas	b (m)	h (m)	Armadura superior	Armadura inferior	Armadura transversal
V2	0.18	0.40	4Ø16	4Ø16	Ø6//0.20
C1	0.23	0.25	2Ø10	2Ø10	Ø6//0.20

Quadro III - Características geométricas e mecânicas dos pilares

Pilares	a (m)	b (m)	Armadura longitudinal	Armadura transversal
P3	0.23	0.23	4Ø10	Ø6//0.20
P5	0.23	0.50	6Ø10	Ø6//0.20

b) Quadros de armaduras de vigas e pilares

- **Edifício com dimensionamento deficiente (2)**



a) Fissuração na viga e laje.



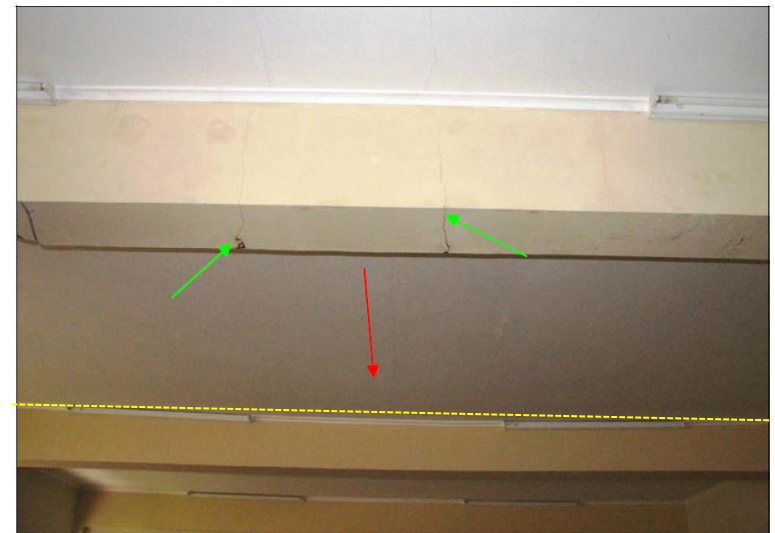
b) Fissuração na viga.



- **Edifício com dimensionamento deficiente (3)**



a) Fissuração na zona do apoio.



b) Fissuração de viga e deformação da laje.

- **Edifício com dimensionamento deficiente (4)**



a) Pilar de recurso colocado para contrariar a deformação da viga.

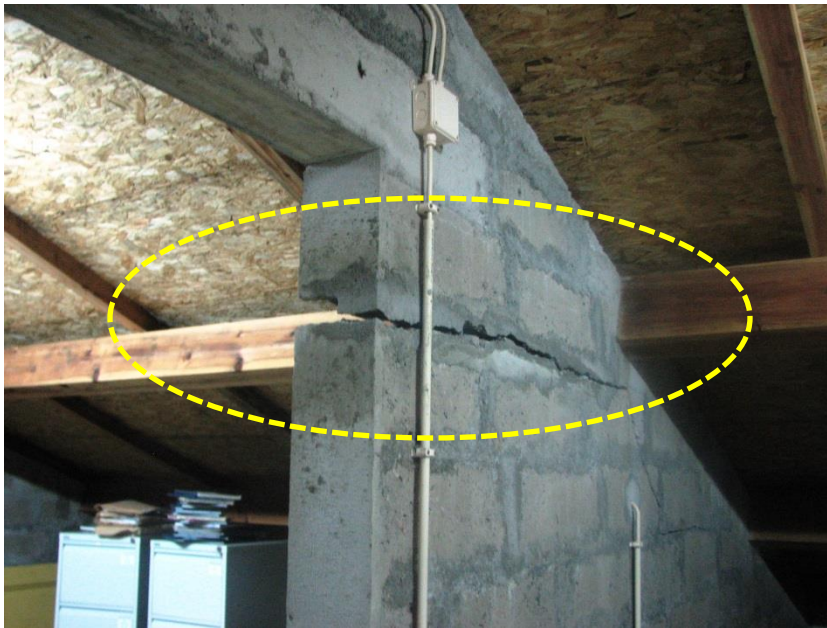
Quadro V - Características geométricas e mecânicas das vigas dos pórticos

Vigas	b (m)	h (m)	Armadura superior	Armadura inferior	Armadura transversal
V	0.30	0.40	2Ø12	2Ø12	Ø6//0.25

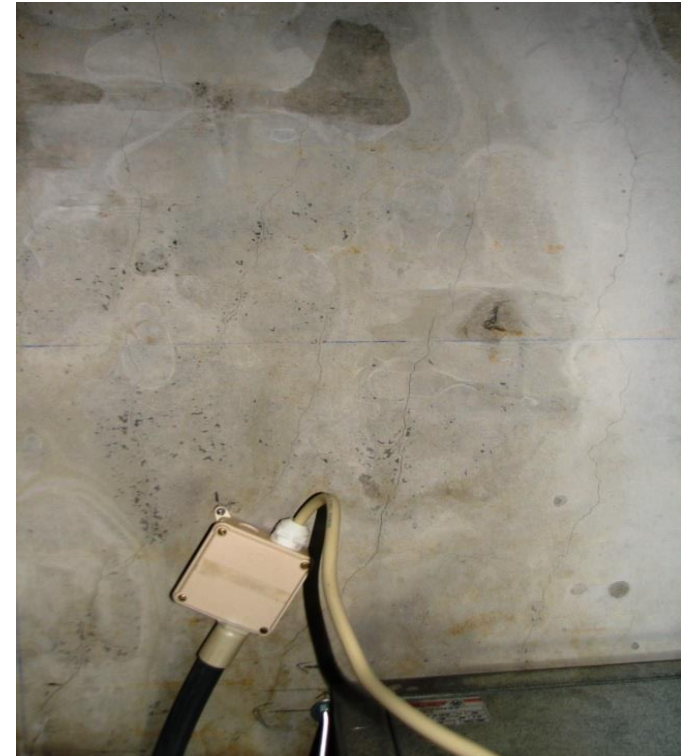
b) Armadura de vigas dos pórticos



- **Deformação de laje de esteira (2)**



a) Fissura na envolvente à ombreira de “asna”, em alvenaria, de suporte à cobertura.



b) Fissuras na face inferior da laje.

- **Colapso de cofragem durante betonagem (1)**



a) Colapso da cofragem durante a betonagem.



b) Escombros sob a laje após o colapso da cofragem.

- **Colapso de cofragem durante betonagem (1)**



a) Escoramento antes do colapso da cofragem.



b) Escoramento antes da nova betonagem.

- **Colapso de cofragem durante betonagem (1)**



a) Escombros após o colapso da cofragem.



b) Escoramento após o colapso da cofragem.

- **Colapso de cofragem durante betonagem (2)**



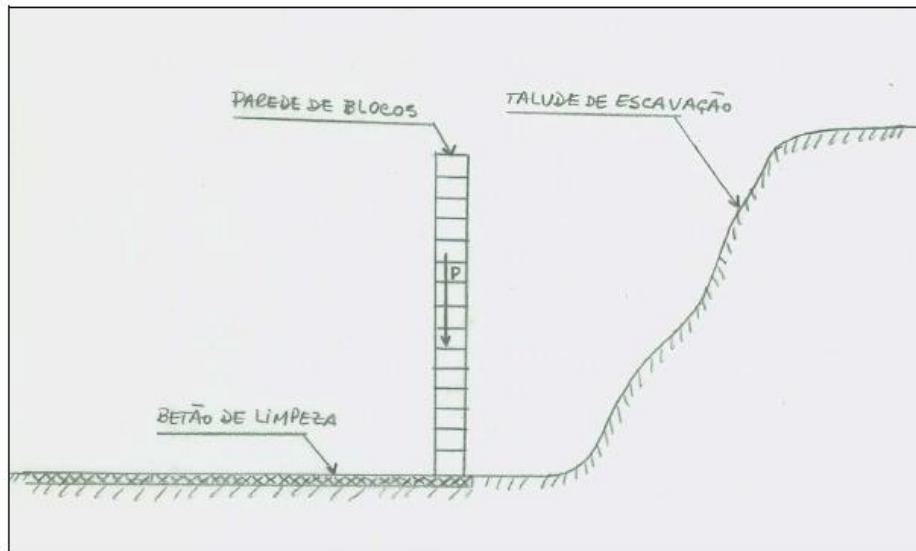
a) Troços de prumos de secção muito diferente.



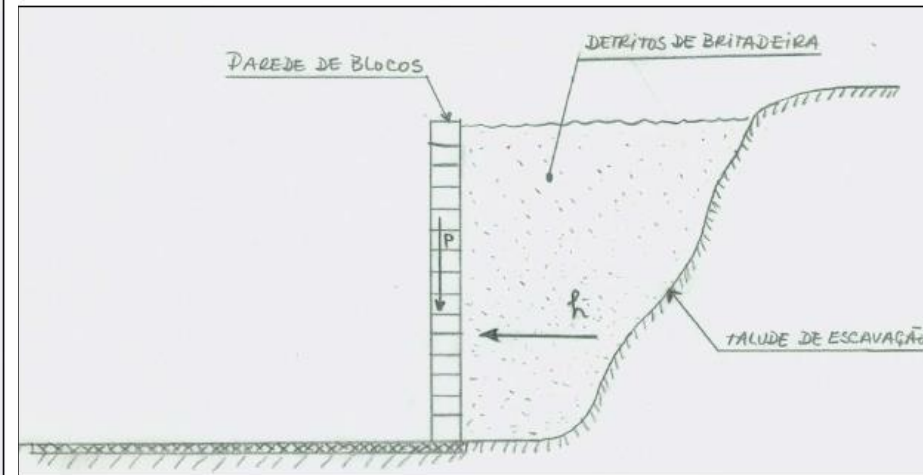
b) Descontinuidade em apoio de cofragem da viga.



- **Colapso de cofragem durante betonagem (1)**

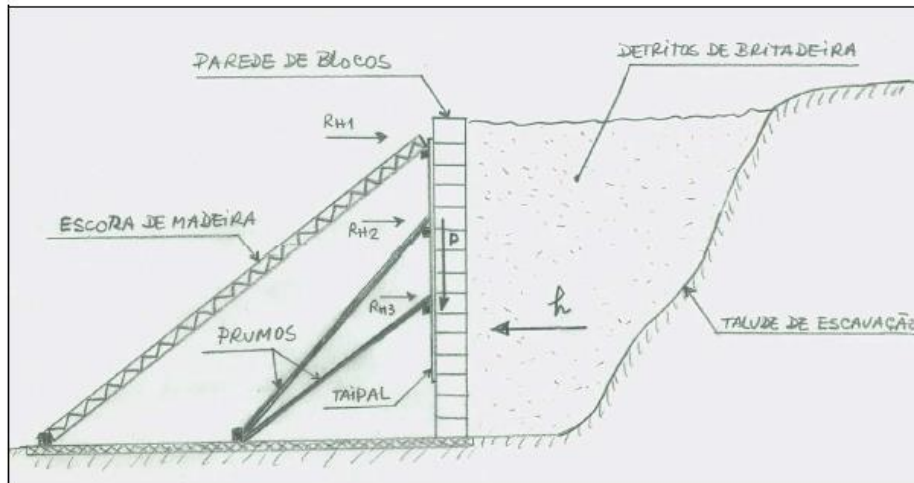


a) Parede de alvenaria como cofragem perdida /suporte do aterro.

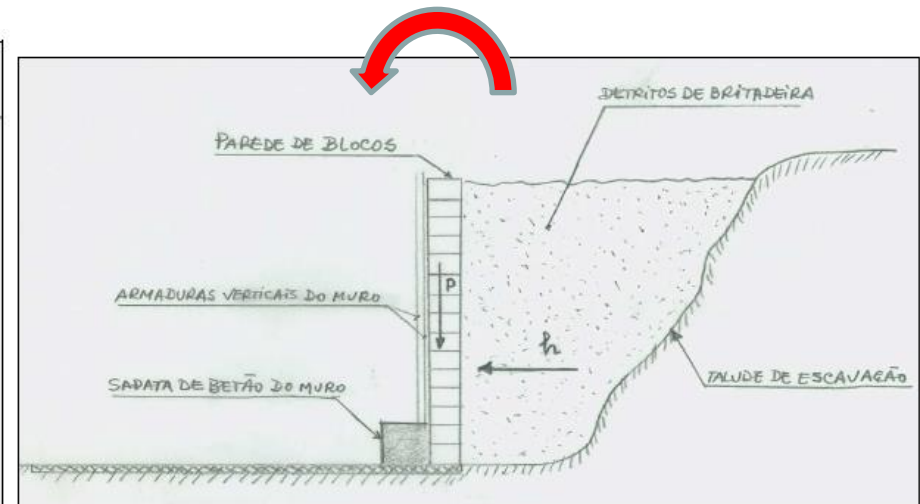


b) Colocação do aterro no tardo da parede de alvenaria.

- **Colapso de cofragem durante betonagem (3)**



a) Escoramento da parede de alvenaria após a colocação do aterro.



b) Remoção de escoramento para montagem de armadura de muro de contenção.

- Considerações finais
  - É necessário trabalhar com regulamentos e normas atualizadas.
  - Utilizar apenas programas de cálculo adequados ao tipo de projeto a desenvolver.
  - Os *inputs* e *outputs* dos programas de cálculo devem ser devidamente analisados (Revisão do projeto).
  - Os projetos devem possuir elementos escritos e desenhados que permitam a sua análise.
  - Dar especial atenção à pormenorização das peças desenhadas.



Obrigado!