



**Strutture Edilizie**



# OBRAS DE PRIMEIRA INTERVENÇÃO

Dott. Ing. Claudio De Angelis

[http://www.vigilidelfuoco.bergamo.it/formazione/strutture\\_edilizie.htm](http://www.vigilidelfuoco.bergamo.it/formazione/strutture_edilizie.htm)

(Tradução : António de Borja Araújo, eng.º civil, I.S.T.)

### **Crêterios gerais**

- As obras de primeira interven o têm o objectivo de garantirem condi es de segurança nas estruturas objecto de ruína;
- Estas obras podem assegurar condi es permanentes de estabilidade. Nesse caso estamos a encarar obras de consolida o definitiva.
- Quando, pelo contrário, a obra de primeira interven o deve garantir condi es de segurança transitórias, terão que ser executadas obras de consolida o provisória.
- Seja nos trabalhos de consolida o provisória, seja nos de consolida o definitivo, estão presentes, portanto, obras ditas "provisórias", as quais são funcionais durante os trabalhos, mas devem ser eliminadas na conclusão dos trabalhos propriamente ditos.
- Algumas obras provisórias, portanto, especialmente nos trabalhos de consolida o provisória, ficam em obra até se reunirem condi es permanentes de estabilidade na sequência dos trabalhos de consolida o definitiva.

## Classificação Obras provisórias

- Andaimés de serviço;
- Andaimés de segurança;
- Escoramentos, armaduras, cimbrés;
- Tirantes;
- Cintagens.

### Para que servem ?

- **Andaimés de serviço** : São necessários e obrigatórios para o trabalho ser seguro, para o movimento de pessoas, ferramentas, materiais e equipamentos de elevação.
- **Andaimés de segurança** : São necessários e obrigatórios para a protecção de pessoas ou de coisas em perigo de queda da construção ou dos andaimés de serviço;
- **Escoramentos, armaduras, cimbrés** : Para a sustentação de fábricas durante os trabalhos de consolidação e sempre que as ditas fábricas não estejam em condições de se suportarem autonomamente;
- **Tirantes** : Para deterem, de forma temporária, a progressão de fenómenos de ruína consequentes, na sua maioria, de acções do impulso;
- **Cintagens** : Para deterem, de forma temporária, a progressão de fenómenos de ruína consequentes do esmagamento ou da flexão composta.
- **Escoramentos, tirantes e cintagens**, para além de serem obras provisórias, são também obras de consolidação provisória de primeira intervenção.
- Os tirantes e as cintagens podem ter carácter definitivo, mesmo se forem executados como primeira intervenção;
- Outras obras de consolidação, que podem ser executadas como primeira intervenção mas que também podem ter carácter definitivo são as vergas de portas, janelas, balcões e de vãos em geral.

## Escoramentos

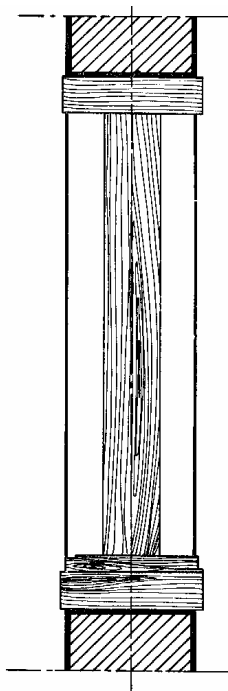
- São órgãos estruturais solicitados à compressão axial, destinados ao suporte provisório, total ou parcial, de massas em alvenaria arruinadas;
- Podem ser construídos com diversos materiais, com vigas únicas ou múltiplas, com o objectivo de assumirem funções de sustentação, de retenção, ou ainda simultaneamente de sustentação e de retenção das massas;
- Em função da grandeza da zona onde é necessário intervir-se, podem ser classificados em :
  - Escoramentos de “grandes massas”,
  - Escoramentos de “pequenas massas”;
  - Escoramentos de “massas locais”.

### Escoramentos de “pequenas massas”

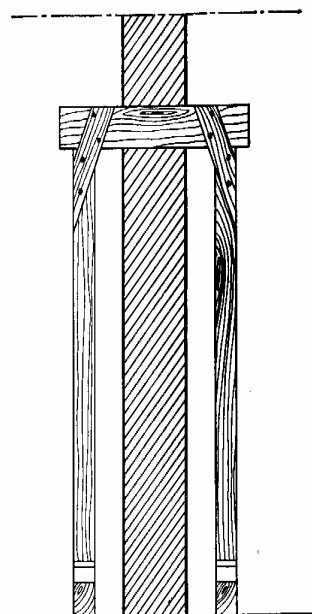
- Na categoria dos escoramentos de “pequenas massas” incluem-se os escoramentos necessários para a execução do “*cuci scuci*” para a consolidação definitiva;
- Em geral, a massa a ser suportada diz-se *defendida ou retida*, aquela sobre a qual se vai descarregar o peso, através dos prumos, diz-se *defensora ou retentora*.

### Escoramentos de sustentação

- Prumos verticais simples

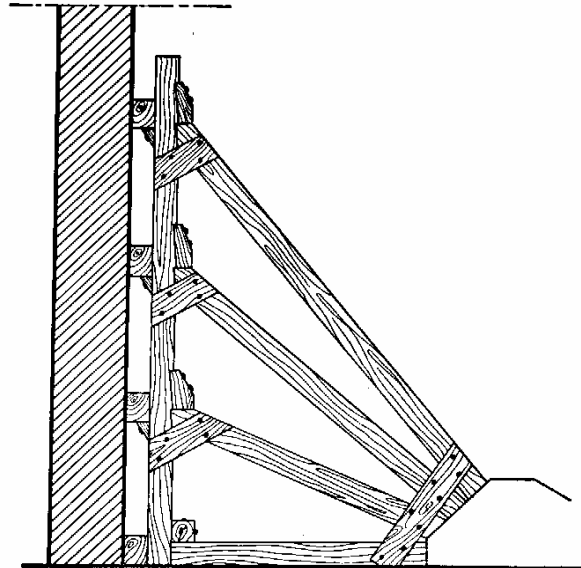


- Prumos verticais duplos

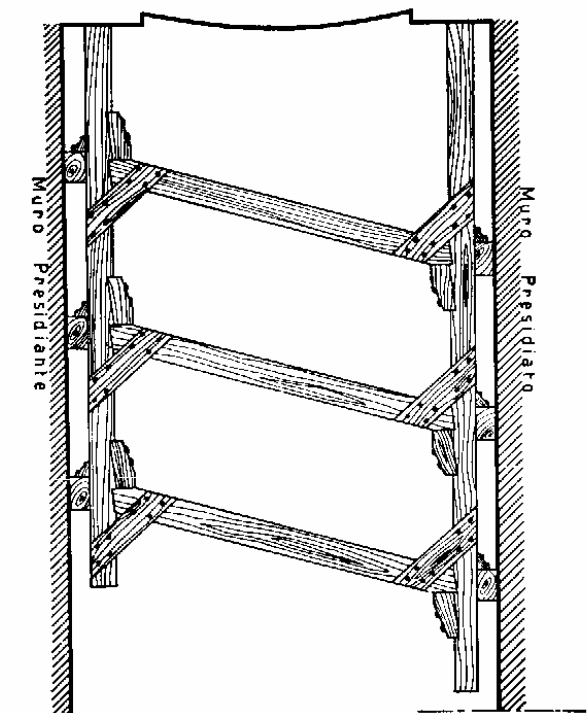


## Escoramentos de retenção

- Disposição com prumos inclinados ou cabeça aderente

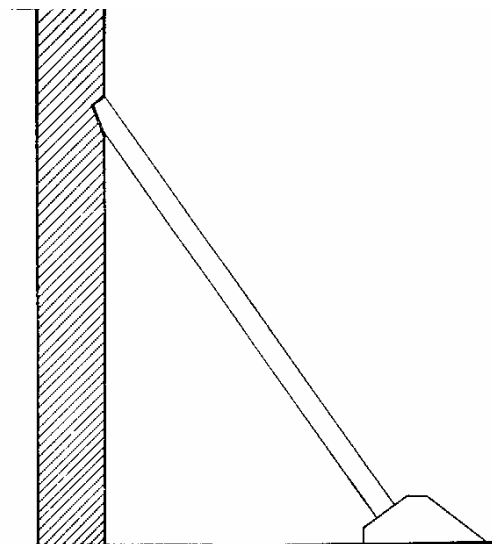


- Disposição horizontal ou ligeiramente inclinada

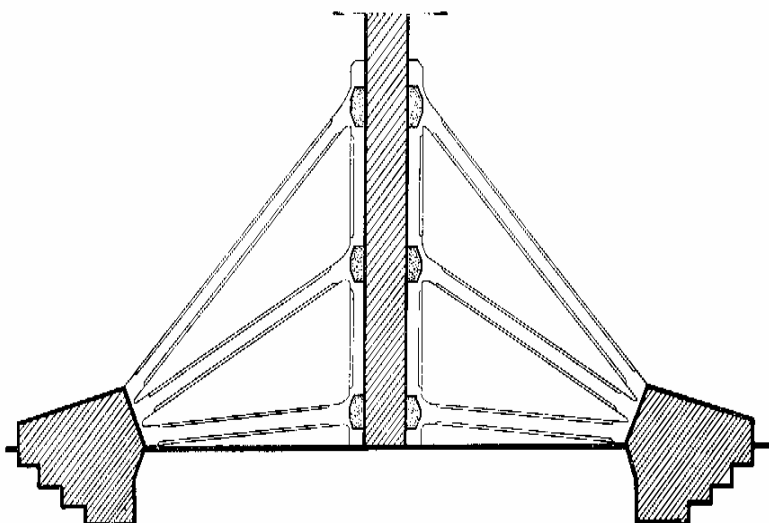


### Acção simultânea de sustentação e de retenção

- Disposição inclinada com encastramento superior
- Esta disposição impede os movimentos de translação vertical e os de rotação para a face exterior.



- O acasalamento simétrico, relativamente ao plano médio da parede, de dois sistemas de escoramento de retenção tem uma eficaz acção contra as deformações por flexão composta.

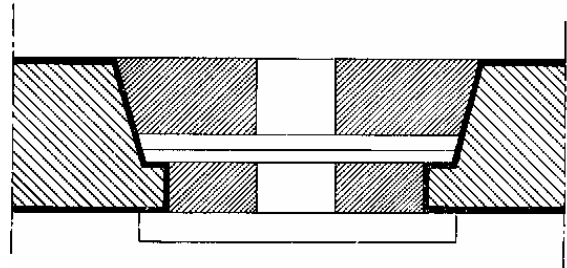
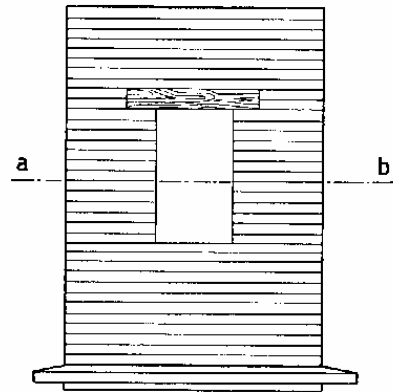


### Escoramento de pequenas massas

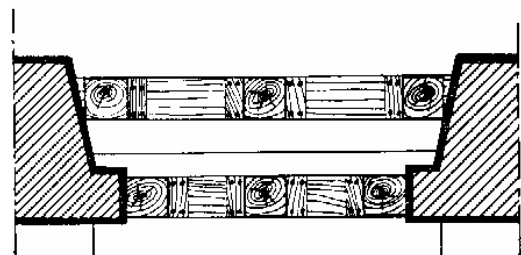
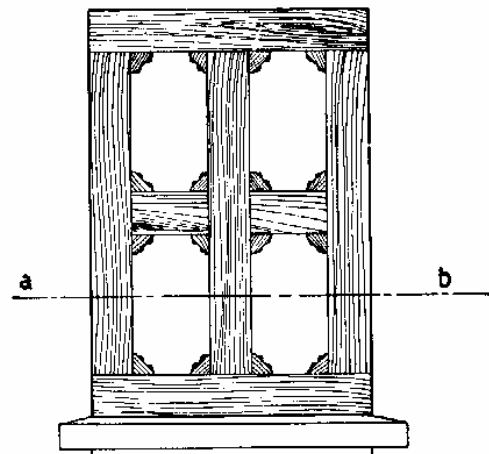
- São eficazes nos trabalhos de suporte em subconstrução;
- Os escoramentos das aberturas das portas, das janelas e dos vãos em geral, têm particular importância;
- São executados, geralmente, em madeira ou alvenaria.
- São frequentemente usados prumos tubulares metálicos, adequadamente rigidificados.

## Guarnecimento de vãos

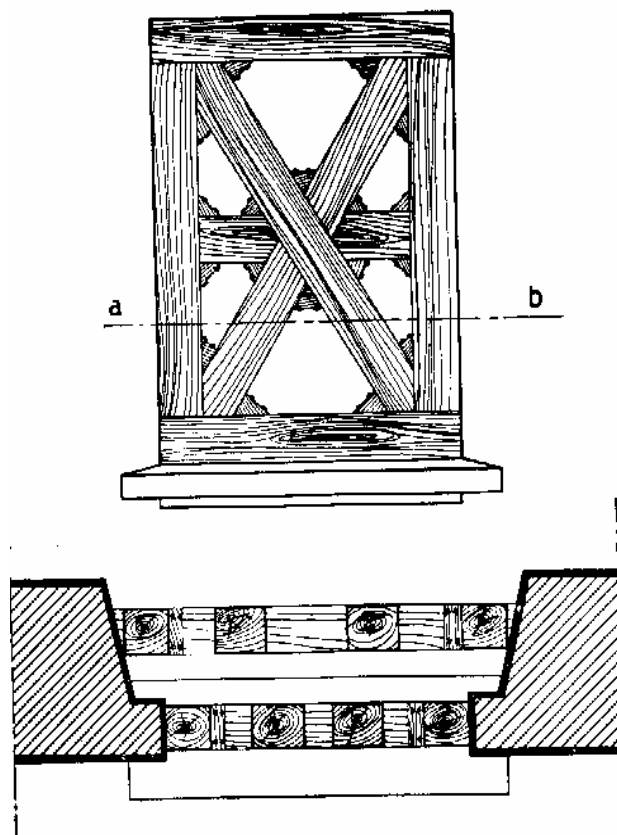
- Alvenaria (de preferência);
- mesmo para as deformações rômbricas.



- Para acolher apenas as cargas verticais



- Para as deformações rômbricas

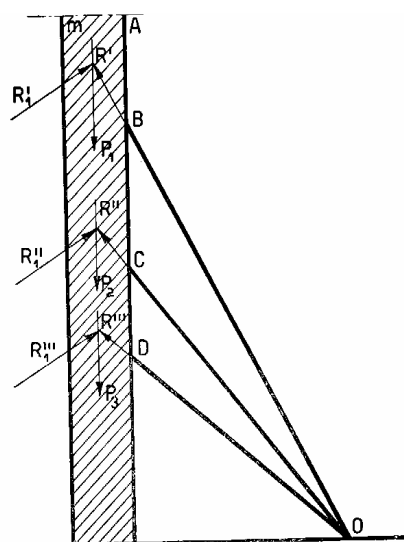


### Escoramento de massas locais

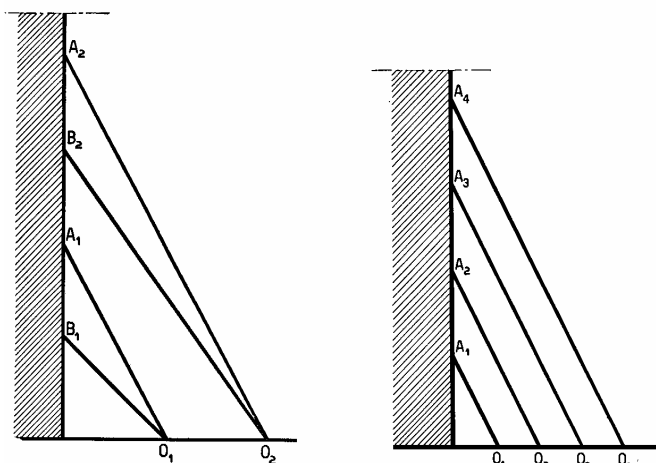
- Pequenas obras de apoio provisório que pretendem garantir a continuidade ou o contraste dos materiais no local de trabalho mesmo durante a suspensão de uma determinada intervenção;
- Para além de servirem como escoramento, podem ser executadas sob a forma de apoios em alvenaria ou em madeira de espécie resistente, ou então como contraventamentos.

### Escoramento de grandes massas

- Fachadas de edifícios ameaçadas de ruína por flexão composta ou por esmagamento na região de base respectiva;
- Desabamento de muros de suporte, abóbadas, arcos ou pilastras a que estejam importantes competências estáticas de garantia da estabilidade do complexo edificado total;
- *No passado eram executadas em betão armado. Hoje em dia são mais vulgares em estrutura metálica.*
- *Está excluída a utilização da madeira.*
- *A aplicação de escoramentos de grandes massas não é eficaz para os movimentos locais de massas de alvenaria limitadas.*

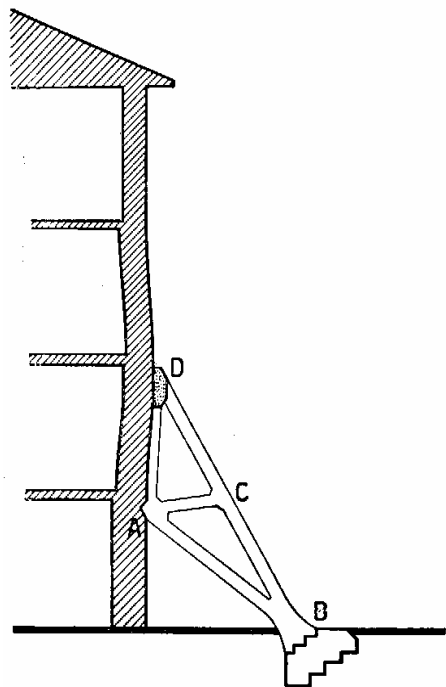


- Para além dos escoramentos simples constituídos por apenas uma viga vertical ou inclinada, podem-se executar outras em feixe (ver figura ao lado) emergentes de um ponto único;

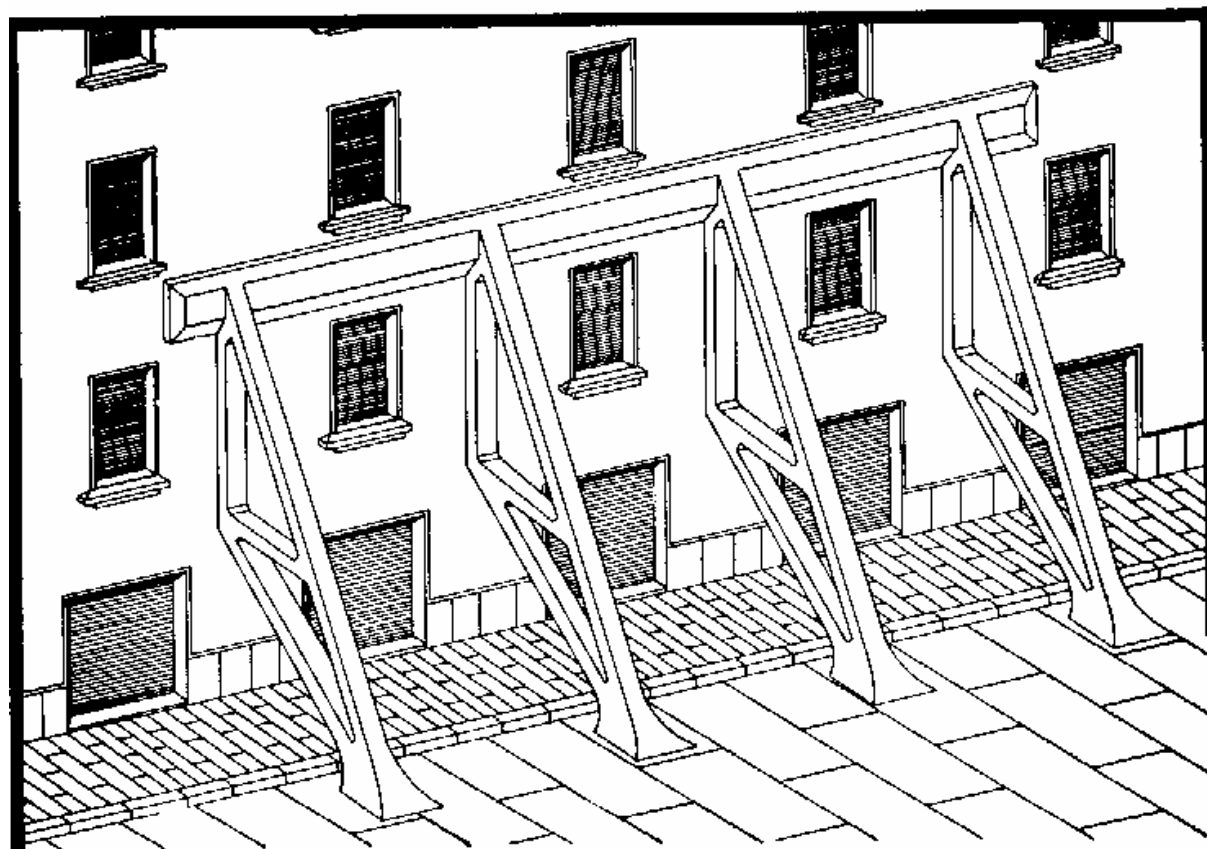


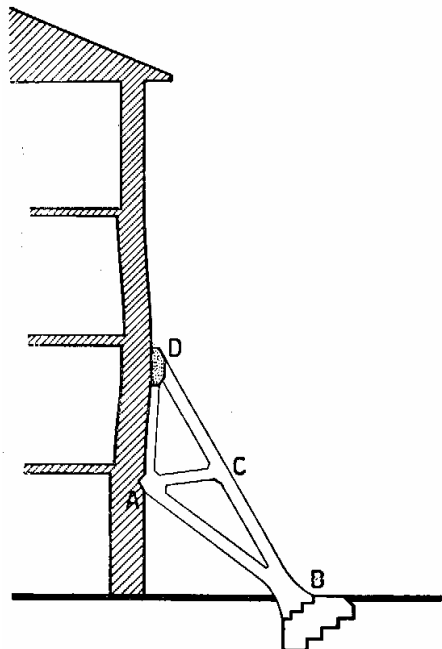
- Ou com vigas emergentes de diversos pontos fixos no solo.

## Escoramento de grandes massas



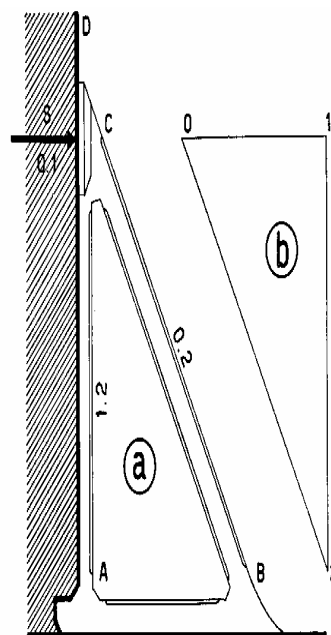
- *Reticulados*, formados por um sistema com planar de vigas rigidamente ligadas;
- A estrutura da figura dá ótimos resultados nas cedências de fundações, no esmagamento da base das paredes, na inflexão por impulso e na flexão composta.





AB é uma escora de sustentação e de retenção;  
 BD é uma escora superior apenas de retenção;  
 AC é uma viga que trabalha à tracção e à flexão;  
 AD é a viga de parede.

- Se a escora AB não assumir nenhuma função de sustentação, então é conveniente dispô-la conforme na figura, com a cabeça A contra a alvenaria. Neste caso só tem funções de retenção.



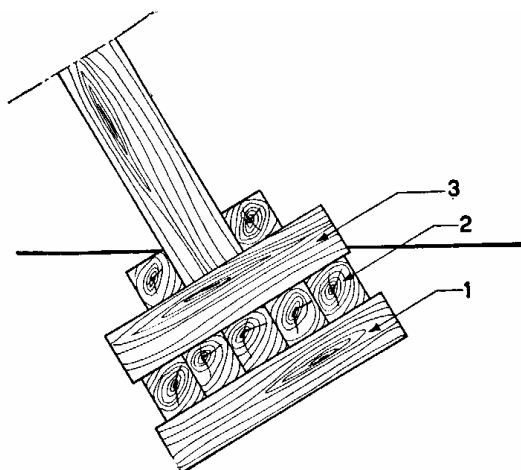
### Condições a que devem satisfazer as escoras

- Estabilidade ao esmagamento cúbico e à flexão composta :
  - Execução com materiais de características térmicas e higroscópicas pouco diferentes das da estrutura apoiada;
  - Estabilidade ao escorregamento para se impedir a rotação da estrutura;
  - Solicitadas apenas à compressão axial.

### Acções localizadas

- Quer a cabeça quer o pé exercem uma acção localizada contra a estrutura;
- Como a estrutura apoiada está em processo de ruína, a região de aplicação da cabeça deve ser compacta e contínua, mas ao mesmo tempo o mais possível vizinha da zona arruinada; onde, por isso, não sendo possível também não seja necessário regenerar-se essa zona de aplicação dessa cabeça;
- O pé deve ser situado sobre uma base adequada, compatível com as características mecânicas do terreno e estável ao escorregamento.

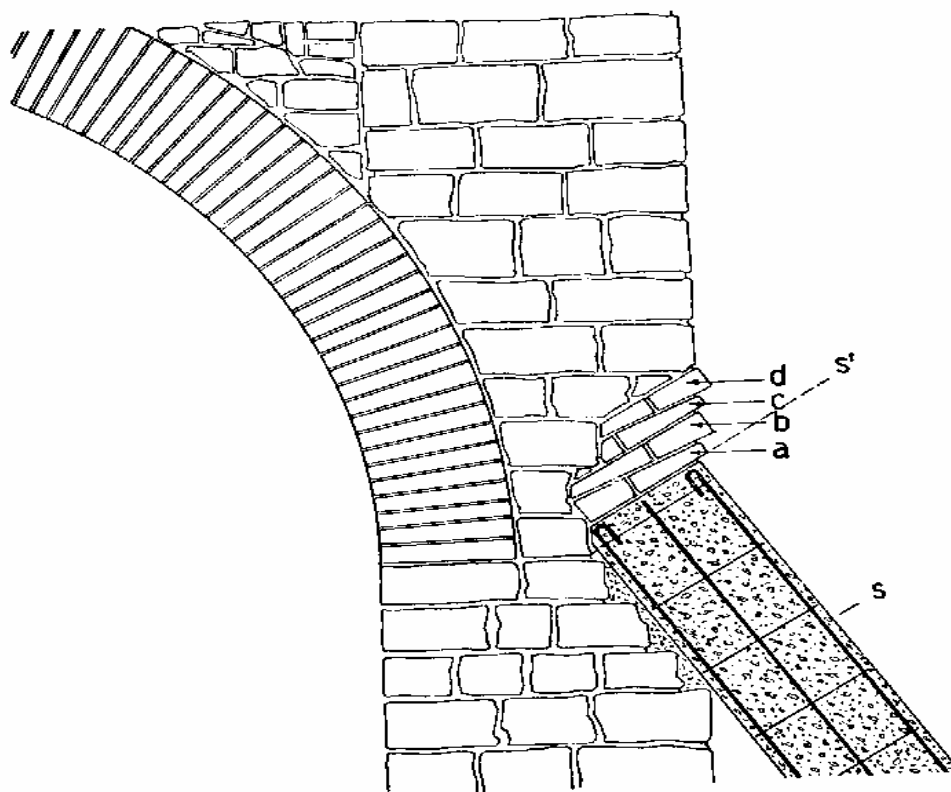
### Ligação ao pé (em madeira)



- Base feita com um vigamento em madeira (1);
- Peças longitudinais (2) ;
- Peças transversais (3);

### Ligação à cabeça (escora em betão armado)

- Na figura representa-se o caso de uma escora em betão armado. As mais vulgares são, no entanto, as escoras em madeira ou mesmo as estruturas tubulares em aço.
- A técnica de execução é sempre a mesma. No caso em betão armado obviamente que se deve atender ao tempo mínimo de presa (8 dias) para se executar a betonagem da secção s contra a secção s'.
- As cunhas e contra cunhas (a, b, c, d) devem sempre ser colocadas forçando-se o material para pôr em tensão a escora.



### Variações térmicas e higrométricas

- Se uma escora se contrai, muitas das massas de alvenaria suportadas, as massas apoiadas, ou a acompanham mantendo-a em esforço, e neste caso sofrem movimentos posteriormente prejudiciais para a estabilidade do conjunto edificado, ou então abandonam-na e, neste caso, reconstituem-se as precárias condições de estabilidade originais.
- Se a escora, pelo contrário, por uma subida da temperatura, sofrer uma dilatação superior à da massa suportada, vai comprimir a estrutura mais do que seria necessário para a sustentação desta.

<b>Coeficientes de dilatação térmica</b>		
Número de ordem	Material	Coeficiente de dilatação térmica
1	Aço e ferro	0,000012
2	Madeira de abeto	0,000003
3	Tijolo vulgar	0,000006
4	Betão de cimento	0,000012

### Retracção da madeira durante a secagem

- Na tabela seguinte são indicados os valores percentuais da contracção que sofre a madeira no sentido paralelo às fibras, no sentido transversal (ao longo aos raios dos círculos fibrosos) e no sentido transversal (tangencialmente aos círculos fibrosos).
- Em consideração das grandes contracções que a madeira sofre, não é permitida a utilização de madeira verde nos grandes escoramentos e, em geral, é desaconselhável qualquer madeira, mesmo depois de seca.

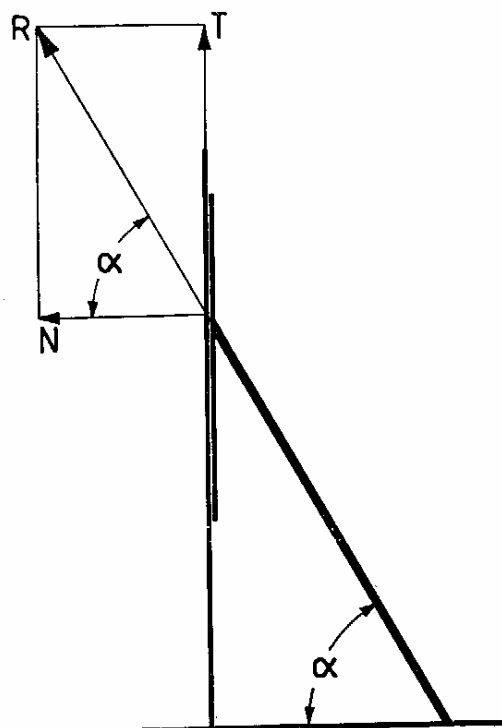
Retracção da madeira durante a secagem				
( ao longo das fibras $f$ , ao longo dos raios dos círculos fibrosos $r$ , e ao longo dos círculos fibrosos $c$ )				
Número de ordem	Espécie	$f\%$	$r\%$	$c\%$
1	Abeto vermelho	0,176	2,41	6,18
2	Abeto branco, jovem	0,122	2,91	6,72
3	Larício	0,075	2,17	6,32
4	Ulmeiro	0,124	2,94	6,22
5	Amieiro	0,369	2,91	5,07
6	Pinho bravo	0,120	3,04	5,72
7	Choupo	0,125	2,59	6,40
8	Carvalho	0,130	3,13	7,78
9	Tília	0,208	7,79	11,50

### **Escoramento em betão armado**

- Para o eventual em betão armado é necessário ter a precaução de se considerar a retracção deste material (as betonagens que fazem presa ao ar contraem, as que o fazem em água dilatam);
- Para se reduzir ao mínimo a retracção dos escoramentos em betão armado são necessários os seguintes cuidados :
  - a) colocação dos escoramentos em esforço um certo tempo após a betonagem;
  - b) redução da duração de utilização dos escoramentos;
  - c) adopção de percentagens de armadura metálica superiores às necessárias determinadas pelo cálculo estrutural;
  - d) rega cuidadosa das escoras até ao final seu emprego;

### Resistência ao atrito nos escoramentos de retenção

- O esforço axial **R** tem duas componentes **T** e **N** ;
- **N** tende a comprimir a escora contra a parede, **T** tende a fazê-la escorregar ;  
 se  $T \leq f N$  teremos que **f** é o coeficiente de atrito parede – escora;  
 se  $\alpha$  é a inclinação da escora relativamente à horizontal, teremos que  $T = f N$ , pelo que  $\alpha \leq f$  fazendo  $\alpha \leq \text{arc tg } f$ .



### Coeficientes de atrito

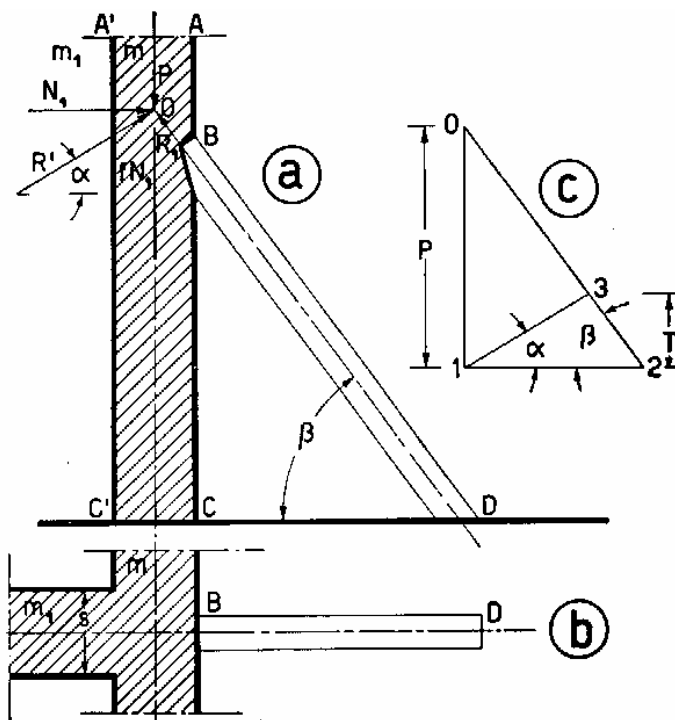
- O coeficiente de atrito não é constante;
- Antes do início do movimento, é notavelmente superior;
- Na tabela seguinte assinalam-se alguns coeficientes de atrito rasante durante o movimento, supondo-se a superfície de contacto como lisa.

Coeficientes de atrito <i>f</i>		
Número de ordem	Materiais	<i>f</i>
1	Ferro contra ferro	0,30
2	Madeira contra madeira	0,35
3	Ferro contra madeira	0,40
4	Ferro contra alvenaria	0,45
5	Madeira contra alvenaria	0,50
6	Alvenaria contra alvenaria	0,75
7	Alvenaria contra terreno	0,50

### Verificações estáticas

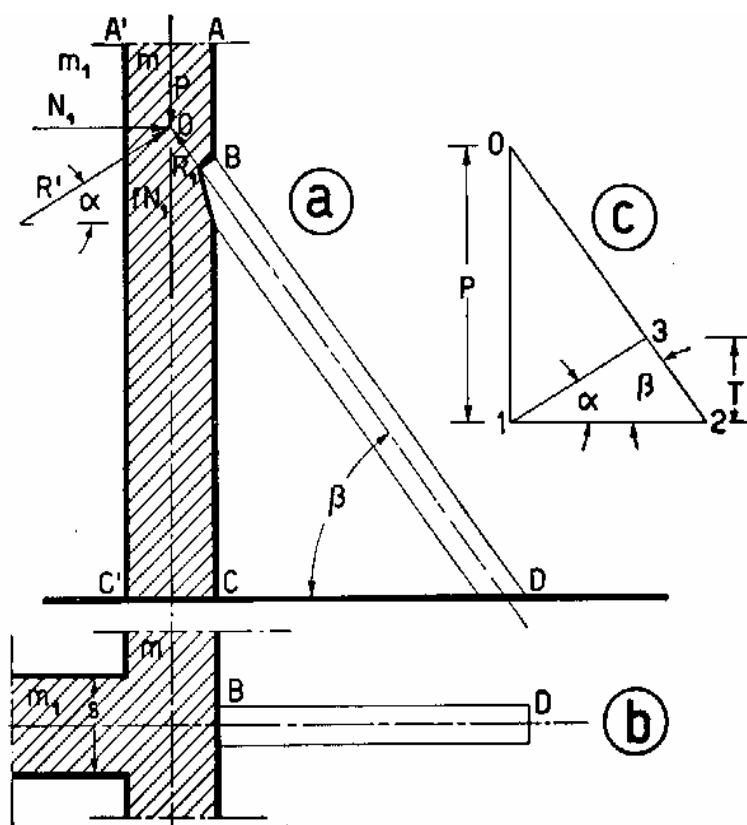
- As escoras devem formar um sistema estático único com o objecto suportado;
- Os cálculos que sejam efectuados são aproximados e tendem a fornecer o comportamento mais provável do sistema;
- A impossibilidade de uma solução rigorosa é devida às incertezas sobre as condições de ligação da cabeça e do pé e sobre a carga efectivamente descarregada pela estrutura suportada sobre a estrutura de suporte;
- As escoras de sustentação e de retenção são aplicadas contra as paredes de fachada, nos cunhais e nas ligações com as paredes interiores perpendiculares, chamadas à colaboração na contenção das massas;

### Verificação estática não tendo em conta o atrito e a coesão



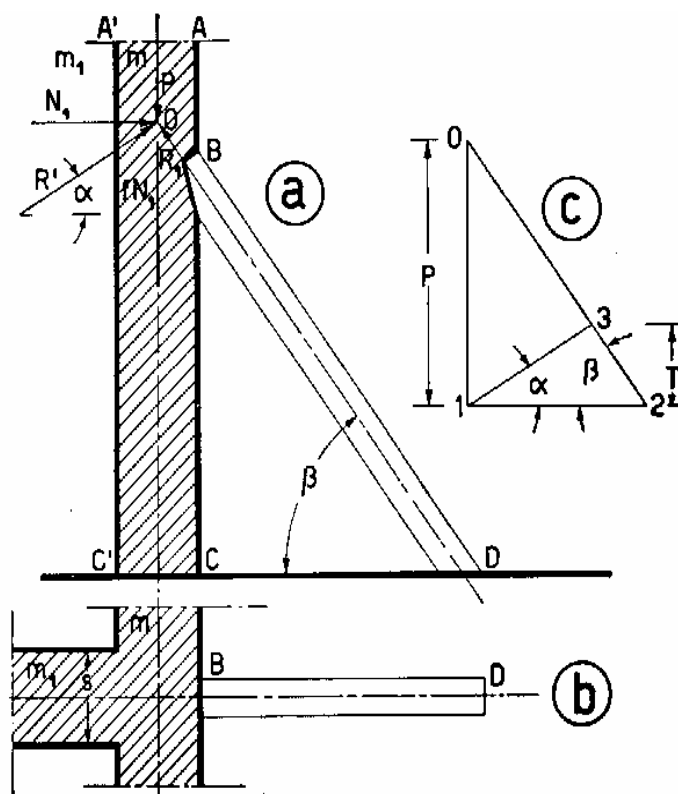
- A escora  $BD$  é complanar à parede  $m_1$  perpendicular à fachada e nitidamente separada dessa fachada por forma a que sejam nulos o atrito, assim como a coesão, ao longo do plano de contacto  $A'C'$ ;
- $P$  é o peso do troço  $AB$ ;
- $R_1 = P / \text{sen } \beta$ ;
- $N_1 = P \text{ cotg } \beta$

### Verificação estática tendo em conta o atrito e a coesão



- Mesmo admitindo-se uma separação nítida, é claro que qualquer tendência de escorregamento para baixo da parede  $m$  é impedida pela força  $N_1$ , que comprime ao longo da cabeça da parede interior  $m_1$ ;
- Na superfície de contacto inicia-se uma reacção de atrito vertical  $T_1 = f N_1$ ;
- $R' = P \cos \beta$  (resultante de  $N_1$  e  $T_1$ );
- $R_1 = P \sin \beta$ ;
- $N_1 = P \cos \alpha \cos \beta$ ;
- $T_1 = P \sin \alpha \cos \beta$

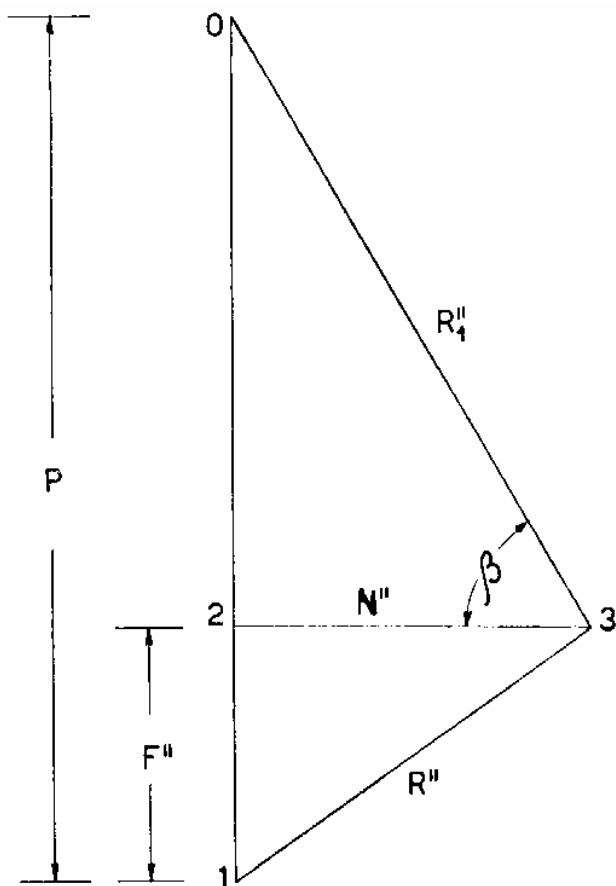
**Verificação estática tendo em conta apenas a coesão**



- A superfície de contacto entre as paredes  $m$  e  $m_1$  não apresenta nenhuma solução de continuidade por forma a que a parede  $m_1$  esteja nitidamente separada;
- Na reacção entre as duas paredes, que aparece com a colocação da escora, entra em jogo a resistência à coesão que se opõe ao escorregamento entre essas paredes  $m$  e  $m_1$  até ao momento em que a própria coesão é completamente vencida pela progressão da ruína. Após a rotura entra em jogo apenas o atrito.

- Se  $s$  for a espessura da parede  $m_1$ ,  $h$  a altura entre B e C, e  $\sigma$  a resistência à rotura por tracção do material, a resistência total oferecida pela coesão é  $F = s h \sigma$ .

**Verificação estática tendo em conta apenas a coesão**



- Neste caso, o polígono das forças é o que se indica na figura, com a presença das duas forças  $n''$  e  $F''$  consequentes da reacção global da parede  $m_i$ ;
- $R_1''$  é a reacção da escora e  $R''$  é a da parede perpendicular à fachada;
  - $P = s h \sigma + R_1'' \text{ sen } \beta$  ;
  - $R_1'' = (P - s h \sigma) / \text{sen } \beta$  ;
  - $N'' = (P - s h \sigma) \text{ cotg } \beta$  .

### **Escoramento de retenção nas paredes submetidas à flexão composta**

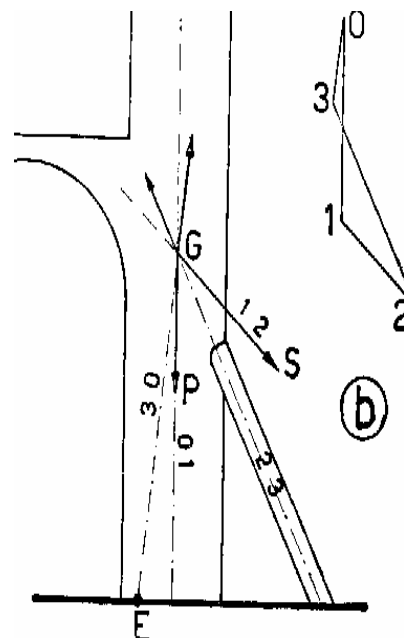
- Têm grande importância na consolidação provisória, mas a sua verificação estática rigorosa apresenta dificuldades assinaláveis e, por isso, é necessário que se adoptem soluções aproximativas;
- A sua disposição deve ser tal que possa acolher solicitações horizontais de igual grandeza;
- Por isso, e em geral, divide-se a parede em tantas bandas verticais quantos forem as escoras a aplicar e, procedendo-se desta forma, faz-se com que a cada faixa corresponda uma solicitação de igual grandeza;
- As escoras ficarão, portanto, mais aproximadas na direcção do ventre e mais afastadas nas bandas laterais da inflexão.

### **Cargas que a alvenaria faz actuar sobre as escoras**

- Consultar o anexo, no final deste artigo.

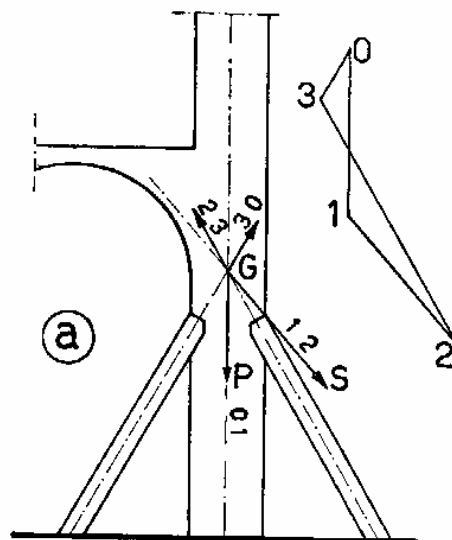
### Escoramento de retenção e sustentação no impulso

- Se o impulso for exercido por estruturas em arco, a escora, com funções de sustentação e de retenção, deve ser instalada com a cabeça contra a parede por forma a que o seu eixo longitudinal passe pelo centro desse impulso, ponto de intersecção da linha resultante do peso da parede e das estruturas que a sobrecarregam, com a linha do impulso.



### Escoramento de retenção e sustentação no impulso

- No caso de se colocarem duas escoras o problema fica imediatamente determinado.
- O primeiro procedimento é adoptado quando a estrutura criadora de impulso se apoia em paredes contínuas ou com aberturas distanciadas, já que, pelo menos intuitivamente, é admissível localizar-se a quarta força dentro da espessura da alvenaria.
- Nos outros casos, dever-se-á aplicar uma contra escora interior cujo eixo longitudinal passe por G.



## Carga actuante sobre a cabeça das escoras

- A carga actuante é sempre inferior à correspondente à totalidade da estrutura suportada situada entre as suas cabeças e a margem superior do beirado;
- Se as escoras tivessem que ser dimensionadas em relação à carga total suportada, seriam tão enormes e economicamente onerosas que se tornariam de difícil aplicação;
- Por sorte, as estruturas a suportar, apesar de arruinada, não esgotaram a sua capacidade reactiva;
- Em conclusão, as obras provisórias de escoramento apenas devem suprir às deficiências estáticas produzidas pelos sinistros e àquelas eventualmente consequentes dos trabalhos de consolidação definitiva, mas nunca são chamadas a substituírem o empenhamento estático da totalidade da estrutura;
- A parte do peso da estrutura que será atribuída às escoras de sustentação e de retenção e às paredes com eixo no mesmo plano é, em regra, calculada através de considerações intuitivas baseadas nas características peculiares da estrutura e dos seus danos;
- Os critérios principais em que nos devemos basear são :
  - a) A relação entre os vazios e os cheios acima das cabeças das escoras;
  - b) A relação entre os vazios e os cheios abaixo das cabeças das escoras;
  - c) O estado de coesão da estrutura;
  - d) A natureza dos danos;
  - e) A extensão dos danos;
  - f) A gravidade dos danos.
- Graças às características a) e b) distinguem-se as alvenarias em **contínuo** ( sem aberturas, ou então com uma relação aberto / fechado medida na horizontal  $< 1/8$  ), **com aberturas espaçadas** ( $1/8 < \text{aberto} / \text{fechado} < 1/4$  ) ou com aberturas aproximadas ( $1/4 < \text{aberto} / \text{fechado} < 1$  );
- Podemos ser confrontados com **pilastradas** (se for possível uma correspondência gradual dos nembos verticais por suportes) ou ainda podemos ter **pilastras e colunas** (que os substituem na sua totalidade).
- Graças à característica c) (estado de coesão) podemos distinguir as paredes em **boas**, **mediócras** e **más**, conforme a qualidade dos materiais, do aparelho de assentamento e das argamassas;
- Graças à característica d) (natureza) podemos dividir os danos em **cedência da fundação**, em **esmagamento**, por **flexão composta**, e por **flexão com impulso**;

- Graças à característica e) (extensão), podemos dividir os danos em **gerais**, se interessarem a totalidade da parede e em **locais** se apenas interessarem uma parte desta;
- Graças à característica f) (gravidade), podemos dividir os danos em **graves** e em **ligeiros**.
- A carga total **P'** actuante sobre a cabeça das escoras será dada pela fórmula :

$$P' = c_1 c_2 P$$

em que **P** é a carga referente à alvenaria da estrutura compreendida, na direcção vertical, entre a cota da cabeça das escoras e a moldura superior do edifício e, na direcção horizontal, entre os limites consecutivos de comprimentos da fachada assim definidos :

**Estruturas contínuas** : interessadas entre escoras e, no caso de escoras muito afastadas entre si ou isoladas (cedências locais) comprimento da ruína;

**Estruturas com aberturas afastadas** : como nas estruturas contínuas se o comprimento da ruína for menor que a distância entre eixos de duas colunas das aberturas que definem a zona a ser consolidada; no caso contrário, igual à dita distância entre eixos;

**Estruturas com aberturas aproximadas**, com pilastradas, com pilastras e colunas : distância entre eixos de duas colunas de aberturas que definam a zona a ser consolidada.

- Os valores do coeficiente  $c_1$  encontram-se na tabela anexa, dados em função da natureza dos danos e das características da estrutura <sup>1</sup>.

TABELLA 7.  
Coefficiente  $c_2$  di riduzione del carico agente sui puntelli (pel coefficiente  $c_1$  cfr. la tabella 6).  
 $P' = c_1 c_2 P$

Dissesto			Muro sopra l'orizzonte della testa dei puntelli														
Natura	Estensione	Gravità	Continuo			Aperture rade			Aperture fitte			Pilastrate			Pilastrati e colonne		
			Stato generale di coesione delle strutture														
			B	M	C	B	M	C	B	M	C	B	M	C	B	M	C
Cedimento delle fondazioni	Generale	grave	0,70	0,75	0,85	0,75	0,80	0,90	0,80	0,85	0,95	0,90	0,95	1,00	0,95	1,00	1,00
		lieve	0,50	0,55	0,65	0,55	0,60	0,70	0,65	0,70	0,80	0,75	0,80	0,90	0,85	0,90	1,00
	Locale	grave	0,60	0,65	0,75	0,65	0,70	0,80	0,70	0,75	0,85	0,80	0,85	0,95	0,90	0,95	1,00
		lieve	0,30	0,35	0,45	0,35	0,40	0,50	0,50	0,55	0,65	0,65	0,70	0,80	0,75	0,80	0,90
Schiacciamento e pressoflessione	Generale	grave	0,80	0,85	0,95	0,85	0,90	1,00	0,90	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		lieve	0,60	0,65	0,75	0,65	0,70	0,80	0,75	0,80	0,90	0,85	0,90	1,00	0,90	0,95	1,00
	Locale	grave	0,70	0,75	0,85	0,75	0,80	0,90	0,80	0,85	0,95	0,90	0,95	1,00	0,95	1,00	1,00
		lieve	0,40	0,45	0,55	0,45	0,50	0,60	0,60	0,65	0,75	0,75	0,80	0,90	0,85	0,90	1,00
Flessione per spinta	Generale	grave	0,75	0,80	0,95	0,80	0,85	0,95	0,85	0,90	1,00	0,95	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00
		lieve	0,55	0,60	0,70	0,60	0,65	0,75	0,70	0,75	0,85	0,80	0,85	0,95	0,85	0,90	1,00
	Locale	grave	0,65	0,70	0,80	0,70	0,75	0,85	0,75	0,80	0,90	0,85	0,90	1,00	0,90	0,95	1,00
		lieve	0,35	0,40	0,50	0,40	0,45	0,55	0,55	0,60	0,70	0,70	0,75	0,85	0,75	0,80	0,90

<sup>1</sup> A tabela onde constam os valores a serem adoptados para  $c_1$  é omissa no artigo original (nota do Tradutor).

### Pilastras

- Os organismos em alvenaria descarregam o seu peso sobre pilastras através de estruturas ou em arco ou rectilíneas.  
Quando nos deparamos com fachadas em pilastras sobre as quais descarregam arcos, podemos ter o problema de contrariar o impulso, na ausência de adequadas massas em alvenaria.
- Para tal propósito, tomemos o exemplo de uma pilastra que tenha que ser substituída ou recalçada (ver a figura seguinte).
- É necessário, durante o período dos trabalhos, garantir a estabilidade das estruturas superiores. Vejamos, portanto, de que forma podemos enfrentar este caso.

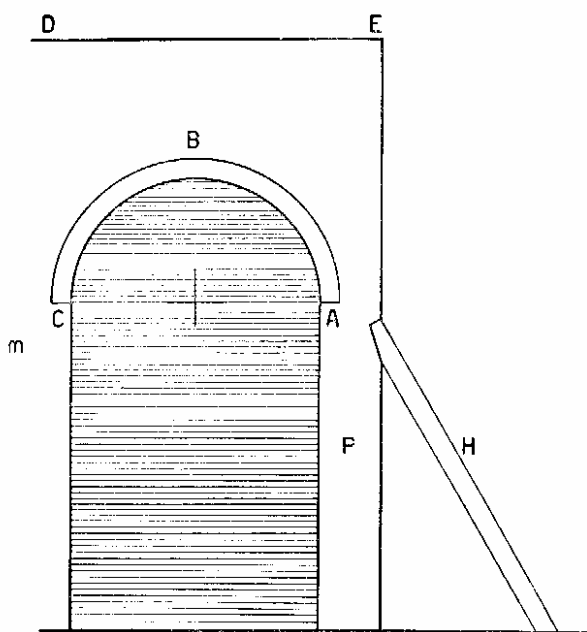


Fig. 185

- Empareda-se o vão em toda a sua espessura, garantindo-se um contacto não forçado entre o núcleo em alvenaria e o arco, o qual passa a trabalhar por contacto lateral.
- Na pilastra P verifica-se um abatimento por cedência da fundação;
- O apoio A desloca-se para baixo e o arco apoia-se no núcleo e alvenaria, descarregando sobre este parte da carga;

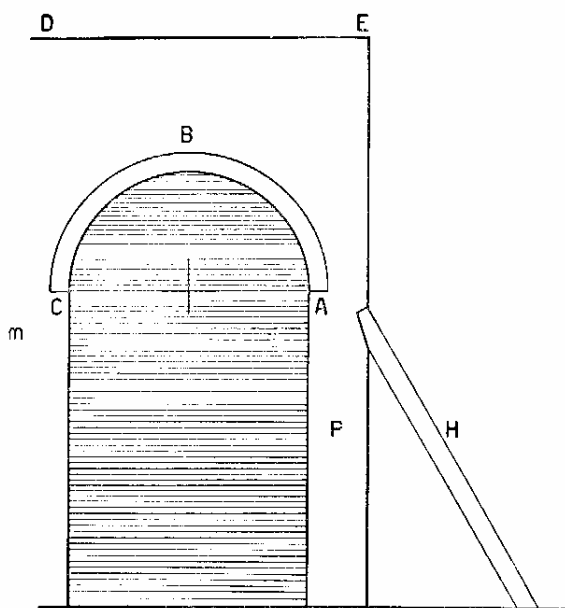


Fig. 186

- A componente horizontal do impulso é reduzida, com o objectivo de ser anulada quando toda a carga estiver a interessar a parede;
- Na superfície ABC desenvolvem-se, no entanto, componentes tangenciais das acções actuantes que fazem tender a carga tender para deslizar de ambos os lados;
- Na parte esquerda, se a parede m for estável, conseguem-se evitar todos os movimentos. Na parte direita, temos necessariamente que empregar uma escora que poderá também acolher parte da carga vertical.

### Ângulo limite de deslizamento e tensão tangencial activa

- Define-se ângulo limite de deslizamento pela seguinte expressão :

$$a_1 = \text{arco tang } f$$

em que  $f$  é o coeficiente de atrito parede a parede, o qual podemos considerar igual a 0,75.

- Chama-se de tensão activa máxima :

$$t_{\max} = 0,25 P_1 / r$$

em que  $P_1$  é a carga total sobre o arco.

- A acção de deslizamento é :

$$R_1 = 0,149 P_1$$

- A diferença entre a componente tangencial da carga e a reacção ao atrito é :

$$T_1' = 0,152 P_1$$

- As coordenadas do ponto de aplicação da escora são :

$$X = \rho \cos (\alpha / 2) ; Y = r \text{ sen } (\alpha / 2) ; r = r (T_1' / R_1) = 1,020 r$$

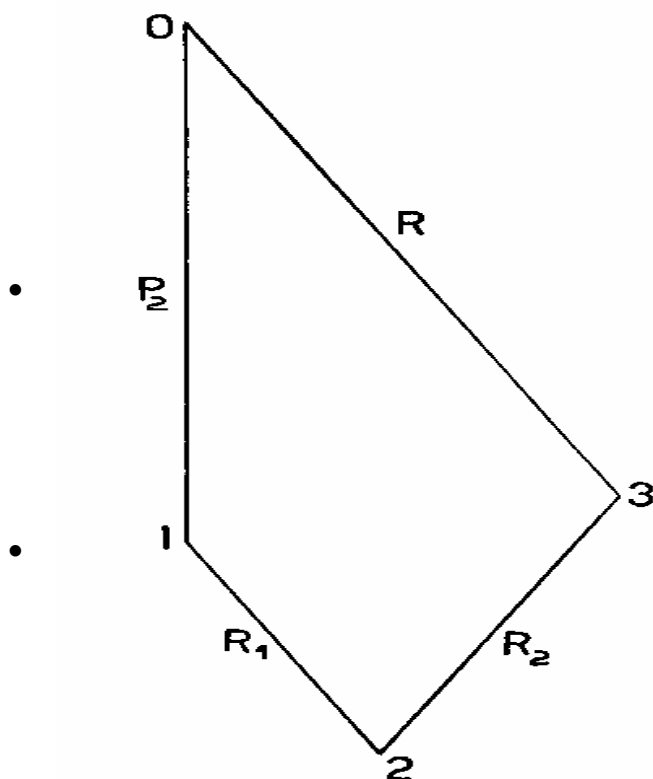
- As componentes verticais e horizontais de  $R_1$  são :

$$S_1 = R_1 \text{ sen } (\alpha_1 / 2) ; V_1 = R_1 \text{ cos } (\alpha_1 / 2)$$

- Finalmente teremos os seguintes valores para a localização e para o dimensionamento da escora:

$$X = 0,912 r ; Y = 0,456 r ; S_1 = 0,067 P_1 ; V_1 = 0,133 P_1$$

### Dimensionamento



- Para além dos valores anteriormente identificados, para o dimensionamento da escora também se deve ter em conta a massa da alvenaria que descarrega directamente sobre a pilastra.
- O peso  $P_2$  da massa de alvenaria acima da pilastra compõe-se com  $R_1$  e origina uma reacção com duas componentes; a da parede  $R_2$ , e a da escora  $R$ ;
- A reacção total  $R$ , paralela a  $R_1$ , é determinada traçando-se uma paralela à reacção da parede a partir do ponto 2 do polígono de forças.

### Dimensionamento da escora

- Calculada a força actuante sobre a escora e escolhida a sua secção transversal, é necessário efectuar-se uma verificação ao esmagamento e à carga de ponta.
- Na tabela seguinte são fornecidos dados indicativos sobre os valores das cargas de segurança dos materiais constituintes das escoras.
- Para esta verificação deve-se consultar o Anexo seguinte.

Cargas de segurança à compressão		
Número de ordem	Material	Kg/cm <sup>2</sup>
1	Madeira de abeto	50
2	Madeira de carvalho	80
3	Madeira de faia	80
4	Madeira de pinho vulgar	60
5	Ferro homogéneo	1200
6	Betão de cimento	40
7	Alvenaria de tijolo maciço e argamassa de cimento	18

## ANEXO

### CÁLCULO DO IMPULSO NAS ESCORAS DE RETENÇÃO

Antes de mais devemos recordar que a região submetida à flexão composta se apresenta, sob o ponto de vista da lesão (deformação e / ou fissuração), como uma superfície elíptica com o seu eixo maior ao longo da altura da parede. O ventre dessa lesão, ao longo do eixo vertical, está sempre situado na vertical do centro do impulso (ordenadas diferentes). Enquanto que ao longo do eixo horizontal, em geral, tem a mesma abcissa.

Posto isto, isolemos um prisma de alvenaria de comprimento  $\lambda$ , medido horizontalmente ao longo da fachada da parede, de espessura  $s$ , igual à espessura dessa parede, e de altura  $h$ , igual à da zona deformada.

Pode-se assimilar a inflexão deste prisma, de modo grosseiro, à de uma trave encastrada nos extremos e solicitada por uma carga concentrada, perpendicular ao eixo, aplicada no centro.

Se  $P$  for a carga de ponta e  $f_r$  for a flecha máxima, as solicitações na secção central serão dadas pela compressão axial consequente de  $P$  e do momento induzido por  $P f_r$ .

$$\text{Solicitação de compressão axial : } \sigma' = P / (s \lambda)$$

$$\text{Solicitação consequente do momento : } \sigma'' = \pm (6 P f_r) / (s^2 \lambda)$$

$$\text{A solicitação total será assim : } \sigma = \sigma' + \sigma'' = (P / s \lambda) (1 \pm 6 f_r / s)$$

Se na zona central da viga considerada, aplicarmos uma força concentrada horizontal  $S_r$  aplicada a toda a extensão  $\lambda$ , perpendicular ao paramento original e tal que crie um momento igual e contrário a  $P f_r$ , anularemos nessa região central o  $\sigma''$ , ou seja a solicitação induzida pelo momento.

$$\text{Nas vigas encastradas nos extremos, o momento é de : } M_r = S_r h_r / 8$$

$$\text{Assim, para que seja verificada a condição de momento nulo, devemos ter : } (S_r h_r / 8) + P f_r = 0$$

$$\text{Pelo que : } S_r = - (8 P f_r) / h_r$$

Se o raciocínio feito for aplicado a toda a inteira superfície arruinada, poderemos dividi-la em  $n$  prismas de comprimento  $\lambda$ , de espessura constante  $s$ , e de altura  $h$ , crescente a partir de uma faixa lateral para o ventre, e decrescente a partir deste para a outra faixa lateral.

$$\text{Nesta hipótese e nestas condições, o impulso total será : } S = - 8 P \sum_{r=1}^n f_r / h_r$$

É com base neste valor, que deverá ser calculado a escora ou o sistema de escoras.

Se a escora for inclinada com o ângulo  $\alpha$  relativamente à horizontal,

a solicitação axial nessa escora será de :  $\mathbf{R = S / \cos \alpha}$  ,

enquanto que a solicitação da viga situada ao longo da parede é :  $\mathbf{V = S \operatorname{tg} \alpha}$  .

No caso de aplicação de um sistema de escoras, obviamente, a cada um dos elementos deverá ser atribuída a solicitação correspondente ao prisma vertical a que esse elemento deverá reter a inflexão.

Deve-se sublinhar que o impulso horizontal consequente dos cálculos anteriores não é realmente o que a escora é, efectivamente e imediatamente, chamada a enfrentar e, de facto, o sólido não deve sofrer uma flecha negativa pela acção do escoramento, porque o objectivo deste escoramento não é o de anular a flecha da inflexão sofrida pela massa, nem de a reduzir, mas apenas a deve estabilizar impedindo o crescimento desse fenómeno.

A capacidade reactiva das escora deve ser entendida, por isso, como uma forma de energia de reserva que, quando for necessário, é chamada a actuar para impedir possíveis aumentos da flecha.