



Software para Arquitetura,  
Engenharia e Construção



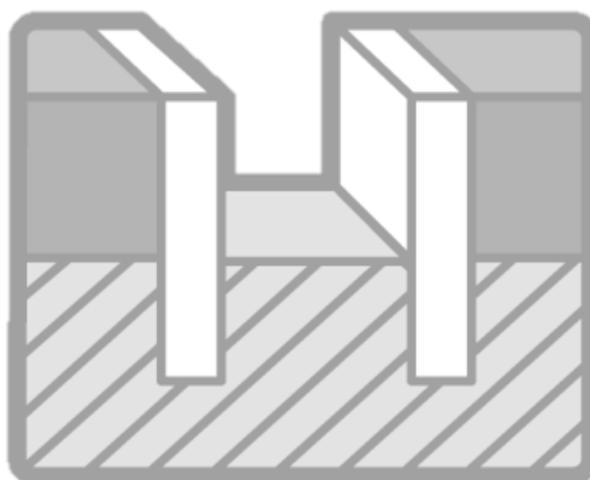
# StruBIM

## Embedded Walls

---

Manual do utilizador

*Memória de cálculo*



**IMPORTANTE: ESTE TEXTO REQUER A SUA ATENÇÃO E A SUA LEITURA**

A informação contida neste documento é propriedade da CYPE Ingenieros, S.A. e nenhuma parte dela pode ser reproduzida ou transferida sob nenhum conceito, de nenhuma forma e por nenhum meio, quer seja eletrónico ou mecânico, sem a prévia autorização escrita da CYPE Ingenieros, S.A.

Este documento e a informação nele contida são parte integrante da documentação que acompanha a Licença de Utilização dos programas informáticos da CYPE Ingenieros, S.A. e da qual são inseparáveis. Por conseguinte, está protegida pelas mesmas condições e deveres. Não esqueça que deverá ler, compreender e aceitar o Contrato de Licença de Utilização do software, do qual esta documentação é parte, antes de utilizar qualquer componente do produto. Se NÃO aceitar os termos do Contrato de Licença de Utilização, devolva imediatamente o software e todos os elementos que o acompanham ao local onde o adquiriu, para obter um reembolso total.

Este manual corresponde à versão do software denominada pela CYPE Ingenieros, S.A. como StruBIM Embedded Walls. A informação contida neste documento descreve substancialmente as características e métodos de manuseamento do programa ou programas que acompanha. O software que este documento acompanha pode ser submetido a modificações sem prévio aviso.

Para seu interesse, a CYPE Ingenieros, S.A. dispõe de outros serviços, entre os quais se encontra o de Atualizações, que lhe permitirá adquirir as últimas versões do software e a documentação que o acompanha. Se tiver dúvidas relativamente a este texto ou ao Contrato de Licença de Utilização do software, pode dirigir-se ao seu Distribuidor Autorizado Top-Informática, Lda., na direção:

Rua Comendador Santos da Cunha, 304  
4700-026 Braga  
Tel: 00 351 253 20 94 30  
<http://www.topinformatica.pt>

Traduzido e adaptado pela Top-Informática, Lda para a  
© CYPE Ingenieros, S.A.  
Setembro de 2023

Windows® é marca registada de Microsoft Corporation®

## Índice

|  |          |
|--|----------|
| <b>1. Memória de cálculo.....</b>  | <b>6</b> |
| 1.1. Modelo de cálculo .....   | 6        |
| 1.2. Impulsos.....   | 6        |
| 1.2.1. Cálculo sísmico .....   | 8        |
| 1.3. Verificações de estabilidade.....   | 8        |
| 1.3.1. Relação entre momento estabilizador e momento derrubador dos impulsos activos no tardoz ..... | 8        |
| 1.3.2. Reserva de segurança do impulso passivo na face exterior .....                                | 9        |
| 1.3.3. Verificação ao círculo de deslizamento .....  | 10       |
| 1.4. Verificação da armadura.....  | 10       |
| 1.5. Dimensionamento da armadura.....  | 13       |
| 1.5.1. Dimensionamento da armadura vertical.....   | 13       |
| 1.5.2. Dimensionamento da armadura horizontal.....   | 13       |
| 1.5.3. Dimensionamento dos rigidificadores .....   | 13       |
| 1.6. Dimensionamento de estacas-pranchas metálicas .....   | 13       |
| 1.6.1. Tensão com majoração por esbelteza .....  | 13       |
| 1.6.2. Tensão com excentricidade de carga no coroamento.....   | 13       |
| 1.6.3. Esbelteza.....  | 13       |
| 1.7. Dimensionamento em cortinas de microestacas .....   | 14       |

## Nota prévia

Devido à implementação de novas funcionalidades e melhorias no StruBIM Embedded Walls, é possível que pontualmente surjam imagens ou textos que não correspondam à versão atual. Em caso de dúvida consulte a Assistência Técnica em <https://www.topinformatica.pt/>.

## **Apresentação**

*Programa concebido para o cálculo de elementos de contenção de terras (Paredes moldadas, parede de estacas de betão, cortina de microestacas e estacas-prancha metálicas). Calcula esforços e deformações, dimensiona no caso de betão armado e também de estacas-prancha metálicas.*

*A introdução de dados pode, por opção do utilizador, ser realizada através de um assistente, este é de extrema importância nos casos correntes, otimiza o tempo de introdução de dados e garante que não será esquecida nenhuma das etapas.*

*O utilizador pode modificar qualquer tipo de dados sempre que o deseje.*

*Após a análise global dos elementos estruturais o programa efetua o dimensionamento e apresenta de imediato a respetiva listagem de verificações efetuadas.*

*O programa contém opções para edição das peças desenhadas. Permite ainda gerar as peças desenhadas, e também as escritas, para ficheiros que poderão ser editados posteriormente e trabalhados por cada engenheiro.*

*Este manual contém uma **Memória de Cálculo**, onde se explica a metodologia seguida pelo programa bem como a **implementação de normas** com as quais pode calcular.*

# 1. Memória de cálculo

---

## *Muito Importante*

*Deve ter em conta que o programa calcula a contenção periférica como elementos estruturais submetidos aos impulsos dos diferentes terrenos e cargas exteriores aplicadas à mesma.*

*Mas não se realizam verificações geotécnicas, tais como a determinação da sua resistência por ponta, resistência por atrito, pressão de percolação, etc., que devem ser objeto de um estudo complementar a partir da informação geotécnica, assim como os elementos como escoras, tipo de ancoragem, o seu tipo, diâmetro, comprimento de ancoragem, etc., que exigem igualmente o seu estudo estrutural complementar.*

---

## 1.1. Modelo de cálculo

O modelo de cálculo utilizado consiste numa barra vertical cujas características mecânicas se obtêm por metro transversal de parede. Sobre essa parede atua o terreno, tanto no tardoiz como na face exterior, as cargas sobre o terreno, os elementos de suporte lateral como escoras, ancoragens ativas e ancoragens passivas, os elementos construtivos como as lajes e as cargas aplicadas no coroamento.

A introdução de elementos de suporte como escoras, ancoragens ativas e ancoragens passivas introduzem condições de contorno da parede que se materializam através de molas de rigidez igual à rigidez axial do elemento.

Quando se introduz um estrato de rocha, o programa considera que a parede se encontra encastrada, se esta se introduzir com um comprimento maior ou igual a duas vezes a sua espessura. Entre 20 cm e duas vezes a espessura, considera-se que a parede apoia nesse estrato, isto é, é permitida a rotação, mas não o deslocamento nesse ponto.

A discretização da parede realiza-se cada 25 cm, obtendo para cada ponto o diagrama de comportamento do terreno. Além disso, acrescentam-se sobre a mesma os pontos nos quais se encontram os impedimentos laterais.

## 1.2. Impulsos

Os impulsos que o terreno realiza sobre a parede, dependem dos deslocamentos desta. Para ter em conta esta interação, utilizam-se uns diagramas de comportamento do terreno como o representado na figura seguinte:

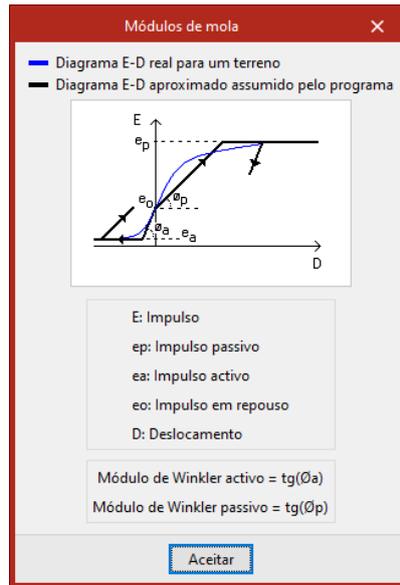


Fig. 1.1

Os pontos significativos do gráfico,  $e_a$ ,  $e_p$  e  $e_o$ , são os conhecidos impulso activo, passivo e repouso, respetivamente. Os deslocamentos limite activo e passivo representam-se por  $\delta_a$  e  $\delta_p$ . Estes deslocamentos obtêm-se através dos módulos de Winkler activo e passivo introduzidos pelo utilizador.

O programa calcula os coeficientes de impulso segundo a seguinte formulação:

- Impulso em repouso: fórmula de Jaky
- Impulso activo: fórmula de Coulomb
- Impulso passivo: fórmula de Coulomb

Para obter informação sobre o cálculo destes impulsos consulte o manual *Elementos de Contenção - Cálculo de impulsos*.

Os valores do módulo de Winkler, como qualquer parâmetro geotécnico, são de cálculo difícil. No programa apresentam-se uns valores orientadores de alguns tipos de terrenos, mas recomenda-se recorrer a literatura especializada e a ensaios empíricos para maior precisão. Normalmente, se existir um estudo geotécnico, este deve fornecer o valor exato deste módulo para as dimensões que a parede vai ter.

Estes módulos de Winkler representam a rigidez do terreno num ponto e pode ser diferente, segundo o sentido do deslocamento.

Além disso, dado que a rigidez do terreno aumenta com a profundidade, considera-se uma variação linear da mesma, que o utilizador introduz através do parâmetro conhecido como gradiente do módulo de Winkler, que não é mais que o incremento desse módulo por metro de profundidade.

Nesse diagrama considera-se que o terreno se comporta plasticamente, de maneira que entre uma fase e a seguinte atualiza-se o diagrama como se mostra na figura, onde  $\delta_{ant}$  é o deslocamento da fase anterior:

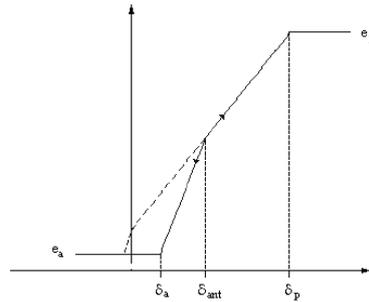


Fig. 1.2

Se a parede continuar a deslocar-se para a direita, obtém-se um ponto que se move pelo ramo de carga, enquanto que se mudar o sentido do seu deslocamento, o impulso mudará segundo o ramo de descarga que passa pelo ponto inicial.

Nos pontos da parede onde existe terreno tanto no tardoz, como na face exterior, o diagrama de comportamento utilizado obtém-se como soma dos diagramas correspondentes à profundidade num e noutra lado da parede.

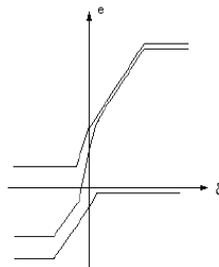


Fig. 1.3

### 1.2.1. Cálculo sísmico

A ação sísmica faz com que o impulso sobre os muros aumente transitoriamente.

O impulso ativo em condições sísmicas é maior que o correspondente à situação estática.

De forma similar, o impulso passivo que o muro pode transmitir contra o terreno pode reduzir-se consideravelmente durante os sismos. O impulso passivo em condições sísmicas é menor que o correspondente à situação estática.

Para a avaliação dos impulsos utilizou-se o método pseudoestático, com os coeficientes de impulso dinâmicos baseados nas equações de Mononobe-Okabe. Para mais informação consulte o manual *Elementos de Contenção - Cálculo de impulsos*.

Nos resultados de cada fase construtiva mostram-se dois gráficos: o primeiro sem ações de sismo e o segundo com a ação de sismo.

Da mesma forma, nas listagens de esforços, resultados de elementos de amarração, etc., aparecem ambos os casos.

## 1.3. Verificações de estabilidade

### 1.3.1. Relação entre momento estabilizador e momento derrubador dos impulsos activos no tardoz

No menu **Obra > Opções**, é possível definir os coeficientes de segurança para a realização desta verificação.

**Opções**

Percentagem perdas: 10.0 %

Comprimento máximo varões verticais: 12.00 m

Varões verticais alinhados de frente:

Dimensionar à fendilhação

Com separação segundo o tamanho máximo do inerte Factor: 5.0

Com armadura tardoz e face exterior simétrica

Considerar combinações de flexão simples

**Microestacas**

Recobrimento mínimo: 2.00 cm

Recobrimento máximo: 10.00 cm

Considerar unicamente a secção do núcleo de betão

| Coeficientes de segurança            | Sem sismo | Com sismo |
|--------------------------------------|-----------|-----------|
| Equilíbrio de momentos               | 2.00      | 1.50      |
| Relação de impulsos                  | 1.50      | 1.20      |
| Círculo de deslizamento desfavorável | 1.50      | 1.20      |

Coef. amplificador do impulso para sobrecargas lineares e em faixa: 2.00

Gravar como opções por defeito

Aceitar | Valores de instalação | Cancelar

Fig. 1.4

Este coeficiente representa, para cada fase, a relação entre o momento estabilizador, produzido pelo impulso passivo na face exterior, relativamente ao momento derrubador produzido pelo impulso ativo no tardoz. Ambos os momentos calculam-se relativamente à cota de fundo da contenção periférica, quando esteja em consola, ou relativamente à cota do apoio, no caso de que este seja único. Se existir mais de que um apoio, a contenção periférica está equilibrada e não tem sentido calcular este coeficiente.

Pode definir coeficientes diferentes para as verificações com e sem ação sísmica.

O programa mostra os resultados de cada fase na listagem de **Verificações de estabilidade (Coeficientes de segurança)**. Poderá aceder a esta listagem selecionando a opção **Arquivo > Listagens**. Também se podem visualizar estas verificações na opção **Cálculo > Verificar**. Se existir mais do que um apoio, a contenção periférica está equilibrada e não tem sentido calcular este coeficiente. Por este motivo, nas fases onde esta situação aconteça, nas listagens aparecerá o texto "Não procede".

#### Verificação

| Referência: Verificações de estabilidade (Coeficientes de segurança): exemplo (Exemplo prático)  |                                 |             |
|--|---------------------------------|-------------|
| Verificação  | Valores                         | Estado      |
| Relação entre o momento originado pelos impulsos passivos na face exterior e o momento originado pelos impulsos activos na face exterior <sup>(1)</sup><br>- Escavação até à cota: -6.00 m <sup>(1)</sup><br><sup>(1)</sup> Existe mais de um apoio. |                                 | Não procede |
| Relação entre o impulso passivo total na face exterior e o impulso realmente mobilizado:<br>Acção básica:<br>- Escavação até à cota: -6.00 m:<br>Valor introduzido pelo utilizador.  | Mínimo: 1.5<br>Calculado: 1.789 | Verifica    |
| Cumpram-se todas as verificações   |                                 |             |

Fig. 1.5

### 1.3.2. Reserva de segurança do impulso passivo na face exterior

No menu **Obra > Opções**, é possível definir os coeficientes de segurança para a realização desta verificação. Este coeficiente representa, para cada fase, a relação entre o impulso passivo total mobilizado e o impulso passivo realmente mobilizado na face exterior.

Pode definir coeficientes diferentes para as verificações com e sem ação sísmica.

O programa mostra os resultados de cada fase na listagem de **Verificações de estabilidade (Coeficientes de segurança)**. Poderá aceder a esta listagem selecionando a opção **Arquivo > Listagens**. Também se podem visualizar estas verificações na opção **Cálculo > Verificar**.

### 1.3.3. Verificação ao círculo de deslizamento

O programa pode analisar a estabilidade global mediante a obtenção do círculo de deslizamento desfavorável. Pode-se consultar no ecrã (a fase que se está a visualizar) com a opção **Círculo de deslizamento desfavorável**, no menu **Cálculo**.

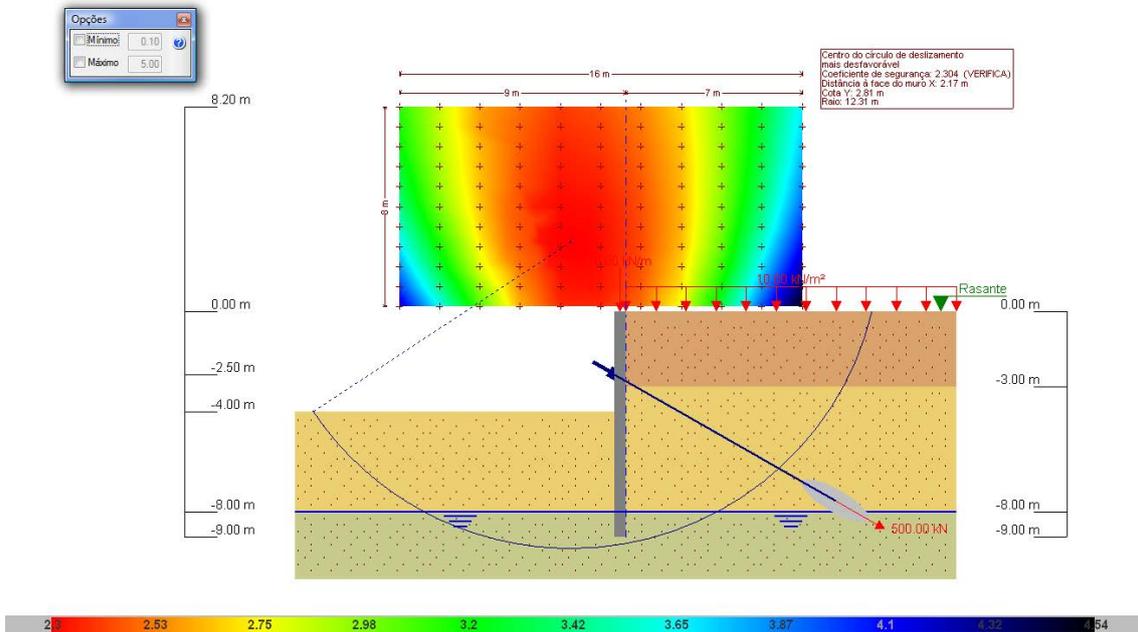


Fig. 1.6

A verificação ao círculo de deslizamento desfavorável realiza-se para as fases em que não existe nenhuma laje construída, pois nas fases em que estas estão em serviço, supõe-se que a construção realizada até a esse momento impede a ocorrência do círculo de deslizamento. O resultado poderá ser consultado na listagem **Verificações de estabilidade (Círculo de deslizamento desfavorável)**. Poderá aceder a esta listagem em **Listagens**.

No menu **Obra > Opções**, é possível definir os coeficientes de segurança para a realização desta verificação. Pode definir coeficientes diferentes para as verificações com e sem ação sísmica.

### 1.4. Verificação da armadura

A seguir, pormenorizam-se todas as verificações que se realizam para a armadura de uma parede de betão. Em primeiro lugar, realiza-se a verificação da armadura horizontal e vertical, verificando se satisfazem tanto os critérios geométricos como resistentes. Posteriormente verificam-se os rigidificadores.

Para as verificações resistentes, estabelecem-se secções de verificação cada 0,25 m. Em cada uma das secções obtêm-se os esforços de cálculo a partir dos resultados de cada uma das fases, segundo as seguintes ações:

- **H1:** Esforço axial, transversal e momento fletor de cada fase multiplicados pelo coeficiente de majoração.
- **H2:** Esforço axial nulo, transversal e momento fletor multiplicados pelo coeficiente de majoração.

Para as verificações de estados limite últimos, utiliza-se o coeficiente de majoração introduzido pelo utilizador, em função de se tratar de uma fase definitiva ou de serviço. Para as verificações de estados limite últimos de serviço (fendilhação), os coeficientes de majoração consideram-se iguais à unidade.

Os esforços calculam-se sempre por painel e a verificação realiza-se considerando como área resistente do mesmo, a indicada na seguinte figura.

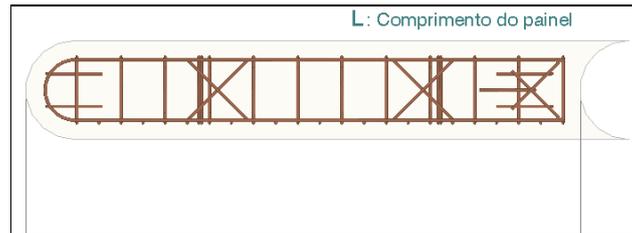


Fig. 1.7

Pode consultar a listagem de verificações no ecrã ao utilizar as opções de dimensionamento ou verificação do programa. Junto a cada verificação indica-se o capítulo correspondente da norma que se deve cumprir. Nos casos em que não exista um critério a cumprir, utilizar-se-ão os das normas de betão espanholas e bibliografia de reconhecido prestígio.

É por isso muito importante que reveja a listagem de verificações, pois ela indicará todas as realizadas, os valores de cálculo e os da norma.

Consulte-a sempre que o considere necessário e na dúvida, liste-a para se assegurar do cumprimento de todos os pontos.

Os estados a verificar são:

- **Recobrimento**

Por se tratar de um elemento betonado contra o terreno, o recobrimento geométrico da armadura deve ser igual ou superior a 7.5 cm, isto no caso de se utilizar a **norma EC-2** o programa considera o **artigo 4.4.1.3**.

- **Separação mínima de armaduras**

Para permitir uma betonagem correta, exige-se uma separação mínima entre armaduras, que no caso de se utilizar a **norma EC2** o programa considera o **artigo 8.2 (2)**.

- **Afastamento máximo entre armaduras**

O valor máximo permitido para o afastamento entre varões da armadura vertical e entre varões da armadura horizontal, é no caso de se utilizar a **norma EC2** o valor definido no **artigo 9.3.1.1 (3)**.

- **Quantidade mínima geométrica**

De forma a controlar-se a fendilhação devida a deformações originadas pelos efeitos de temperatura e retração, impõem-se quantidades mínimas para a armadura de distribuição horizontal por face, para a armadura vertical face tracionada e face comprimida.

- **Quantidade máxima geométrica**

No caso de se utilizar a **norma EC-2** o programa considera o **artigo 9.6.2 (1)**.

- **Quantidade mínima mecânica**

Para a armadura vertical, exigem-se quantidades mínimas mecânicas para que não se produzam roturas frágeis, ao fissurar-se a secção devido aos esforços de flexão composta.

Se a armadura de tração resultante do cálculo se traduzir em  $A_s < 0.04 f_{cd} / f_{yd} \times A_c$ , verifica-se que se dispõe, como armadura de tração, pelo menos  $\alpha A_s$ , onde:

$$\alpha = 1.5 - 12.5 \times A_s \times f_{yd} / (A_c \times f_{cd})$$

Aliás, verifica-se nos casos de solicitações por flexão composta ( $N_d > 0$ ), que a quantidade de armadura de compressão ( $A'_s / A_c$ ) seja superior a:

$$(A'_s / A_c) \geq 0.05 N_d / (f_{yd} \times A_c)$$

Para a armadura horizontal, verifica-se que se dispõe pelo menos de 20% da armadura vertical.

- **Verificação de flexão composta**

A verificação resistente da secção realiza-se utilizando o diagrama de tensão-deformação simplificado parábola-retângulo apto para delimitar a zona de esforços de rotura a flexão composta da zona de não rotura de uma secção de betão armado. Ao realizar-se a verificação à flexão composta tem-se em atenção que as armaduras encontram-se com os devidos comprimentos de amarração, com o fim de poder-se considerá-las efetivas no cálculo à flexão composta. Aliás, como os esforços devidos à flexão composta atuam conjuntamente com o esforço transversal, produz-se uma interação entre ambos os esforços. Este fenómeno tem-se em conta decalando a lei de momentos flectores uma determinada distância no sentido que resulte mais desfavorável.

- **Verificação de esforço transversal**

A verificação ao esforço transversal realiza-se em diferentes alturas da parede. Não existindo armadura transversal na secção, apenas se considera a contribuição do betão na resistência ao corte. O valor da contribuição do betão ao esforço transversal equaciona-se a partir de um  $V_{cu}$  que se obtém de maneira experimental. Este  $V_{cu}$  inclui-se habitualmente dentro da verificação ao corte por tração na alma da secção. Na aplicação, consideraram-se as distintas expressões que avaliam esta componente  $V_{cu}$  segundo a norma escolhida.

- **Verificação de fendilhação**

O estado limite de fendilhação é um estado limite de utilização que se verifica com a finalidade de controlar o aparecimento de fissuras nas estruturas de betão armado. No caso das paredes moldadas, o controle de fissuração é muito importante pois esta produz-se na face do tardo. Esta é uma zona que não se pode observar habitualmente, onde é possível proliferar a corrosão das armaduras. Desta forma, pode ocorrer a deterioração do muro sem que se consiga apreciar os efeitos negativos atuantes.

Trata-se de controlar as fissuras originadas devido às ações que diretamente atuam sobre o muro (terreno, nível freático, sobrecargas, etc.) e não as fissuras devidas à retração e temperatura, que são tidas em conta ao considerar os mínimos geométricos.

Para o cálculo da abertura limite de fenda, seguiu-se um processo simplificado em flexão simples, com o qual se obtém resultados do lado da segurança relativamente aos esforços obtidos através dos métodos usados na flexão composta.

Para as distintas normas implementadas, segue-se o método geral de cálculo de abertura de fendas e compara-se os resultados obtidos com os limites impostos por cada norma, segundo o tipo de exposição ou ambiente, na qual se encontra inserida a estrutura.

A abertura característica de fissura calcula-se da seguinte forma:

$$W_k = 1.7 s_m \times e_{sm}$$

sendo:

$s_m$ : separação média de fendas na zona de recobrimento

$e_{sm}$ : espaçamento médio das armaduras na zona de recobrimento, tendo em conta a colaboração do betão entre fendas

Enquanto para estados limites últimos à flexão composta e esforço transversal se utilizam as combinações de ações correspondentes aos estados limites últimos, no caso da fendilhação aplicam-se as combinações de ações correspondentes às ações características. O programa atua calculando a abertura característica de fenda  $W_k$  para todas as hipóteses.

Repete-se o cálculo a diferentes cotas da parede procedendo-se da mesma forma nas verificações à flexão composta e de esforço transversal. Determina-se o valor mais desfavorável e compara-se com o valor limite de abertura de fenda, indicado por cada norma. Deste modo é possível determinar se cumpre ou não este estado limite de serviço.

- **Verificação de comprimentos de emenda**

O cálculo dos comprimentos de emenda realiza-se segundo a seguinte expressão:

$$l_s = \alpha \times l_{b,net}$$

sendo,

$l_s$ : comprimento de sobreposição

$l_{b,net}$ : comprimento de amarração do varão emendado

$\alpha$ : coeficiente entre a percentagem de varões emendados e a secção total dos varões

- **Verificação dos rigidificadores horizontais**

Verifica-se que o diâmetro dos rigidificadores é, como mínimo, igual ao da armadura base e que estes se distribuem uniformemente ao longo de todo o comprimento da parede, de forma que a separação entre os mesmos seja menor ou igual a 2.5 m.

- **Verificação dos rigidificadores verticais**

As verificações são análogas às verificações dos rigidificadores horizontais, mas verifica-se para este caso que a separação entre os mesmos seja menor ou igual a 1.5 m.

## **1.5. Dimensionamento da armadura**

### **1.5.1. Dimensionamento da armadura vertical**

De todas as entradas da tabela de armadura, seleciona-se a mais económica de todas as que cumpram os critérios de separação, quantidade e resistência. A armadura base, além de cumprir os critérios de separação e quantidade mínima, deve cobrir pelo menos 50% do momento máximo. Nas zonas nas quais essa armadura base não cumpra as verificações de flexão composta e fendilhação, dispõem-se reforços.

No caso dos comprimentos dos varões serem superiores ao máximo introduzido pelo utilizador, geram-se as emendas necessárias.

### **1.5.2. Dimensionamento da armadura horizontal**

De todas as entradas da tabela de armadura, seleciona-se a mais económica das que cumpram os critérios de separação e quantidade descritos anteriormente para a armadura horizontal.

### **1.5.3. Dimensionamento dos rigidificadores**

O diâmetro do rigidificador, tanto vertical como horizontal, será igual ao maior entre o do tardo e da face exterior. Dispõe-se um número tal que a separação dos rigidificadores horizontais seja como máximo de 2.5 m e a dos verticais de 1.5 m.

## **1.6. Dimensionamento de estacas-pranchas metálicas**

Uma vez escolhida uma série e um perfil dentro da série, procede-se ao dimensionamento. No caso de não cumprir o perfil escolhido, o programa coloca o seguinte na série e volta a calcular a cortina, uma vez que ao mudar o perfil, mudam também os esforços. A seguir volta-se a verificar e se também não cumprir, repete-se o processo.

As verificações que se fazem neste tipo de cortinas são as seguintes:

### **1.6.1. Tensão com majoração por esbelteza**

Tensão de Von Mises calculada a partir da tensão normal (função do esforço axial, coeficiente de encurvadura devido à esbelteza, momento fletor e módulo resistente) e a tensão tangencial (função do esforço transversal e a área resistente ao esforço transversal).

### **1.6.2. Tensão com excentricidade de carga no coroamento**

Neste caso, em vez de se multiplicar o esforço axial pelo coeficiente de encurvadura como no caso anterior, tem-se em conta um momento adicional calculado com o esforço axial de coroamento pela excentricidade máxima produzida pela deformação da cortina.

### **1.6.3. Esbelteza**

Sendo um elemento comprimido, verifica-se que a esbelteza da estaca-prancha não supere o valor recomendado pela norma.

## 1.7. Dimensionamento em cortinas de microestacas

As cortinas de microestacas são elementos cilíndricos, perfurados *in situ*, armados com tubagem de aço e injetado com leitada ou argamassa de cimento e cujos diâmetros não superam normalmente os 30 cm. Define-se o diâmetro exterior ou diâmetro da escavação, e o programa dimensiona o tubo cilíndrico de aço definível na biblioteca. O dimensionamento da microestaca realiza-se em flexão composta. Para o cálculo da secção de betão em estados limites últimos, utiliza-se o método da parábola-retângulo, com os diagramas tensão-deformação do betão e do aço. A partir da série do perfil selecionado para a obra, verificam-se de forma sequencial crescente todos os perfis da série. Estabelece-se a compatibilidade de esforços e deformações e verifica-se que não se superem as tensões do betão e do aço nem os seus limites de deformação. Considera-se a excentricidade mínima ou acidental, assim como a excentricidade adicional de encurvadura segundo a norma, limitando o valor da esbelteza mecânica, de acordo com o indicado na norma.

O comprimento de encurvadura considerado é livre em cada fase, tendo em conta que a parte totalmente enterrada se considera que não pode encurvar, ou então a distância entre pontos de momento nulo (quando existam lajes, escoras, etc. que produzam inflexões no diagrama de momentos fletores).

O dimensionamento máximo do tubo circular estará limitado pelo diâmetro da microestaca.