

5. Detalhamento de Pilares e Paredes. Desenho pormenorizado do pilar e das paredes, incluindo o corte dos comprimentos e um quadro com os comprimentos de todos os barras.

6. Ações em fundação. Desenho dos arranques de fundação com as cargas no arranque (por ação), expressas em eixos gerais. Incluem-se pilares e paredes.

7. Muros de cave. Alçado de cada tramo de muro, com tabela de armaduras em cada tramo por piso, incluindo medição aproximada.

8. Desenho de cargas. Desenharam-se as cargas especiais aplicadas por ações para cada grupo.

9. Desenho de consolas curtas. Desenha-se a geometria e a armadura.

1.14. Verificação e dimensionamento de elementos

Para o dimensionamento das seções de concreto armado em estados limites últimos, utiliza-se o **método da parábola-retângulo** e o **diagrama retangular**, com os diagramas tensão-deformação do concreto e para cada tipo de aço, de acordo com a norma vigente (ver o capítulo **Implementação de Normas**).

Utilizam-se os limites exigidos pelas percentagens mínimas indicadas pelas normas, tanto geométricas como mecânicas, assim como as disposições indicadas referentes ao número mínimo de barras, diâmetros mínimos e separações mínimas. Esses limites podem-se consultar e modificar no tela em

Opções. Outros estão gravados em arquivos internos.

No desenho pode-se incluir qualquer tipo de pormenor de construção ou desenho em formato DXF ou DWG, além de utilizar os recursos de edição que o programa permite: cotas, textos, linhas, pormenores e arcos. Pode-se aplicar qualquer escala, espessura dos traços, tamanho de letra, etc., de forma que se pode personalizar completamente o desenho. Todos os elementos estão definidos em ,layers™ e podem-se selecionar para cada desenho os elementos que se desejar. Basicamente podem-se desenhar os seguintes desenhos:

1. Planta Estrutural. Desenho e cotas de todos os elementos por pisos e referente aos eixos de implantação. Inclui como opção as áreas e volumes de lajes, assim como quantidades de aço, no quadro de informação.

2. Plantas de Lajes. Geometria de todos os elementos em piso, vigas, pilares, paredes, muros, lajes de vigotas (indicando momentos positivos e esforços cortantes extremos em vigotas, comprimentos e reforços de negativos), armaduras em lajes maciças e, em lajes nervuradas, pormenorizando num quadro a armadura base e lajes, assim como em maciços de pilares e nervuras de lajes nervuradas, reforço ao Punçionamento, zonas maciças e nervuradas. Pode-se detalhar um quadro resumo com a medição e os seus totais. Também se pode obter desenhos dos elementos de fundação.

3. Detalhamento de Vigas. Desenho dos pórticos, que inclui o nome, as escalas, dimensões, cotas, número, diâmetro e comprimentos das armaduras, assim como posição, estribos, tipo, diâmetro e separação. Podem-se detalhar as armaduras num quadro resumo e o total da medição.

. **Quadro de Pilares e Placas de Amarração.** Esquema das seções de pilares, no qual se indica o número, posição, estribos, tipo, diâmetro, comprimentos, perfis metálicos e se agrupa por tipos iguais. Inclui-se um quadro das placas de amarração em arranque de pilares metálicos, com as suas dimensões, parafusos e geometria. Podem-se desenhar ou selecionar por pisos, além de incluir um resumo da medição.

- Listagem de pilares e paredes, que incluem a listagem de armaduras, esforços em arranques, esforços por ação e esforços desfavoráveis em pilares e paredes.
- Listagem de deslocamentos por ação em cada pilar e em cada piso.
- Listagem de efeitos de segunda ordem.
- Listagem de cargas de vento.
- Listagem de coeficientes de participação de sismo, que inclui período dos modos, coeficiente de participação de massas mobilizadas, e coeficiente sísmico resultante em cada direção (análise dinâmica).
- Listagem de deslocamentos máximos de pilares, em cada piso para todos os pilares, na combinação mais desfavorável para cada direção (não são concomitantes).
- Listagem de distorções máximas em pilares.
- Listagens de fundações. Podem-se obter listagens dos dados de materiais, ações e geometria de sapatas, maciços de encabeçamento de estacas e vigas de equilíbrio e alavanca, assim como a sua medição. No entanto, obtêm-se as listagens de verificação de cálculo desses elementos de fundação.
- Listagens de consolos curtos.

As listagens complementam a informação gráfica que se pode obter no tela, assim como os desenhos que definirão a geometria e armaduras do projeto.

1.13. Desenhos

Os desenhos de projeto podem-se configurar em diferentes formatos, quer sejam standard, quer definidos pelo usuário, assim como os tamanhos de papel. Além disso podem-se desenhar em diferentes periféricos: impressora, plotter ou arquivos DXF ou DWG. Será necessário configurá-los em Windows para o seu correto funcionamento e ter instalados os drivers correspondentes.

Isovalores em lajes maciças e nervuradas

Neste capítulo, para lajes maciças e nervuradas, podem-se visualizar os deslocamentos, esforços e quantidades em cm 2 /m em todos os panos de qualquer grupo.

1.12. Listagens na impressora

Os dados introduzidos e os resultados de cálculo podem-se listar na impressora ou num arquivo de texto. Podem-se imprimir os seguintes dados:

- Listagens gerais. Incluem o nome da obra, grupos, pisos, alturas, coordenadas e dimensões de pilares e a sua ligação, paredes, dados de ações gravitacionais, vento, sismo, materiais utilizados, lajes introduzidas, geometria e peso próprio.
- Listagem de cargas especiais, geometria e cargas de peso próprio e lajes utilizadas.
- Listagem de armaduras em vigas. Pode conter as envoltórias de capacidades mecânicas necessárias, momentos cortantes, momentos torsores, armadura disposta, flecha ativa.
- Listagem de envoltórias, com o desenho das envoltórias de momentos, cortantes e torsores.
- Listagem de medição de vigas.
- Listagem de etiquetas: detalhamento de armadura de vigas.
- Listagem de intercâmbio. Trata-se de um arquivo de texto que inclui a informação da armadura de vigas.
- Listagem de medição de superfícies e volumes de panos de laje e de vigas.
- Listagem de medição de vigotas por tipos e comprimentos.
- Listagem de medição de armadura de reforço de negativos de vigotas.
- Listagem de quantidades por metro quadrado da obra.
- Listagem de armaduras de lajes maciças e nervuradas.
- Listagem de esforços em vigas inclinadas, com as envoltórias de momentos, axiais, cortantes e a armadura colocada.

Resultados de paredes, muros de cave e muros de alvenaria

Podem-se consultar os diagramas de tensões normais e tangenciais em toda a altura da parede para cada combinação calculada, assim como os diagramas de deslocamentos para as ações definidas.

Os isovalores desenham-se a cores e escalas segundo valores proporcionais, indicando-se os mínimos e máximos.

Pode-se consultar e modificar a armadura, ao critério do usuário, assim como as espessuras, ficando a vermelho quando não cumpre. É possível redimensionar.

Existe uma informação codificada com mensagens para explicar o estado do cálculo.

Também pode consultar o fator de cumprimento em % da armadura colocada e as zonas a reforçar, se existirem.

Pode listar os esforços desfavoráveis no tramo. **Resultados do cálculo dos efeitos de 2ª ordem** Se tiverem considerado os efeitos de segunda ordem, quer seja pela ação do vento ou do sismo, podem-se consultar os resultados do cálculo e ver no tela os valores dos fatores de ampliação de esforços aplicados e o coeficiente de majoração da ação horizontal em cada combinação na qual intervém. Tudo isto se explica na introdução de dados e pode-se imprimir uma informação dos resultados.

Resultados de vento

Podem-se consultar os valores da carga de vento X e de vento Y a nível de cada piso e imprimir os resultados.

Resultados de sismo

Podem-se consultar os valores do período de vibração para cada modo considerado, o coeficiente de participação das massas mobilizadas em cada direção e o coeficiente sísmico correspondente ao espectro de deslocamentos resultante.

cortantes e tursor) em qualquer ponto de qualquer piso em toda a altura do pilar, assim como visualizar os diagramas de esforços.

No entanto, podem-se consultar os esforços majorados mais desfavoráveis de qualquer tramo que determinam a armadura colocada (recorde que para uma armadura verificada podem existir várias combinações desfavoráveis, isto é, que verificam essa armadura, mas não cumprem para a armadura imediata anterior verificada), assim como os diagramas de deformações e tensões do concreto e do aço numa reta perpendicular à linha neutra. Também se podem consultar os momentos resultantes por ampliação devida à excentricidade acidental e a de segunda ordem (flambagem), que aparecem em baixo do quadro dos esforços desfavoráveis em cor vermelha.

Se o pilar não cumprir, não se dimensiona a armadura e o texto ,Armadura Manual™ indicará que há seção insuficiente, com a informação codificada (p.e. **Ee** = esbelteza excessiva). Esta mensagem pode-se dar noutros casos como **Qe** = quantidade excessiva, por exceder os limites máximos da norma, apesar de neste caso se deixar uma armadura.

Se modificar a armadura ou as dimensões e não cumprir, aparecerá à esquerda um sinal indicativo de ter ultrapassado os limites de proibição ou de quantidades máximas.

Se as modificações forem importantes é **conveniente** voltar a calcular a obra, já que as rigidezes terão variado.

Depois de se consultarem os dados passa-se à fase seguinte para obter os resultados gráficos.

Se ficar algum pilar com seção insuficiente, não se desenhará, nem se medirá.

Com a opção **Quadro de Pilares**, podem-se agrupa pilares entre si. Ficarão a **vermelho** os que não cumprirem.

•Esforços por hipóteses de qualquer nó, e quantidade de armadura necessária para cálculo em cada direção de armadura. O método de cálculo para a obtenção dos esforços de cálculo é o método de Wood, internacionalmente conhecido, necessário para a correta consideração dos momentos de ambos os sinais e os torsões. •Deslocamento máximo por lajes e por ação. Não se deve confundir com flechas. No caso de lajes de fundação indica os assentamentos. Se saírem positivos existe levantamento e o cálculo não seria correto com a teoria aplicada.

•Consulta das armaduras obtidas em qualquer direção longitudinal, transversal, superior e inferior e da armadura base definida, se a houver.

•Verificação e armadura, se for o caso, ao Punçionamento e esforço cortante das zonas maciças e nervuras da zona nervurada. •Igualação de armadura em qualquer direção aos valores máximos em quantidades e comprimento.

•Modificação da armadura longitudinal em qualquer direção, em número, diâmetros, separação, comprimentos e patilhas.

•Tensões excessivas em lajes de fundação. Se se tiverem introduzido linhas de flexão antes do cálculo, devem-se cumprir uns comprimentos mínimos de reforço e amarração de armadura positiva, de acordo com o indicado na opção de comprimentos mínimos de lajes maciças e nervuradas. É **recomendável** fazer esta introdução antes do cálculo, pois, se fizer posteriormente, as amarrações serão construtivas (30 cm) e não se recalcularão. Todas estas modificações efetuam-se no tela e segundo o critério do usuário.

É possível rearmar as lajes maciças e nervuradas depois do primeiro cálculo. Basta executar a opção **Rearmar lajes**, para obter uma nova armadura com os esforços do cálculo inicial.

Resultados de pilares

É possível consultar as armaduras dos pilares e modificar as suas dimensões, de modo a obter-se uma nova armadura. Também se pode modificar a sua armadura. Pode também consultar no tela os ,Esforços em Pilares™ por ação (axial, momentos, esforços

•Momentos fletores e esforços cortantes em extremos majorados por metro de largura em vigotas ou tipo de vigota.

Podem-se uniformizar os momentos e esforços cortantes de vigotas e os negativos em função de valores médios, percentagens de diferenças, ou máximos. Todos os valores anteriores podem-se modificar para a obtenção de desenhos, ao critério do usuário (exceto os esforços cortantes). Consulte o manual **Lajes de vigotas** deste manual, para obter mais informação sobre dados e resultados.

Resultados de lajes mistas Consulte o manual. **Lajes mistas** desta memória.

Resultados das lajes alveolares

Podem-se consultar:

- Envoltórias de momentos e de esforços cortantes da faixa da laje selecionada e igualada por metro de largura.
- Tipo de laje selecionada para o cálculo.
- Armadura superior de negativos em apoios, indicando número, diâmetro, separação e comprimentos de barras.
- Informação de flechas.
- Erros do cálculo, quer seja por momento, esforço cortante, flecha ou ambiente.

É possível modificar o tipo de laje, assim como a armadura de negativos.

Resultados de pavimentos de lajes maciças, nervuradas e lajes de fundação Dados dos panos das lajes introduzidas. •Armadura base definida e, se for o caso, modificada pelo cálculo.

- Malha dos elementos discretizados (ver Modelo 3D)
- Diagrama de envoltórias de áreas de reforço necessárias por metro de largura, nas direções de armadura definidas, superior e inferior.
- Deslocamentos em mm. Por ação em qualquer nó.

- Coeficiente de engastamento em bordos de vigas.
- Perfis calculados em vigas metálicas e perfil que cumpre da série de perfis. Em vigas metálicas mistas também se obtém o dimensionamento dos parafusos de ligação.

É possível modificar a seção das vigas. Se se tiverem alterado as dimensões das vigas, pode-se executar a opção **Rearmar** para obter uma nova armadura com os mesmos esforços do cálculo inicial. Neste caso devem-se verificar de novo os erros.

Podem-se rearmar apenas os pórticos que mudaram de dimensões, conservando aqueles onde se tiver retocado apenas a armadura, ou rearmar todos, em cujo caso se calcula a armadura em todas as vigas modificadas.

Se as variações de dimensão forem grandes é **muito conveniente** voltar a calcular a obra.

Pode retocar as armaduras das vigas, se o considerar oportuno, sob a sua responsabilidade. O programa mostra um código de cores para verificar o seu cumprimento. Se tiver alterado dimensões em **Erros**, estude a conveniência de rearmar, para obter nova armadura.

Cargas especiais

Podem-se visualizar de forma gráfica os valores de todas as cargas especiais introduzidas: pontuais, lineares e superficiais. Cada conjunto de cargas associadas a hipóteses diferentes tem um código de cor distinta. Desta forma pode-se verificar se os dados estão corretos. Se realizar alguma modificação deve-se voltar a calcular.

Resultados de lajes de vigotas

No que se refere às lajes de vigotas podem-se consultar os seguintes dados:

- Envoltórias de momentos e esforços cortantes em alinhamentos de vigotas (valores majorados e por vigota).
- Armadura de negativos em vigotas. Considera-se o seu número, diâmetro e comprimentos.

1.11.1. Consulta no tela

Podem-se consultar em qualquer momento os seguintes dados.

Dados gerais da obra É conveniente rever os dados introduzidos: dados de pilares, de grupos (sobrecarga, revestimentos e paredes divisórias), altura de pisos, ações de vento e sismo, materiais utilizados, opções, tabelas de armadura, etc. As opções contidas neste capítulo gravam-se com a obra, assim como as tabelas de armadura convertidas em especiais, o que é conveniente para gravar em suporte magnético e posterior cálculo, passado um tempo. Se não fizer assim, e tiver modificado opções ou tabelas, poderá obter resultados diferentes.

Se se modificar estes dados, deve-se recalcular a obra.

Se dão como válidos, pode-se continuar com a consulta dos resultados. É possível mudar opções e tabelas, e rearmar para obter um novo resultado.

Resultados de vigas normais e de fundação

Podem-se consultar todos os dados das vigas:

- Flecha ativa e outras flechas, relação flecha/vão, consideração de momentos mínimos.
- Envoltórias em vigas com ou sem sismo, com os momentos fletores, esforços cortantes e momentos torsões. Pode-se medir tudo isto de forma gráfica e numérica.
- Armadura de vigas, considerando o número de barras, o diâmetro, os comprimentos e os estribos com os seus comprimentos. Estes resultados podem-se modificar. Podem-se consultar as áreas de reforço superior e inferior, necessárias e de cálculo, tanto longitudinal como transversal.
- Erros em vigas: flecha excessiva, separação entre barras, comprimentos de amarração, armadura comprimida, e compressão oblíqua por cortante e/ou torção e todos os dados de dimensionamento ou armadura inadequada. Pode-se atribuir códigos de cores para avaliar a sua importância.

Se existirem problemas de estabilidade global, deve-se rever a estrutura, quando se tiverem considerado efeitos de segunda ordem.

A quarta fase consiste na obtenção das envoltórias de todas as combinações definidas, para todos e para cada um dos elementos: vigas, lajes, pilares, etc.

Na quinta e última fase procede-se ao dimensionamento e armadura de todos os elementos definidos, de acordo com as combinações e envoltórias, geometria, materiais e tabelas de armadura existentes. No caso de se superar em alguma viga a resistência do concreto por compressão oblíqua, emite-se uma mensagem. O programa continua até ao fim, emitindo uma informação.

Ao finalizar o cálculo, indicam-se os erros mais problemáticos surgidos durante o cálculo. Pode-se consultar no tela ou também imprimir num arquivo ou impressora dependendo do tipo de erro. Outros erros devem-se consultar em cada elemento, pilar, viga, laje, etc.

1.11. Obtenção de resultados

Terminado o cálculo, pode consultar os resultados no tela, obter listagens em arquivos de texto ou impressora e copiar numa disquete a obra.

Os elementos de fundação definidos ,com vinculação exterior: sapatas bloco sobre destacas, vigas de equilíbrio e alavanca, podem-se calcular simultaneamente ou posteriormente. Todos estes elementos de fundação podem-se editar, modificam voltar a dimensionar ou verificar de forma isolada do resto da estrutura.

1.9.9. Dados de cargas especiais. Vigas inclinadas

Além das cargas superficiais a nível geral, é possível introduzir cargas pontuais, cargas lineares e cargas superficiais. Todas elas se introduzem de forma gráfica no tela e podem-se visualizar, para fazer consultas ou modificações em qualquer momento.

Cada tipo de carga tem um esquema gráfico de fácil identificação, assim como uma cor diferente, se pertencerem a hipóteses diferentes.

Para o caso das **Vigas Inclinadas** tem de se indicar as suas dimensões, assim como as cargas que podem atuar sobre elas (pontuais, lineares, em faixa, triangulares,...) e indica-se de onde e até onde vão (grupo inicial e final). Têm sempre 6 graus de liberdade.

1.10. Cálculo da estrutura

Depois de se ter introduzido todos os dados, é possível calcular a estrutura. Durante o processo aparecerão mensagens informativas acerca da fase de cálculo na qual se encontra o programa. Também se emitem mensagens de erro se houver dados incompatíveis com o cálculo.

A primeira fase do programa será a geração das estruturas geométricas de todos os elementos, formando a matriz de rigidez da estrutura. Se o programa detectar dados incorretos emitirá mensagens de erro e deterá o processo. Esta fase pode-se executar de forma independente para um grupo ou para toda a obra.

A segunda fase consiste na inversão da matriz de rigidez. No caso de ser singular, emite-se uma mensagem que adverte de um mecanismo, se detectar tal situação em algum elemento ou parte da estrutura.

Neste caso o processo detém-se. Numa terceira fase obtêm-se os deslocamentos de todas as hipóteses definidas. Emite-se uma mensagem que indica deslocamentos excessivos nos pontos da estrutura que superem um valor, quer seja por um incorreto desenho estrutural, quer pelas rigidezes a torção definidas em algum elemento.

Se tiverem definido muros de cave com empuxos de terras, e tiver lajes de vigotas paralelas ao muro, devem ter a rigidez suficiente para se comportar como diafragma rígido, o que exigirá os maciçados e pormenores correspondentes que o programa não faz automaticamente, devendo-se fazer os pormenores adicionais oportunos.

No entanto, se existirem aberturas junto ao muro e vigas livres perpendiculares ao muro, deverá colocá-las como vigas inclinadas para que se dimensionem a flexão composta, uma vez que as vigas normais e as lajes apenas se dimensionam à flexão simples.

Fundação. Nos pilares e paredes ,com vinculação exterior™, no seu arranque, podem-se definir sapatas isoladas e maciços de encabeçamento sobre estacas, e entre estes elementos de fundação: vigas de equilíbrio e alavanca, que poderão ligar sapatas contínuas

debaixo do muro.

As sapatas retangulares calculam-se como sólido rígido e admitem sobre ela vários pilares e/ou paredes. Os maciços de encabeçamento de estacas também, de acordo com uma tipologia definida de casos resolvidos.

As vigas de equilíbrio definem-se para absorver os momentos transmitidos à sapata ou maciço de encabeçamento de estacas, sobre o qual atuam.

Podem atuar várias vigas para absorver os momentos numa direção dada, em cujo caso se distribuirá proporcionalmente pelas rigidezes respetivas.

Os maciços de pilares têm sempre uma armadura base entre nervuras que se considera e desconta no cálculo do reforço de nervuras. Não se mede nem é possível indicá-la, pelo que se deve esmerar na revisão dos desenhos, incluir a legenda que indique a sua existência e os pormenores construtivos pertinentes para a sua colocação em obra.

De forma opcional, podem-se desenhar os molde e as peças .

Armadura predeterminada

Podem-se definir armaduras em qualquer posição e direção que se descontam do reforço necessário na sua zona de atuação.

Podem definir-se para lajes maciças e nervuradas.

Aberturas

Os panos nos quais não se introduzirem panos de laje ficam vazios, simbolizados por umas linhas descontínuas cruzadas.

As vigas que se encontram entre duas aberturas ou entre uma abertura e o contorno exterior, no caso de ter sido definido como rasas e não terem laje lateral, não têm definida a altura, e por isso devem-se mudar para um tipo de vigas altas, indicando as suas dimensões.

Se o tipo de viga considerada tiver rebaixo no lado onde se encontra a abertura, não se terá em conta, e o programa advertirá que os dados estão incorretos.

Se num piso de qualquer grupo ficar uma zona independente formada por um contorno de vigas fechado numa abertura interior, embora não exista laje mantém-se a hipótese de rigidez ou indeformabilidade relativa do piso para todos os efeitos.

Por isso no caso de existirem cargas horizontais não se obterão uns resultados corretos. Nesta situação é aconselhável a utilização de vigas inclinadas definidas no mesmo grupo, elementos que, ao possuir 6 graus de liberdade, não consideram a hipótese de indeformabilidade do plano do piso.

consideração no cálculo e que por isso se deve colocar. Reveja os desenhos e ponha os pormenores necessários para indicar os comprimentos de emenda e as zonas onde se podem realizar.

Se ativar a opção, poderá ver a armadura base como um reforço mais, editando-o e modificando-o. A armadura base inferior é sempre contínua, emendando-se nas zonas de máximo negativo. A armadura base superior não é contínua, apenas se coloca onde for necessária, como se se tratasse de um negativo mais. Em lajes de fundação, invertem-se as posições. A armadura medir-se-á nas listagens e desenhar-se-á nos desenhos como um reforço mais.

Em cada pano a laje pode ser diferente. No caso de as vigas divisórias entre panos serem rasas, tomará para estas a altura da laje maior em ambos os lados. Nas vigas altas a saliência mede-se a partir da maior altura. Pode-se aplicar um coeficiente de engastamento nos bordos do pano, que oscila entre 0 (articulado) e 1 (engastado).

As **zonas maciças** ou **maciços de pilares** podem-se gerar de forma automática sobre pilares, ou em qualquer zona do pano, adotando como altura a mesma do pano aligeirado no qual se encontram.

Pode-se aplicar uma saliência inferior para a dotar de maior altura.

Quando se gerarem maciços de pilares de maneira automática, as dimensões em cada direção ajustam-se a $1/6$ da distância do pilar considerado ao pilar mais próximo, segundo um ângulo de visão de 40. No caso de não ,ver™ nenhum outro pilar (por exemplo, nos pilares de bordo) toma o mesmo valor que o obtido no sentido oposto da mesma direção. Os limites do maciço de pilares são, no mínimo, 2.5 vezes a altura e no máximo, 5.

Existe uma opção para configurar de forma automática os maciços de pilares, podendo modificar os parâmetros.

Se gerarem de forma manual podem-se introduzir zonas maciças, ajustando-se sempre ao número de peças . Não utilize para simular vigas. Nesse caso, defina vigas. Além disso, faça-o sempre nos bordos livres.

Lajes nervuradas

As lajes nervuradas são formadas por panos nos quais se diferenciam duas zonas: nervurada e maciça.

A **zona nervurada** deve-se definir em primeiro lugar, selecionando-a de uma biblioteca tipificada e editável de lajes. Os dados que contém são os seguintes

- Nome descritivo
- Altura total
- Espessura da camada de compressão
- Tipo de caixão: recuperável ou perdido
- Número de peças que formam o bloco
- Geometria da seção transversal: entre eixo ou distância entre nervuras, que pode ser igual ou diferente em X e Y, e largura da nervura, que pode ser variável.
- Peso da laje.
- Volume de concreto/m² (orientador).

Depois de introduzir estes dados, indica-se, além disso, no pano o ponto de passagem da malha, que pode variar. A direção das nervuras pode ser qualquer uma. Podem-se definir desníveis entre panos, com as mesmas observações indicadas para lajes de vigotas pré-fabricadas.

Pode-se definir uma armadura base em qualquer direção, superior e inferior, que se considera no dimensionamento da armadura. Esta armadura base pode-se desenhar e medir de forma opcional, se selecionar (x) **Detalhar** em **Opções**. O programa apenas mede se ativar a opção de detalhar armadura base, em cujo caso se desenha e portanto é medível ao conhecer os seus comprimentos de corte.

Muito importante: Se considerar armadura base, recorde que existe uma opção de cálculo que se chama **Detalhar armadura base**. Se não a ativar, não se visualiza a armadura base e apenas verá os reforços. Assim, medir-se-á aproximadamente nas listagens, nos quadros de medição de desenhos, e por outro lado deverá prestar especial atenção ao lançar os desenhos, de maneira que conste a sua existência e

de máximo negativo. A armadura base superior não é contínua, apenas se coloca onde for necessária, como se se tratasse de um negativo mais. Em lajes de fundação, invertem-se as posições. A armadura medir-se-á nas listagens e desenhar-se-á nos desenhos como um reforço mais. também se pode indicar a direção da armadura que se coloca.

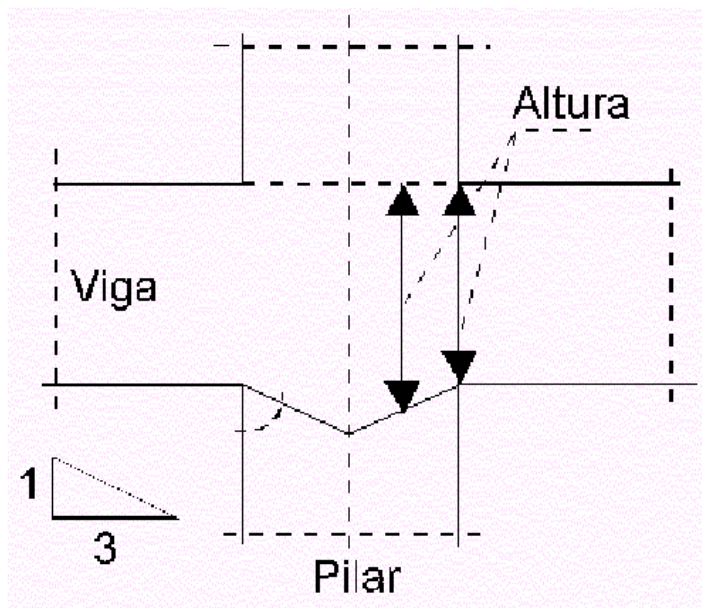


Fig. 1.20

As lajes maciças podem ser de fundação. Neste caso definir-se-á a altura, módulo de Winkler e tensão admissível. A armadura base em lajes de fundação determina-se em função da quantidade geométrica mínima definida nas opções de lajes de forma automática.

coef.encastr. = $1 \text{ CE } (4/10) = 1 \text{ CE } 0.4 = 0.6$

Atribuiria como coeficiente de engastamento 0.6, às lajes em continuidade. O programa não atribui de forma automática a cada laje alveolares, quando tiver ativado o cálculo como autoportante. Em qualquer caso, é conveniente que consulte o fabricante relativamente o processo construtivo e solicite o seu conselho para o cálculo, verificando que a laje na primeira fase, submetida ao peso próprio e à sobrecarga de construção (normalmente 1 KN/m^2), resiste na fase de construção. Quanto à obtenção da flecha, calcula-se com as características mecânicas indicadas na ficha da laje e com os diagramas de momentos do estado final considerado, do qual pode consultar os valores em função dos limites de flecha estabelecidos nas opções para lajes alveolares.

Lajes maciças

Define-se a altura da laje. Cada laje pode ter uma altura diferente. Pode-se aplicar um coeficiente de engastamento para qualquer pano de laje maciça na sua união nos bordos às vigas nas quais se apoia, e que pode variar entre 0 (articulado) e 1 (engastado), assim como valores intermédios (semi-engastado). Podem-se definir desníveis entre panos, com as mesmas observações indicadas em lajes de vigotas pré-fabricadas.

Pode-se definir uma armadura base em cada direção, superior e inferior, que será considerada no cálculo e dimensionamento da armadura. **Muito importante:** Se considerar armadura base, recorde que existe uma opção de cálculo que se chama **Detalhar armadura base**. Se não a ativar, não se visualiza a armadura base e apenas verá os reforços. Assim, medir-se-á aproximadamente nas listagens, nos quadros de medição de desenhos, e por outro lado, deverá prestar especial atenção ao lançar os desenhos, de maneira que conste a sua existência e consideração no cálculo e que por isso se deve colocar. Reveja os desenhos e ponha os pormenores necessários para indicar os comprimentos de emenda e as zonas onde se podem realizar.

Se ativar a opção, poderá ver a armadura base como um reforço mais, editando-o e modificando-o. A armadura base inferior é sempre contínua, emendando-se nas zonas

coeficiente de engastamento em bordos = 1, é um cálculo estático submetido à carga total = carga permanente + sobrecarga, o que equivale a construir a laje sobre escoramento, e ao retirá-lo, a laje fica submetida a essa carga total.

Neste cálculo, normalmente os momentos negativos são maiores que os momentos positivos.

B. Como autoportante

As lajes pré-fabricadas nervuradas, constroem-se normalmente sem escoramento, pelo que o estado final de esforços compõe-se de dois estados:

1. A laje submetida ao seu peso próprio, obtendo-se um diagrama de esforços isostática ($M = pl^2 / 8$).
2. A laje em continuidade submetida à carga adicional posterior à execução da laje, formada pelos revestimentos mais paredes divisórias e pela sobrecarga.

A sobreposição de ambos os estados conduz a uns esforços, que, na maioria dos casos, dá maiores momentos positivos que negativos. Na presente versão não se realiza o cálculo em duas fases, pelo que, se a laje se for construir sem escoramento (caso B), pode obter, de forma razoavelmente aproximada, uns resultados de acordo com o esperado, modificando os coeficientes de engastamento das lajes em continuidade.

De forma orientadora, o valor do coeficiente de engastamento a atribuir às lajes, depende da relação entre o peso próprio da laje e a carga total, supondo um estado de cargas uniforme.

O valor do coeficiente de engastamento seria:

coef. encast. = 1 CE (p.próprio laje / carga total)

Por exemplo, se tiver uma laje que pesa 4 KN/m²,
pavimento de 1 KN/m² e uma sobrecarga de 5 KN/m²,
obteria:

peso próprio da laje = 4

carga total = 4 + 1 + 5 = 10

não existirem valores na ficha, não se verifica ao esforço cortante. **Processo de cálculo utilizado.**

Conhecido o momento positivo de cálculo M_d máximo, procura-se na coluna de flexão positiva da laje, M. ULT., um valor superior ao de cálculo. Paralelamente, e em função do ambiente definido para a laje, procura-se na coluna de M. SER. (1, 2 ou 3) e com o valor do momento de serviço (obtido com as combinações de deslocamentos) e comparam-se, até se encontrar um valor que cumpra. Escolhe-se o tipo de laje que cumpra ambas as condições. Se não for possível, emite-se uma mensagem, avisando que está fora das tabelas.

Da mesma maneira, e para a laje selecionada por flexão e ambiente, verifica-se na coluna de esforço cortante de flexão negativa e positiva da laje, se o esforço cortante de cálculo é menor que o resistido pela laje. Se não cumprir, emite-se um aviso advertindo desse fato.

Os comprimentos dos barras determinam-se em função da envolvente de momentos e os comprimentos mínimos definidos nas opções. As envoltórias obtêm-se de acordo com os esforços atuantes, redistribuição considerada e momentos mínimos aplicados.

Quando não se tiver definido dados para o cálculo de flecha, ambiente ou esforço cortante, não se realiza essa verificação.

Em **Dados de Laje**, pode-se selecionar o ambiente, assim como os coeficientes de engastamento em bordos e os momentos mínimos para cada tipo de tramo, extremo, intermédio, isolado ou em consola.

Processo construtivo. Pode selecionar o cálculo com escoramento ou como autoportante.

A. Com escoramento

O cálculo que o programa realiza quando consideramos continuidade, com um valor do

(Estruturas em exteriores normais não agressivos, ou em contato com águas normais ou terreno normal).

Ambiente III = Classe I

(Estruturas em atmosfera agressiva industrial ou marítima, ou em contato com terrenos agressivos ou águas salgadas ou ligeiramente ácidas).

Compara-se, consoante o ambiente definido para a laje, o momento de serviço devido ao cálculo com o da ficha e, se for menor, cumpre. No caso contrário, procura-se na tabela alguma laje que cumpra e se não for possível, emite-se uma mensagem no fim do cálculo.

•Esforço cortante último. Esforço cortante último resistido pela seção total. Distingue-se consoante seja o momento de cálculo maior ou menor que o momento de descompressão (Mg), dando lugar a duas colunas de dados.

O momento de descompressão é o correspondente à classe II, pelo que compara-se o momento de serviço positivo com o da tabela, escolhendo a coluna correspondente.

2. Flexão negativa da laje

•Diâmetro / Diâmetro / Separação: indicam-se duas colunas de diâmetros, que permite combinar dois diâmetros diferentes com uma separação dada. Com essa quantidade dividida na zona de momentos negativos, indicam-se em cada fila, as características mecânicas da seção.

•Momento último da seção tipo. É o momento negativo resistido pela seção para uma armadura dada.

•Momento de fissuração, para o cálculo de flecha pelo método de **Branson**.

•Rigidez total, para o cálculo de flecha pelo método de **Branson**.

•Rigidez fissurada, para o cálculo de flecha pelo método de **Branson**.

•Esforço cortante último. Esforço cortante resistido pela seção para a armadura dada.

A partir da armadura calculada, conhece-se o valor do esforço cortante resistido pela laje, que se compara com o esforço cortante do cálculo. Se não cumprir, emite-se uma mensagem no fim do cálculo e indica-se no tela e no desenho, INSUF., na laje. Se

Larguras mínimas da laje. É o menor valor que se permite obter por corte longitudinal de uma laje tipo, como consequência das dimensões da laje, ao chegar a um bordo, sendo normalmente uma laje especial de largura menor que a laje tipo. A largura que se obtém dessa última laje especial está compreendida entre o valor tipo ou largura de laje e essa largura mínima.

Entrega mínima e máxima. Quando a laje está inclinada em relação à normal no apoio, a entrega é diferente em cada bordo da laje, podendo variar entre o mínimo e o máximo.

Entrega lateral. É o valor que pode emendar a laje lateralmente com um apoio paralelo ou ligeiramente inclinado na direção longitudinal da laje.

Peso próprio. É o peso por metro quadrado da laje completa.

Volume do concreto. É o volume do concreto de enchimento das juntas entre lajes e camada de compressão, se existir. Por padrão adota o da camada de compressão.

Concreto da laje. É um dado informativo para saber com que materiais se calcularam os dados resistentes da seção.

Concreto da camada e juntas. Igual ao anterior.

Aço de arm. negativa. Igual ao anterior.

A seguir definem-se os dados resistentes da seção:

1. Flexão positiva da laje. São os dados da laje com o concreto de enchimento de juntas e de camada de compressão, se existir.

•Momento último. É o máximo momento resistido (último).

•Momento de fissuração. Para o cálculo de flecha pelo método de **Branson**.

•Rigidez total, da seção composta laje-concreto, utiliza-se para formar a matriz de rigidez das barras nas quais se discretiza a laje.

•Rigidez fissurada, para o cálculo de flecha pelo método de **Branson**.

•Momento de serviço. Momento resistido segundo a classe em concreto pré-esforçado, que não é o mesmo que o ambiente. A equivalência é: Ambiente I = Classe III (Estruturas em interiores de edifícios ou meios exteriores de baixa humidade).

Ambiente II = Classe II

pormenores construtivos e verifique manualmente os estribos e amarração da armadura transversal à viga.

Em **Dados de laje** pode-se consultar e modificar os momentos mínimos negativos e positivos para vigotas. É importante consultá-los e atribuí-los corretamente. Pode-se introduzir vigota dupla, tripla, ... Neste caso tomará o peso definido, que está limitado a vigota tripla. Nessa situação introduz-se uma barra ou vigota paralela a uma distância igual à largura de vigota definida na ficha da laje. Pode-se definir um coeficiente de engastamento em bordos ou extremos de vigotas (0=articulado, 1=engastado que é o valor por padrão) por pano.

Lajes mistas

Consulte o manual. **Lajes mistas** desta memória.

Lajes alveolares

Para a definição de uma laje alveolares, quer seja uma placa alveolares, placas PI, qualquer tipo de placa com qualquer seção ou laje de vigota e lajota, é necessário definir os seus dados geométricos e características mecânicas. Os dados contidos na ficha de características podem- se tirar das licenças de utilização dos fabricantes, ou introduzir os valores de uma determinada laje que deseja pré-fabricada ou construir ,in situ. Existem alguns dados que se pedem e que convém esclarecer.

Chave. Para identificar a ficha por oito dígitos.

Descrição. É o nome da laje.

Altura total da laje. É a altura total da laje mais a camada de compressão, se existir.

Largura da laje. É a largura da laje, ou a distância entre-eixos para uma laje de vigota e lajota

Espessura da camada de compressão. Se existir, é a espessura da camada de compressão.

Tipo de laje

A laje define-se com um nome e uma série de dados:

Lajes de vigotas

Selecionam-se de diferentes tipos de lajes de vigotas:

- Lajes de vigotas de concreto
- Lajes de vigotas pré-esforçadas
- Lajes de vigotas in situ
- Lajes de vigotas metálicas
- Lajes de vigotas Joist
- Para mais informação, consulte o capítulo **6. Lajes de vigotas** deste manual.
- Tipos de vigotas, que depende do momento resistido de forma que se possam visualizar tipos em vez de momentos. O valor indica-se por metro de largura, por vigota, majorado ou sem majorar, conforme selecionado pelo usuário. Cada pano pode ser um tipo de laje diferente e a sua posição no piso pode ser perpendicular a vigas, paralela a vigas ou passando por dois pontos determinados. Pode-se conseguir a existência ou ausência de continuidade entre as vigotas de panos adjacentes. Copiando panos obtém-se continuidade entre eles. Modificando o ponto de passagem entre as vigotas pode-se eliminar a continuidade entre panos contíguos, sempre que a distância entre vigotas for maior que o comprimento de **barra curta** (valor por padrão 0.20 m, que se pode variar na opção de **Coefficientes Redutores de Rigidez à Torção**). O mesmo efeito de continuidade produz-se se no prolongamento de alguma vigota se encontrar uma viga ou apoio, com uma separação entre eixos menor que o comprimento de barra curta.

Depois de definir um grupo, pode-se copiar outro dos anteriores e fazer as modificações precisas. Em **Dados de laje** podem-se definir desníveis entre lajes para efeitos de desenho e detalhamento de armadura de lajes e vigas, afetando a altura dos elementos de suporte que passem pela viga de mudança de cota. Se a viga for rasa, converter-se-á em viga alta. Deve-se utilizar com precaução, uma vez que o programa não calcula a flexão transversal na viga, pelo que aconselhamos que consulte os

- Cota do nível freático (se existir)
- Cota do aterro, indicando:
- Percentagem de alívio por drenagem
- Densidade aparente
- Densidade submersa
- Ângulo de atrito interno
- Sobrecarga sobre o terreno (se existir)
- Viga ou apoio em fundação
- Viga de fundação (sem ligação exterior)
- Sapata contínua (sem ligação exterior)
- Com ligação exterior (com ou sem sapata)
- Viga sem ligação exterior (apoio)

Se for o caso indicam-se as dimensões da sapata.

•Módulo de Winkler do terreno. Por padrão dá-se um valor elevado = 98100 KN/m^3 , uma vez que se existirem pilares com ligação exterior, podem-se produzir recalques diferenciais, o que não é real, se fizer um cálculo posterior das sapatas isoladas de pilares. Se toda a fundação for flutuante, colocar-se-á o módulo de Winkler correspondente ao tipo de terreno e dimensões das fundações. Não misture apoios com e sem ligação exterior, pois se o fizer, emite-se um aviso, devendo analisar convenientemente a situação.

•Tensão admissível do terreno.

1.9.8. Dados dos pisos (Introdução de vigas)

Em cada grupo tem de se precisar de forma gráfica a geometria em planta e visualizar na tela os pilares e as paredes. A ordem lógica de entrada de dados é a seguinte:

Vigas, apoios em muro e vigas de fundação

Escolhe-se a sua tipologia e introduzem-se as dimensões da mesma.

É possível definir um coeficiente de **engastamento nos bordos** das vigas. O valor varia entre 0 (articulado) e 1 (engastado). Qualquer pano de laje que se una a esse bordo de viga ficará afetado por esse coeficiente. Também se podem introduzir **articulações** nos extremos de qualquer tramo de viga, na sua união com pilares, paredes ou outras vigas.

Se a viga for de fundação, pede-se o módulo de winkler e a tensão admissível do terreno.

Muros

Pode-se definir dois tipos de muro:

Muros de concreto armado. Serão muros de concreto armado, que poderão receber ou não empuxos horizontais do terreno.

Muros de alvenaria. Serão muros de alvenaria de tijolo ou blocos de concreto, que recebem e transmitem cargas, mas não empuxos.

Indicam-se os seguintes dados:

- Grupo inicial onde inicia
- Grupo final onde termina
- Espessuras médias em cada piso (a esquerda e direita)
- Empuxos do Terreno (apenas com muros de concreto armado) indicando:
 - Ações a associar ao empuxo
 - Cota da rocha (se existir)

Cargas verticais em pilares

Pode-se definir na cabeça do último piso de qualquer pilar (onde termina), cargas (N , M_x , M_y , Q_x , Q_y , T) referentes aos eixos gerais do pilar, para qualquer ação, adicionais às obtidas do cálculo, de acordo com o seguinte convenção de sinais:

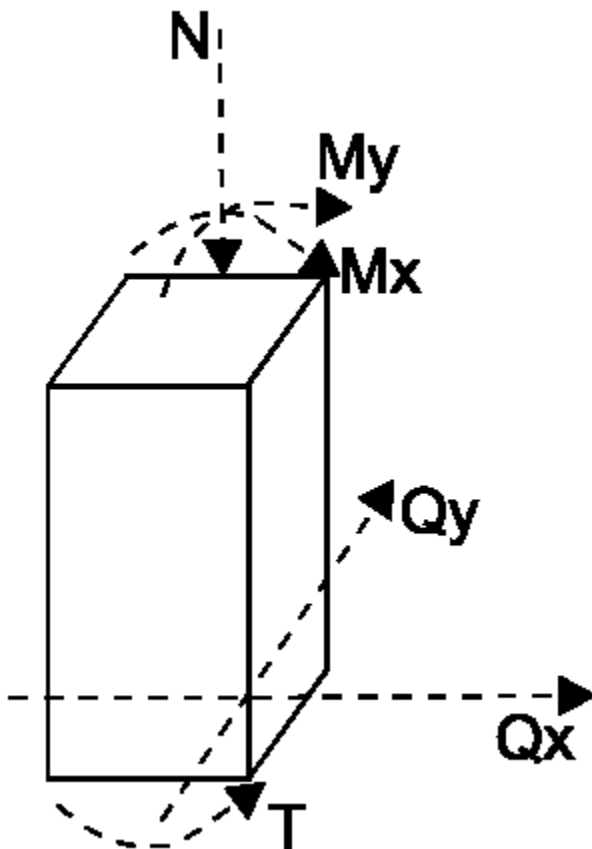


Fig. 1.18

9. Desnível e altura do apoio, no caso de existir, e para incluir o arranque na detalhamento **Arranques** É possível definir unicamente o arranque do pilar (com altura zero), de forma que se pode calcular elementos de fundação, definindo unicamente as suas cargas na cabeça do pilar.

Paredes B.A.

Define-se em primeiro lugar uma série de paredes tipo, indicando:

- Nome
- Grupo inicial e final
- Lados e vértices
- Espessuras em cada piso à esquerda e à direita do eixo do lado.

O primeiro vértice definido é o ponto fixo de inserção embora seja possível variar a sua posição. A seguir definimos as paredes selecionando:

- Parede tipo
- Referência
- Ângulo.

As paredes têm a mesma geometria em planta, podendo variar em altura apenas a sua espessura. Não se podem apoiar em pilares, nem arrancar pilares das mesmas, são pois de geometria constante, e pensadas como elementos de travamento horizontal do edifício.

Cargas horizontais em pilares

Define-se o tipo de carga, a origem da ação e o ponto de aplicação. Podem-se definir cargas horizontais em pilares com as seguintes características:

- Tipos de cargas: pontual, uniforme e em faixa.
- Origem da ação: as definidas na obra (**permanente, sobrecarga, vento, sismo**).
- Ponto de aplicação: em qualquer cota do pilar.
- Direção: em eixos locais ou gerais, segundo **X** ou **Y**.

1.9.6. Grupos de combinações

Seleciona-se o grupo correspondente a cada estado a calcular.

- Concreto
- Aços dobrados
- Aços laminados
- Deslocamentos
- Tensão do terreno
- Equilíbrio da fundação
- Concreto vigas de fundação

1.9.7. Dados gerais de pilares e paredes

Pilares

Deve definir a geometria no piso e alçado de pilares, indicando:

1. Tipo de pilar (de concreto ou metálicos)
2. Seções em cada piso
3. Referência
4. Ângulo de rotação
5. Arranque em fundação (com vinculação exterior) ou apoio (sem vinculação exterior) e até que piso chega. Se o pilar arrancar numa viga ou laje de fundação, deve-se definir sem vinculação exterior
6. Coeficientes de engastamento em cabeça e pé
7. Coeficientes de flambagem em cada piso e em ambas direções x, y locais (ver o indicado em **Dados gerais da obra**)
8. Se o pilar for metálico, indica-se tipo e série da biblioteca de perfis selecionada, e além disso, pode-se calcular a placa de amarração no arranque, em cujo caso se indicará a qualidade do aço na placa e nos parafusos

1.9.5. Conjuntos de cargas especiais

Pode-se definir um máximo de 8 conjuntos de cargas especiais, o que significa que são diferentes das definidas com caráter geral:

- Cargas permanentes (peso próprio de lajes e vigas + revestimentos e paredes divisórias) =(permanente)
- Sobrecarga definida nos dados de grupos (sobrecarga)
- Vento conforme norma (vento)
- Sismo conforme norma (sismo)

Se desejar definir cargas (tanto pontuais como lineares ou superficiais) que se incorporem a estas ações gerais deve criá-las em primeiro lugar. Por padrão, está sempre definida a carga permanente.

Se desejar criar ações de alternância de sobrecarga, isto é, que não atuam simultaneamente em alguma combinação, deve definir tantos conjuntos de **sobrecarga separada** quantas cargas independente considerar.

Recorde que existe uma biblioteca de combinações por padrão e que, se criar uma ação de **permanente separada**, como não existem 2 ações de permanente na biblioteca, deve criá-las primeiro. O mesmo acontecerá se criar mais de 3 ações de **sobrecarga separada**, uma vez que na biblioteca apenas estão definidas até 4 ações de sobrecarga.

Ao introduzir essas cargas especiais, quer sejam lineares, pontuais ou superficiais, recorde que deve indicar o número de conjunto de cargas especiais ao qual se associa essa carga, isto é, a que hipótese de ação pertence.

1.9.2. Dados gerais de ações. Cargas especiais. Grupos de combinações.

Pisos/Grupos

Nestas opções inclui-se a consideração ou não de ações horizontais, vento e/ou sismo, e a norma que se deve aplicar em cada caso, escolhendo as combinações para cada estado limite. No entanto, validam-se as combinações segundo as ações que intervierem. Por outro lado, selecionam-se os conjuntos de cargas especiais e a atribuição da sua origem a cada hipótese.

Também deve indicar quais são os revestimentos e paredes divisórias e sobrecargas globais de cada piso, indicado nos dados de cada grupo. O peso próprio da laje está indicado no arquivo que contém a sua descrição, e pelo programa as lajes maciças, vigas, pilares, paredes e muros.

1.9.3. Vento

Seleciona-se a norma a aplicar. Consulte para isso o capítulo correspondente à norma utilizada.

1.9.4. Sismo

Se existir sismo, os dados serão conforme a seleção da norma de aplicação. Consulte o capítulo dedicado às normas. Recorde que nas cargas especiais podem-se definir cargas associadas às hipóteses de vento e/ou sismo, se não as gerar de forma automática previamente.

14. Definição de número de pisos e grupos.

14.1. Nome de grupos, sobrecarga, revestimentos e paredes divisórias.

14.2. Cota do nível de fundação, nome do piso e alturas entre eles.

Ao definir as alturas (h) dos pisos, define-se a diferença entre os níveis superiores (ou plano médio superior de referência) das lajes. As cotas são calculadas pelo programa a partir dos dados indicados.

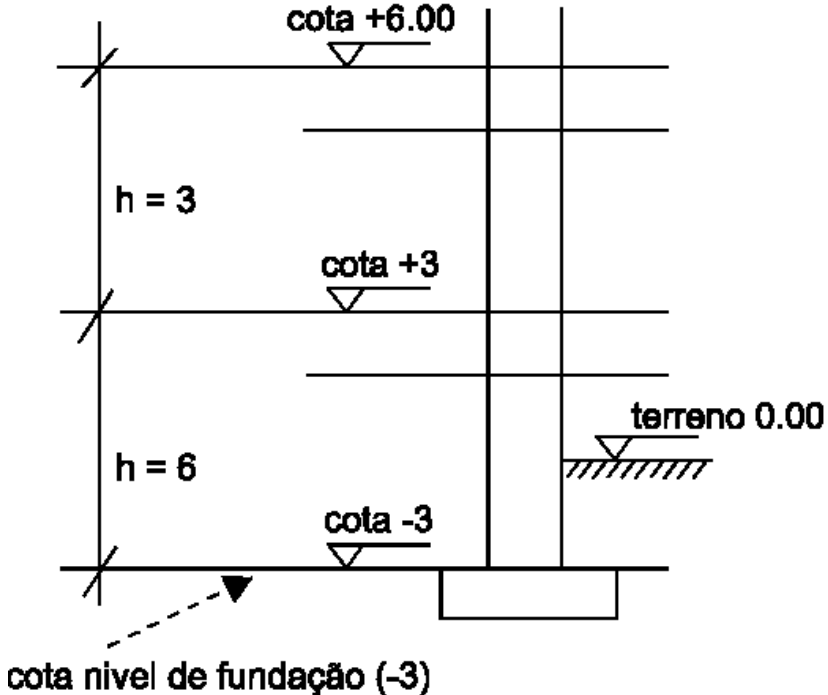


Fig. 1.17

A altura que se considera para efeitos de cálculo à flambagem é a altura livre do pilar, isto é, a altura do piso menos a altura da viga ou laje de maior altura que liga ao pilar.

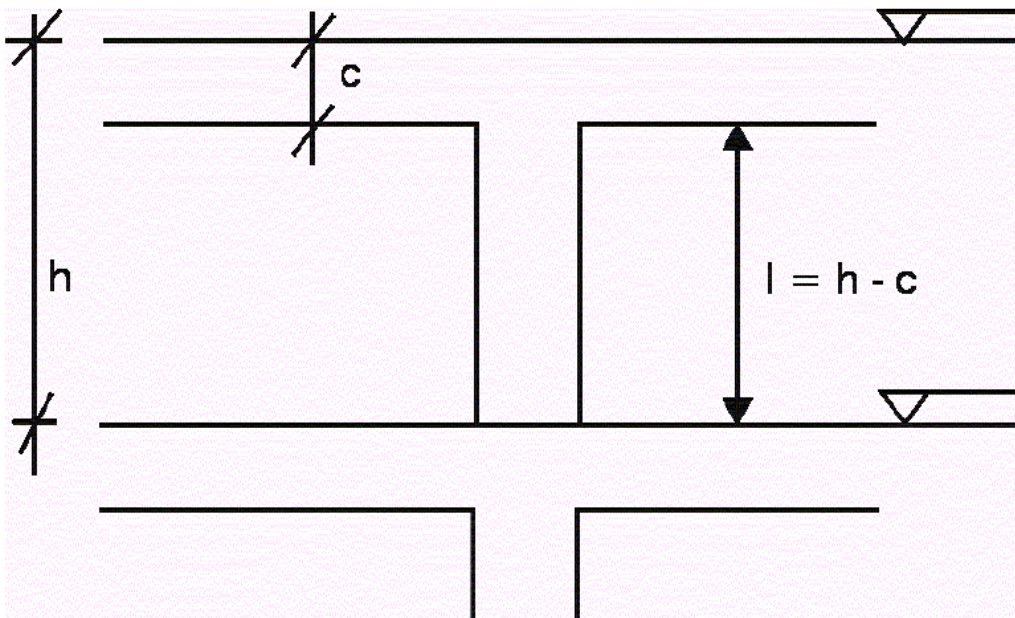


Fig. 1.16

O valor final de λ de um pilar é o produto do λ do piso pelo λ do tramo.

Fica ao critério do usuário a variação dos valores de λ em cada uma das direções dos eixos locais dos pilares, visto que as diferentes normas não precisam de forma geral a determinação de tais coeficientes além de para o caso de pórticos, e dado que o comportamento espacial de uma estrutura não corresponde aos modos de flambagem de um pórtico, prefere-se não dar esses valores de forma inexata.

Quando um pilar estiver desligado em ambas direções e em vários pisos consecutivos, dimensiona o pilar em cada tramo ou piso, pelo que para efeitos de esbelteza, e para o cálculo do comprimento de flambagem l_0 , o programa tomará o máximo valor de λ de todos os tramos consecutivos desligados, multiplicado pelo comprimento total = soma de todos os comprimentos.

$$a_{\max} = (a_1, a_2, a_3, a_4 \dots)$$

$$I = \sum l_i = (l_1, l_2, l_3, l_4 \dots)$$

logo $l_0 = \lambda \cdot I$ (tanto na direção X como Y local do pilar, com o seu valor correspondente).

Quando um pilar estiver desligado numa única direção em vários pisos consecutivos, o programa tomará para cada tramo, em cada piso i , $l_0 = \lambda_i \cdot l_i$, não conhecendo o fato da desconexão. Por isso, se desejar torná-la efetiva, na direção onde está desligado, deve conseguir o valor de cada λ_i , de modo que:

Seja λ o valor correspondente para o tramo completo I .

O valor em cada tramo i será:

$$a_i = \frac{\sum_{j=1}^i l_j}{l_i} * a$$

no exemplo, para

$$a_3 = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}{l_3} * a$$

Por consequencia, quando o programa calcula o comprimento de flambagem do piso 3, calculará:

$$l_{03} = a_3 * l_3 = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}{l_3} * a = (l_1 + l_2 + l_3 + l_4) * a = a * I$$

que coincide com o indicado para o tramo completo desligado, mesmo que realize o cálculo em cada piso, o que é correto, mas sempre com comprimento λ .

13.1. Pilares de concreto.

13.2. Pilares de aço.

Estes coeficientes podem-se definir por piso e por cada pilar independentemente. O programa assume o valor $\alpha = 1$ (também chamado $\hat{\alpha}$) por padrão, devendo o usuário alterá-lo se assim o entender, para o tipo de estrutura e uniões do pilar com vigas e lajes em ambas direções.

Observe o caso seguinte, analisando os valores do coeficiente de flambagem num pilar que, ao estar sem travamento em vários pisos consecutivos, poderia encurvar em toda a sua altura.

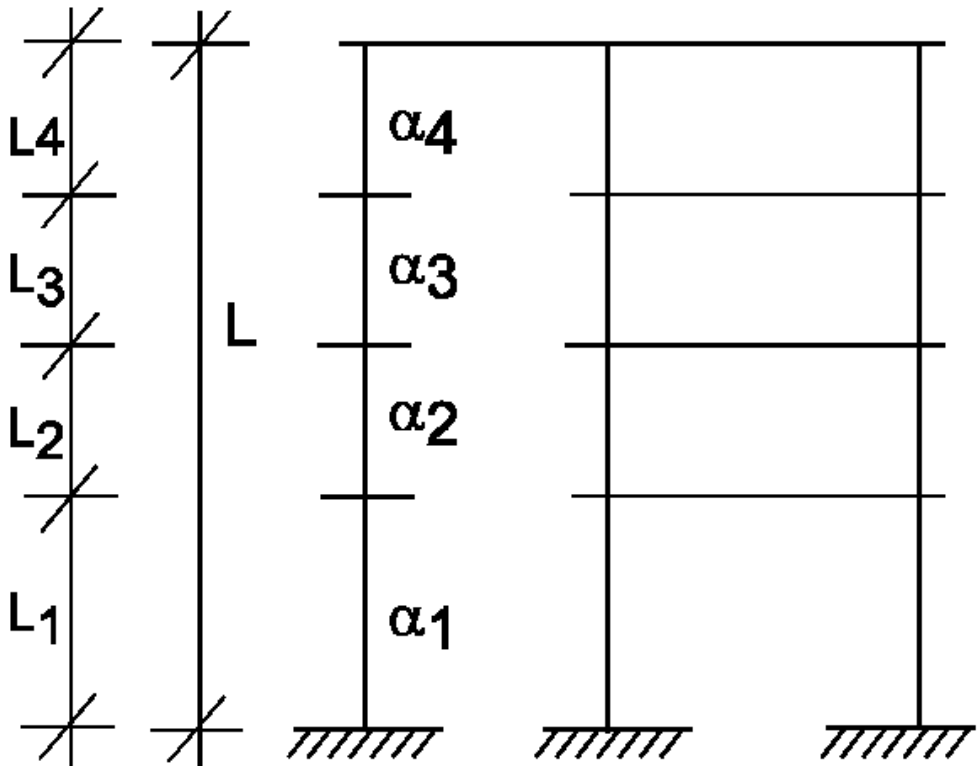


Fig. 1.15

Negativos (reforço inferior em fundação)

Positivos (superior em fundação)

Montagem (inferior em fundação)

Alma (em faces laterais)

Estribos

7.3. Em lajes:

Reforços ao Punçionamento e cortante

Negativos lajes maciças (superior em fundação)

Positivos lajes maciças (inferior em fundação)

Negativos de nervuradas, maciços de pilares, vigotas e lajes mistas.

Positivos de nervuradas, maciços de pilares, vigotas ,in situ™ e lajes mistas.

8. Aço em perfis para vigas e pilares metálicos

8.1. Aços dobrados a frio

8.2. Aços laminados a quente.

9. Ação do vento.

10. Ação de sismo.

11. Conjunto de cargas especiais (hipóteses a definir para cargas pontuais, lineares e superficiais adicionadas às gerais do piso).

12. Combinações a utilizar, seleção do grupo de combinações.

12.1. Concreto.

12.2. Aços dobrados.

12.3. Aços laminados.

12.4. Deslocamentos.

12.5. Tensões do Terreno.

12.6. Equilíbrio fundação

12.7. Concreto vigas de fundação

13. Coeficientes de flambagem em cada direção.

A sua aplicação será em normas de tensões admissíveis para o dimensionamento de seções, deformações, tensões e deslocamentos, tanto para concreto como para aço. Deve validar a seleção de grupos de combinações para calcular, pois é importante e dependerá da utilização do edifício.

1.9. Dados de entrada

Os dados que deve introduzir no **CYPECAD** para o cálculo de uma obra são:

1.9.1. Dados gerais da obra

Os dados **3 a 6** selecionam-se pelo seu tipo identificativo na lista de materiais.

1. Normas de aplicação em concreto e aço.
2. Descrição da obra (2 linhas).
3. Concreto em lajes e vigas.
4. Concreto em fundações, dados de fundação.
5. Concreto em pilares e paredes. Pode ser diferente em cada piso.
6. Concreto em muros. Pode ser diferente em cada piso.
- 6.1. Características de muros de alvenaria:

Módulo de Elasticidade E

Módulo de Corte G

Peso Específico

Tensão de cálculo em compressão e tração

Considerar a rigidez ao esforço cortante

7. Aço em barras de reforço de concreto armado.

- 7.1. Em pilares, paredes e muros:

Barras verticais e horizontais

Estribos

Distingue-se entre elementos de Lajes e Vigas de piso e de Fundação:

- 7.2. Em vigas:

Q_j : Cargas variáveis = sobrecarga (para j hipóteses diferentes)

W_k : Cargas de vento (para k hipóteses diferentes)

S_l : Cargas de sismo (para l hipóteses diferentes)

A definição do número de hipóteses isoladas diferentes conforme a origem da ação (i , j , k , l) definem-se em cada obra e existe uma biblioteca de combinações já criadas para diferentes valores de i , j , k , l que se podem consultar. Para cada uma delas podem-se definir grupos de combinações correspondentes a estados de diferente tipo de utilização e, portanto, com diferentes coeficientes de segurança α_f , que são por sua vez consultados e definidos. Esse arquivo é a base das combinações de cálculo.

É possível que para o número de ações definidas seja diferente dos casos contidos na biblioteca de combinações, ou para o tipo de utilização a que se destina o edifício, em cujo caso o usuário deve introduzir as novas combinações, caso contrário poderá cometer erros graves no seu projeto.

1.8.2. Estados limite de utilização

De igual forma que se definem para os estados limites últimos, definem-se os estados limites de utilização, cuja aplicação habitual será a verificação de deformações (flechas) e deslocamentos, se for o caso. No arquivo existem os grupos de combinações correspondentes aos estados de utilização ou serviço. Devem-se consultar e/ou modificar já que os coeficientes aí contidos, por padrão, são unitários.

1.8.3. Ações características

Com este nome indicam-se as combinações de ações características para os estados a verificar que sejam de aplicação conforme a norma correspondente os contemplem, consideradas as ações como nominais e servem para criar grupos de combinações para verificar estados de tensões admissíveis ou deslocamentos, conforme indique a norma.

utilizar. Para cada um desses estados define-se um conjunto de combinações, com os seus correspondentes coeficientes, que no programa se fornecem numa biblioteca, editável pelo usuário, e que deve selecionar para o cálculo, verificando os seguintes estados:

Concreto. Dimensionamento de seções.

Tensão Terreno. Verificação de tensões no terreno.

Deslocamentos. Obtenção de deslocamentos máximos na estrutura.

Aço Laminado e Composto. Dimensionamento de seções.

Aço dobrado. Dimensionamento de seções.

Por consequência, podem-se definir grupos de combinações e ativar os estados que se deseja verificar no cálculo, para essa norma ativa, e as combinações e coeficientes a utilizar. Nas normas de cada país é habitual estabelecer a consideração dos seguintes estados que se descrevem a seguir.

Equilíbrio em Fundações. Para verificar o equilíbrio em elementos de fundação, como as sapatas.

Concreto em Vigas de Fundação. Para o dimensionamento de vigas de equilíbrio e alavanca entre sapatas e maciços de encabeçamento de estacas.

1.8.1. Estados limites últimos

Definem-se para a verificação e dimensionamento de seções e será habitual indicar grupos de combinações para Concreto, Aços Laminados, Compostos e Dobrados. Não se contemplam naquelas normas que utilizam tensões admissíveis.

A expressão geral das combinações é:

$$g_{fi} * G_i + g_{qj} * Q_j + g_{wk} * W_k + g_{sl} * S_l$$

ã f : Coeficientes de segurança da ação conforme a origem da ação (g: permanente; q: variável; w: vento; s: sismo)

G_i : Cargas permanentes (para i hipóteses diferentes)

1.7. Coeficientes de majoração e minoração

As combinações estabelecem-se de acordo com as ações sobre a estrutura, com o tipo de utilização da estrutura, assim como com o método de cálculo que se vai utilizar.

1.7.1. Método de cálculo

Para cálculo das combinações utiliza-se o método dos **Estados Limites** ou o de aplicação para cada norma selecionada.

1.7.2. Materiais

Os coeficientes que se aplicam aos materiais utilizados são os definidos para cada norma. Pode consultar os capítulos correspondentes às normas.

1.7.3. Ações

Os coeficientes são definidos de acordo com a utilização da construção.

Deve-se ter em conta se o efeito das ações é favorável ou desfavorável, assim como a origem da ação. Os valores podem variar. Estes valores terão de ser estabelecidos para cada combinação. Para isso ler-se-ão as combinações definidas no arquivo correspondente, que é editável e modificável pelo usuário, em função do número de combinações de cada uma das ações simples, conforme a sua origem.

1.8. Combinações

Definidas as ações simples básicas que intervêm num cálculo, e conforme a norma a aplicar, é necessário verificar um conjunto de estados, que pode exigir a verificação de equilíbrio, tensões, ruptura, fissuração, deformações, etc. Tudo isto se resume no cálculo de uns estados limite, que também podem ser função do material a

- Negativos (Inferior em fundação)
- Positivos (superior em fundação)
- Montagem (inferior em fundação)
- Armadura de alma
- Estribos

Lajes de piso e de fundação:

- Punçionamento e cortante
- Negativos em lajes maciças (superior em fundação)
- Positivos em lajes maciças (inferior em fundação)
- Negativos em nervuradas, vigotas e lajes mistas
- Positivos em nervuradas, maciços de pilares, vigotas ,in situ e lajes mistas.

1.6.3. Aço em pilares metálicos, vigas metálicas e placas de amarração

CYPECAD permite o uso de pilares metálicos, em cujo caso se deve indicar o tipo de aço a utilizar. Existe uma biblioteca de aços selecionáveis pela sua denominação, na qual se define num arquivo não modificável pelo usuário, o seu módulo de elasticidade, limite elástico, coeficiente de Poisson, e todos os parâmetros necessários para o cálculo.

Podem-se utilizar perfis de aço dobrados, assim como aços laminados e compostos. Para as placas de amarração no arranque do pilar metálico define-se o aço das placas e rigidificadores, assim como o aço e tipo para os parafusos de amarração. Os aços e diâmetros utilizáveis estão predefinidos no programa, e não são modificáveis.

1.6. Materiais a utilizar

Todos os materiais selecionam-se com base numa lista definida pelo seu nome indicativo, cujas características estão definidas num arquivo. Os dados que deve especificar em cada caso são:

1.6.1. Concreto em fundação, lajes, vigas, pilares e muros

Existe um arquivo que contém uma lista de concretos definidos pela sua resistência característica, coeficiente de minoração, módulo de elasticidade secante, coeficiente de Poisson $\nu = 0.2$, definidos de acordo com a norma. O concreto pode ser diferente em cada elemento. Além disso, em pilares pode ser diferente em cada piso. Estes valores correspondem aos admitidos com maior frequência na norma.

Ao selecionar o tipo de concreto, indica-se um diagrama tensão de cálculo ó de deformação.

1.6.2. Aço em barras

Existe um arquivo que contém uma lista de aços definidos pelo seu limite elástico, coeficiente de minoração, módulo de elasticidade, definidos de acordo com a norma.

Considera-se sempre pela **sua posição e tipo de elemento**.

ós : Tensão de cálculo do aço. Indica-se o diagrama de cálculo tensão-deformação do aço de acordo com a norma. O aço pode ser diferente conforme se trate de: **Pilares, muros e paredes:**

- Barras (verticais e horizontais)
- Estribos

Vigas de piso e de fundação: