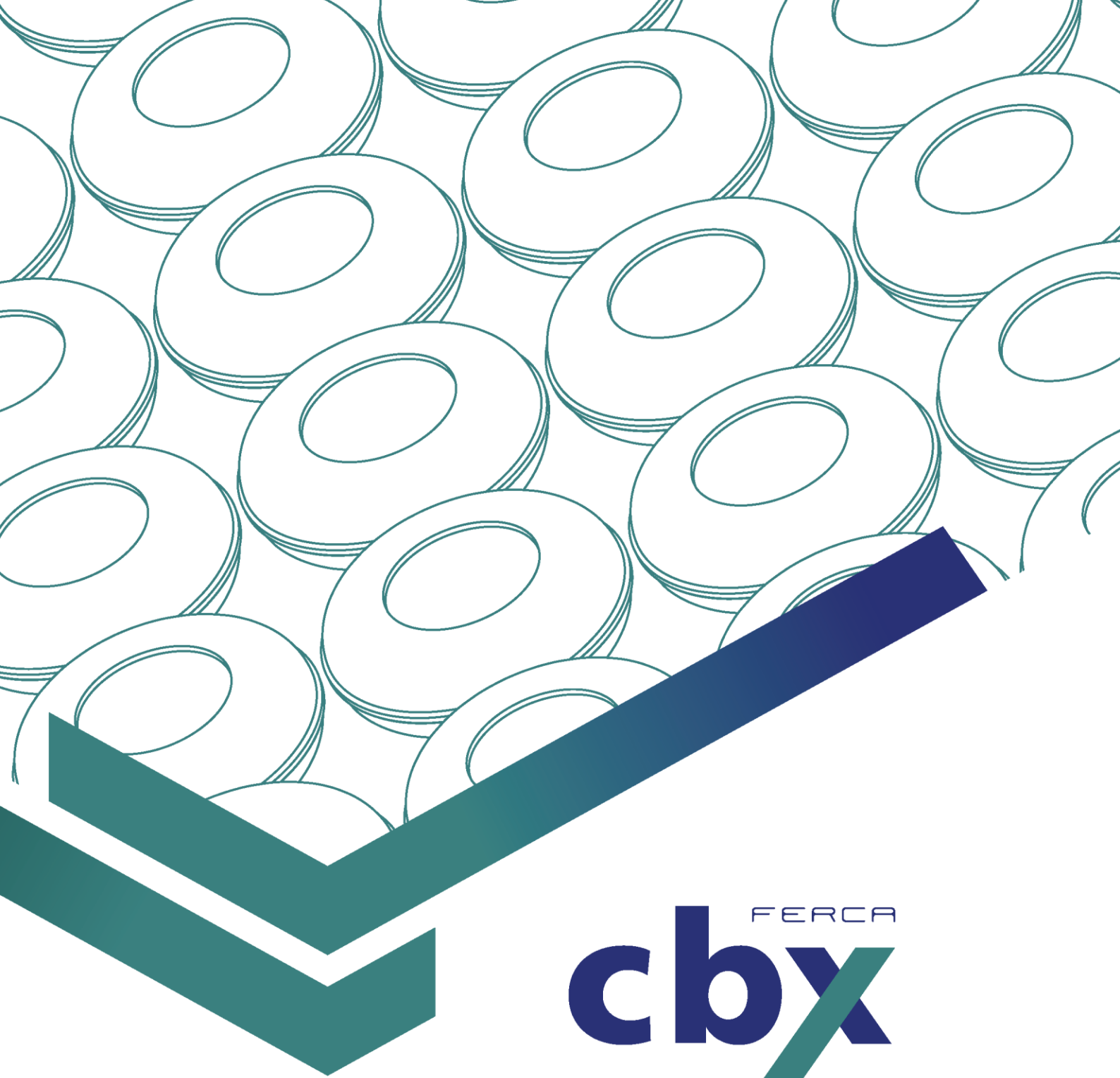




MANUAL DE PROCEDIMENTOS



Elaborado por:

Eng.º Hugo Ornelas (Diretor Executivo)

Eng.º Rui Sousa (Responsável de Qualidade)

Eng.ª Patrícia Reis (Projetista)

Verificado por:

Eng.º Hugo Ornelas (Diretor Executivo)

Espaço para a validação:

Espaço para a aprovação:

Informação e divulgação:

O presente documento será divulgado a todos os responsáveis e aos subempreiteiros e a sua informação servirá de base às formações específicas.



Manual de Procedimentos – Sistema FERCA CBX

ÍNDICE

INTRODUÇÃO AO SISTEMA FERCA CBX.....	2
PORQUÊ UTILIZAR O SISTEMA FERCA CBX.....	3
LAJE FERCA CBX versus LAJE MACIÇA.....	3
LAJE FERCA CBX versus LAJE ALIGEIRADA	3
IMPACTO AMBIENTAL.....	3
ESPECIFICIDADES DO SISTEMA FERCA CBX.....	4
CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA FERCA CBX.....	5
PARAMÉTROS PRINCIPAIS DAS LAJES FERCA CBX	6
CONFIGURAÇÃO DA SECÇÃO DA LAJE.....	7
COMPONENTES DO SISTEMA FERCA CBX	8
MOLDES PLÁSTICOS FERCA CBX.....	8
GRELHAS METÁLICAS DE SUPORTE FERCA CBX.....	8
LOGÍSTICA DO SISTEMA FERCA CBX.....	10
PROCESSO DE ASSEMBLAGEM DO SISTEMA FERCA CBX.....	13
EXECUÇÃO DE UMA LAJE FERCA CBX	16
INSTALAÇÃO DOS SERVIÇOS TÉCNICOS	19



INTRODUÇÃO AO SISTEMA FERCA CBX

A FERCA – Construções Racionalizadas e Estruturas, Lisboa, SA é uma empresa de engenharia que se dedica à comercialização de soluções, materiais e serviços relacionados com o universo da construção civil.

Constituída com a atual designação no ano de 1978, a FERCA centrou inicialmente a sua atividade na área do aligeiramento introduzindo em Portugal os blocos de betão leve e posteriormente os moldes plásticos recuperáveis que até aos dias de hoje fazem parte do portfólio da empresa. No ano de 1982, a FERCA iniciou em parceria com a Freyssinet, a aplicação de sistemas de pós-esforço em edifícios, explorando uma área da engenharia até à data pouco expressiva, a nível nacional e mesmo europeu, entre a construção civil.

O desenvolvimento destas atividades ao longo dos anos proporcionou à empresa e aos seus quadros a possibilidade de trabalhar com os melhores projetistas do país, reunindo assim competências técnicas únicas que lhe permitem aportar significativas mais-valias aos seus clientes, colaboradores e parceiros.

Caracterizada pela sua forte componente técnica e por um permanente espírito de colaboração com os demais intervenientes em busca de soluções que acrescentem valor ao mercado, a empresa continua igualmente a perseguir de forma ativa a introdução e desenvolvimento de produtos que combinem inovação, racionalização e conhecimento pelo que mantém hoje o seu carácter pioneiro.

O sistema **FERCA CBX** assenta em princípios de racionalização económica e ambiental que permitem a execução de lajes aligeiradas bidirecionais de comportamento similar a uma tradicional laje maciça. A introdução de um vazio de forma elipsoidal na zona onde o betão não é essencial em termos do comportamento global da laje permite uma otimização da espessura da laje, a melhoria do seu comportamento e uma eficiência acrescida na utilização dos recursos.

Num universo onde a sustentabilidade dos recursos naturais assume crescente importância, a utilização de materiais reciclados para constituição dos vazios e a redução das necessidades de betão permitem que o sistema **FERCA CBX** promova por si só, uma estrutura com menor impacto ambiental e significativa redução da emissão de CO₂ inerente ao processo construtivo.

A tecnologia **FERCA CBX** é de origem suíça e encontra-se já largamente difundida nos mercados da Europa Central, onde encontra aplicação desde 2004.



PORQUÊ UTILIZAR O SISTEMA FERCA CBX

O sistema **FERCA CBX** apresenta-se como uma solução que reúne as vantagens de uma laje aligeirada e de uma laje maciça ao permitir a redução de consumos e as economias provenientes do aligeiramento, mantendo ainda assim praticamente inalteradas as características e o comportamento da laje face a uma laje maciça.

LAJE FERCA CBX VERSUS LAJE MACIÇA

Por comparação com uma laje maciça e resultando da aplicação do sistema uma laje **FERCA CBX** apresenta uma redução de peso próprio na zona aligeirada até 32% e uma redução na inércia da laje de apenas 8 a 11%, o que resulta naturalmente numa melhoria do comportamento da mesma em termos de deformabilidade, redução dos níveis de armadura necessária e na significativa redução de efeitos de retração, para além da consequente redução de massa com impacto ao nível do comportamento sísmico, elementos verticais e fundações.

Em simultâneo, a laje **FERCA CBX** permite manter as vantagens de um processo mais célere análogo à execução de uma laje maciça, mantendo igualmente as características relativas à resistência ao fogo, comportamento térmico e acústico.

LAJE FERCA CBX VERSUS LAJE ALIGEIRADA

As lajes aligeiradas convencionais recorrem genericamente a um sistema de nervuras bidirecionais que conferem uma redução significativa do peso próprio da laje face à necessária laje maciça para a mesma envolvente, contudo a redução de inércia destas lajes fruto do funcionamento por intermédio de uma secção em “T” é da ordem dos 2/3 originando lajes de maior espessura e processos construtivos mais complexos, lentos e onerosos.

Em comparação direta a laje **FERCA CBX** permite a redução de espessuras, a melhoria do comportamento, o aspeto final de uma laje maciça e a execução segundo processos mais simples e céleres.

IMPACTO AMBIENTAL

Sendo as formas dos vazios constituídas em 100% por material reciclado e promovendo em simultâneo a redução do consumo de betão, o sistema **FERCA CBX** contribui assim ativamente para uma melhor utilização dos recursos naturais e uma redução das emissões de CO₂ inerentes ao processo construtivo.

Em suma, o sistema **FERCA CBX** apresenta-se como uma alternativa aos sistemas convencionais com vantagens que devem ser devidamente ponderadas consoante as condições específicas de cada laje, relevando o impacto na solução global do edifício do ponto de vista técnico e económico.

ESPECIFICIDADES DO SISTEMA FERCA CBX

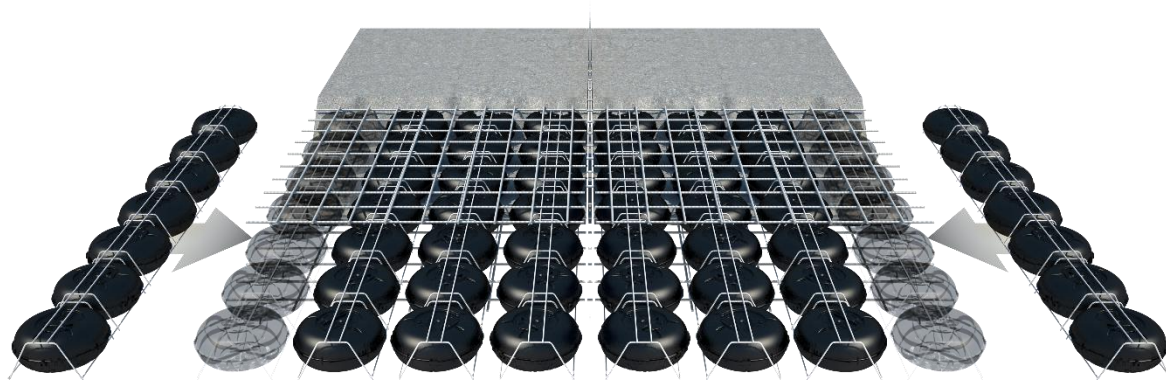
As lajes **FERCA CBX** apresentam no essencial três características que as distinguem das lajes maciças que devem ser consideradas no processo de cálculo e pormenorização.

Peso Próprio reduzido devido à presença dos vazios, resultando esforços menores na laje e nos elementos verticais. Na zona aligeirada a redução pode atingir os 32%.

Inércia da laje minorada em cerca de 8 A 11%, devido à presença dos vazios, facto que é largamente compensado pela redução de peso em termos do comportamento da laje.

Resistência ao corte reduzida da zona aligeirada devido à presença dos vazios. Esta redução cifra-se em cerca de 50% do esforço de corte da correspondente laje maciça.

Considerando estes três aspetos na conceção estrutural da solução, a laje **FERCA CBX** deverá respeitar os demais critérios e pormenorização de uma laje maciça com inclusão de zonas não aligeiradas, onde o esforço transversal não exceda os níveis admitidos anteriormente.

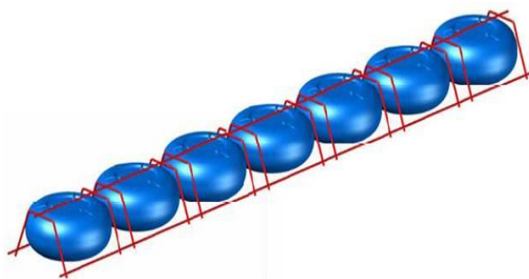


CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA FERCA CBX

A gama de soluções FERCA CBX é composta genericamente por uma linha designada de **Slim-Line** em que os vazios são compostos por formas elipsoidais com diferentes alturas e destinando-se a diferentes espessuras de lajes.

SLIM-LINE

Os módulos de compartimento **Slim-Line** da FERCA CBX, designados **S-xxx** em que xxx identifica a altura do vazio em mm.



Composto por vazios de altura variável entre 100mm e 260mm para lajes com espessuras de 200mm a 400 mm

$h = 0,20m$ a $0,40m$

As grelhas electrosoldadas que recebem os moldes, servem em simultâneo de suporte às armaduras superiores da laje e terão cerca de 2,50 m, incorporando 7 moldes.

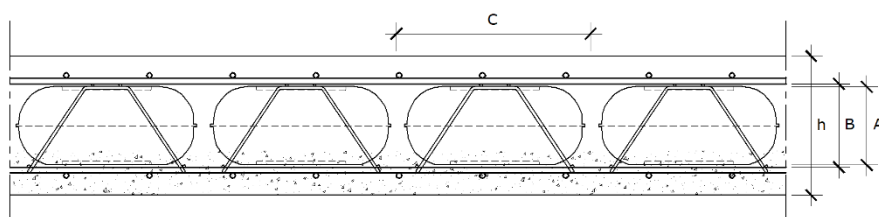


PARAMÊTROS PRINCIPAIS DAS LAJES FERCA CBX

A tabela seguinte incorpora todos os dados necessários à correta incorporação das lajes FERCA CBX para efeitos de cálculo, pormenorização e contabilização.

FERCA cbx		200	225	250	275	300	325	350	375	400
		S-100	S-120	S-140	S-160	S-180	S-200	S-220	S-240	S-260
Redução de carga	[kN/m ²]	-1.40	-1.64	-1.88	-2.10	-2.32	-2.56	-2.80	-3.10	-3.37
Fator de correção da inércia	[-]	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
Fator de redução ao corte	[-]	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Altura do suporte (A)	[mm]	110	130	150	170	190	210	230	250	270
Altura do vazio (B)	[mm]	100	120	140	160	180	200	220	240	260
Nº de vazios	[un/m ²]	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16	8.16
Volume do vazio	[m ³ /m ²]	0.056	0.066	0.075	0.084	0.093	0.102	0.112	0.124	0.135
Redução de CO ₂	[ton/m ²]	0.012	0.014	0.016	0.018	0.020	0.022	0.023	0.026	0.028
Afast. entre vazios (C)	[mm]	350	350	350	350	350	350	350	350	350

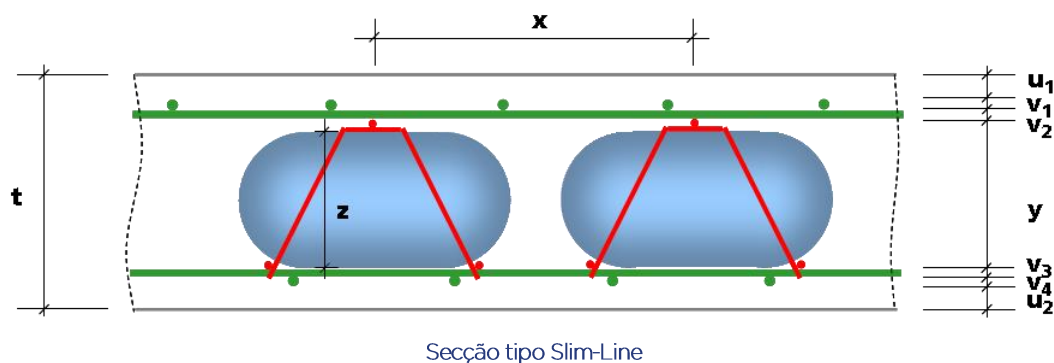
Tabela 1 – Parâmetro principais para cálculo e quantificação do sistema FERCA CBX.



Secção tipo de uma laje FERCA CBX

CONFIGURAÇÃO DA SECÇÃO DA LAJE

O sistema **FERCA CBX** inclui a grelha de suporte onde se encontram as formas dos vazios e que deverá ser colocada diretamente sobre a armadura inferior servindo em simultâneo de apoio à armadura superior, a ordem de montagem das armaduras e dos suportes **FERCA CBX** deverá, pois, ter em atenção que a primeira camada de armadura será sempre paralela a estes.



z : altura do vazio FERCA CBX; y : altura do suporte; x : afastamento entre vazios

v_1 , v_2 , v_3 e v_4 : diâmetro das armaduras; u_1 e u_2 : recobrimento superior e inferior

Uma verificação importante a realizar durante o processo de pormenorização e detalhe da laje **FERCA CBX** refere-se à composição e espessura final da mesma, considerando os recobrimentos definidos, o diâmetro dos varões seleccionados e a dimensão do vazio **FERCA CBX** em função da espessura definida no cálculo (h).

$$t = u_1 + u_2 + v_1 + v_2 + v_3 + v_4 + y + \text{tolerância de construção de 5-10 mm} < h$$

COMPONENTES DO SISTEMA FERCA CBX

O sistema **FERCA CBX** é composto por dois elementos:

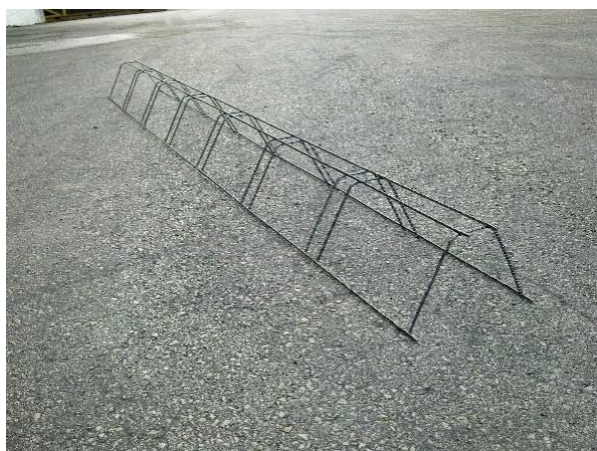
- Moldes plásticos;
- Grelhas metálicas de suporte.

MOLDES PLÁSTICOS FERCA CBX



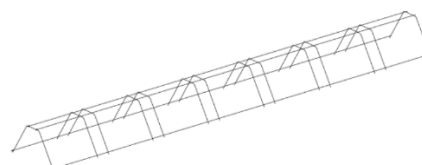
Dependendo da disponibilidade, do custo e da preferência do fabricante, as elipsoides plásticas podem ser fabricadas a partir de PP (Polipropileno) ou HDPE (Polietileno de Alta Densidade) reciclado, podendo variar a cor consoante a matéria-prima utilizada na injeção, sendo de uma forma geral em preto ou cinzento.

GRELHAS METÁLICAS DE SUPORTE FERCA CBX

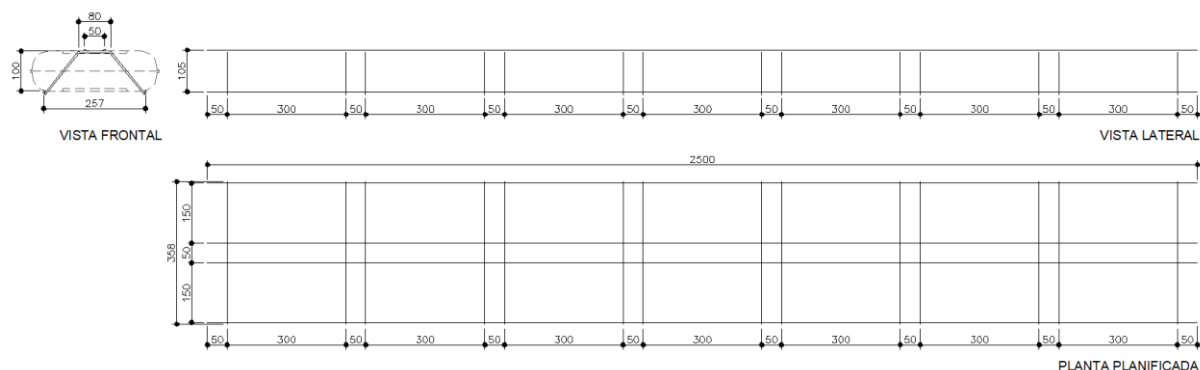


As grelhas metálicas de suporte rececionam 7 moldes **FERCA CBX**, para posterior posicionamento na laje.

As grelhas electrosoldadas, são compostas por varão A500 de diâmetro 4,5mm com 14 travessas de reforço. A grelha tem o comprimento de 2,50 mm, com uma base superior de 80 mm e base inferior variável, consoante a altura da grelha, resultante da altura da laje para execução.



FERCA S-100
BSC 978



Representação esquemática da grelha metálica para S-100



Grelhas assembledas com os moldes, a aguardarem instalação

LOGÍSTICA DO SISTEMA FERCA CBX

Dependendo do regime logístico escolhido, montagem no estaleiro de obra ou fora do mesmo, os módulos FERCA CBX devem ser ainda transportados. Para o efeito, recomenda-se que as pilhas sejam em sacos de plástico, paletizados e transportadas como tal.

As 1/2 elipsoides são concebidas de modo, a poderem ser empilhadas economicamente com uma altura de empilhamento de 20mm entre duas elipsoides. A altura recomendada de uma pilha pode variar entre 1,00m e 1,20m, dependendo da unidade de medida do módulo, correspondendo sempre a 50 elipsoides por pilha/saco.



1/2 Elipsoides embaladas (50 unidades por saco)



Paletes de moldes (24 sacos de 50un/paleta)



As grelhas metálicas de suporte são embaladas em atados de 25 e 50 unidades, sendo empilhados em paletes.

O transporte destes materiais pode ser executado por via terrestre com entrega direta em obra ou por via marítima através de contentores 40'HC.



Transporte terrestre de material paletizado pronto para montagem em obra

Referência	Unidades	m ²
CBX S-100 a S-260	26 400	1617.65

Tabela 2- Transporte terrestre em paletes.



Transporte terrestre de material montado pronto a instalar na laje

Referência	Unidades	m ²
CBX S-100	6720	824
CBX S-120	5600	686
CBX S-140	5040	618
CBX S-160	3920	480
CBX S-180	3920	480
CBX S-200	3360	412
CBX S-220	2800	343

Tabela 3- Transporte terrestre assembledo.



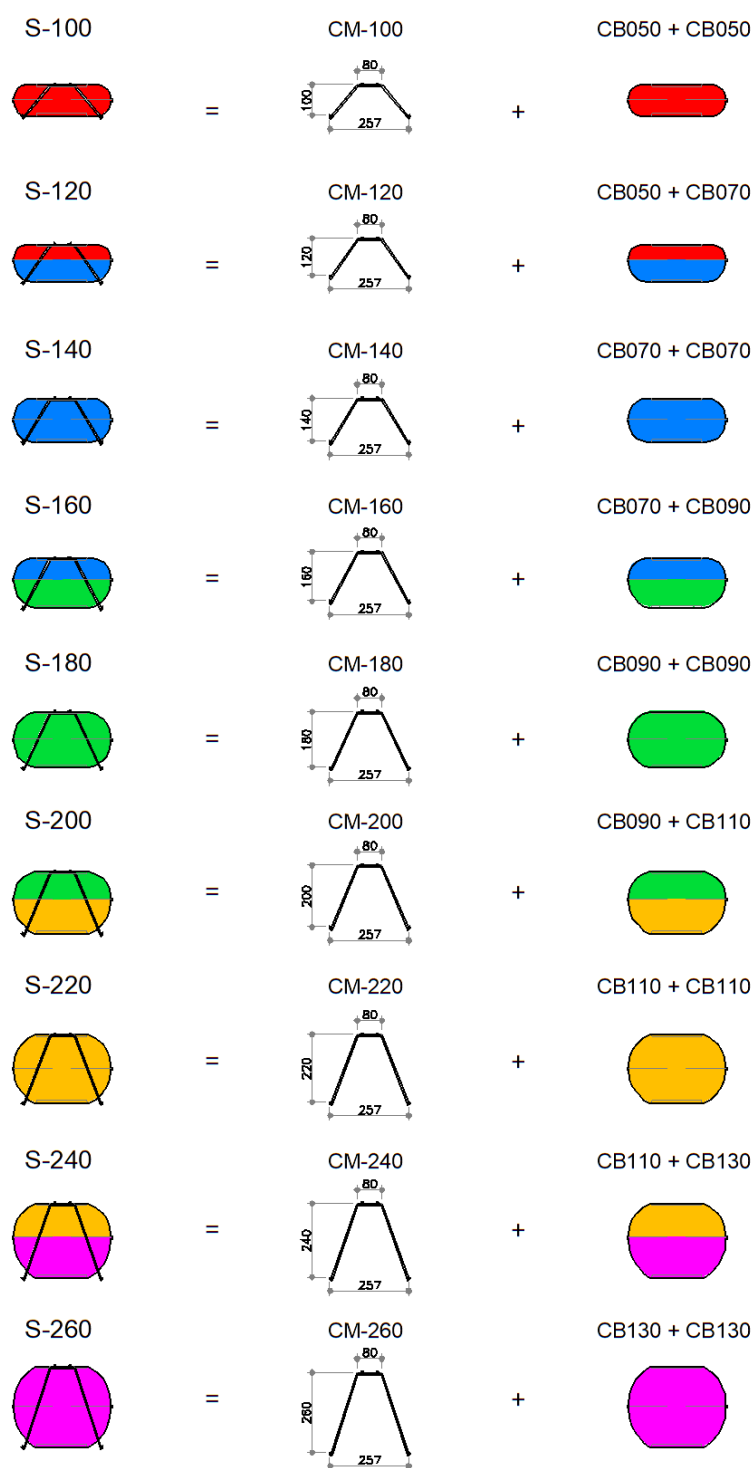
Transporte marítimo em contentor 40"HC (elipsoides em sacos e grelhas em paletes)

Referência	m ²	Elipsoides
CBX S-100	1,672.79	27300
CBX S-120	1,672.79	27300
CBX S-140	1,629.90	26600
CBX S-160	1,629.90	26600
CBX S-180	1,608.46	26250
CBX S-200	1,608.46	26250
CBX S-220	1,587.01	25900
CBX S-240	1,544.12	25200
CBX S-260	1,501.23	24500

Tabela 4- Transporte marítimo em contentor 40"HC.

PROCESSO DE ASSEMBLAGEM DO SISTEMA FERCA CBX

O sistema FERCA CBX é composto por elipsoides de variadas alturas, para que após a sua assemblagem possam corresponder às alturas pretendidas para a laje final. A assemblagem de dois elipsoides pode ser efetuada com peças de alturas distintas de forma a obter a altura pretendida da laje em execução.



As elipsoides são montadas deslocando horizontalmente uma elipsoide sobre a outra através dos trilhos orientadores até que os dois elementos estejam a prender-se com um clique sonoro no outro. Para uma montagem adequada e racional, a elipsoide inferior deve ser mantida no lugar (por exemplo, por uma peça de balcão, como uma cavidade na bancada) enquanto a elipsoide superior é movida horizontalmente.



Após a assemblagem dos moldes, estes são colocados numa grelha de suporte com capacidade de 7 moldes, e que deverá ser colocada diretamente sobre a armadura inferior servindo em simultâneo de apoio à armadura superior. A ordem de montagem das armaduras e dos suportes FERCA CBX deverá, pois, ter em atenção que a primeira camada de armadura será sempre paralela a estes.

Descrição do faseamento de montagem:



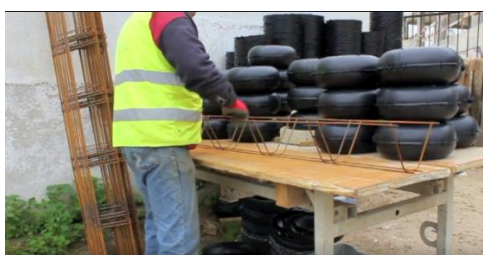
A 1/2 elipsoide inferior é colocada na base, com o lado interior exposto para cima



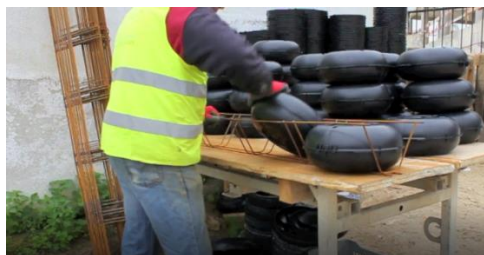
Posicionar a elipsoide superior sobre a inferior, através dos trilhos orientadores



Os dois elementos prendem-se através de uma ligeira pancada lateral, sendo confirmada a fixação com um clique sonoro



Colocação da grelha metálica de suporte sobre a bancada com a base de maior abertura virada para cima de forma a permitir a colocação dos moldes no seu interior



Encaixe direto do molde dentro da grelha, em cada compartimento, com inserção do molde inclinado na grelha



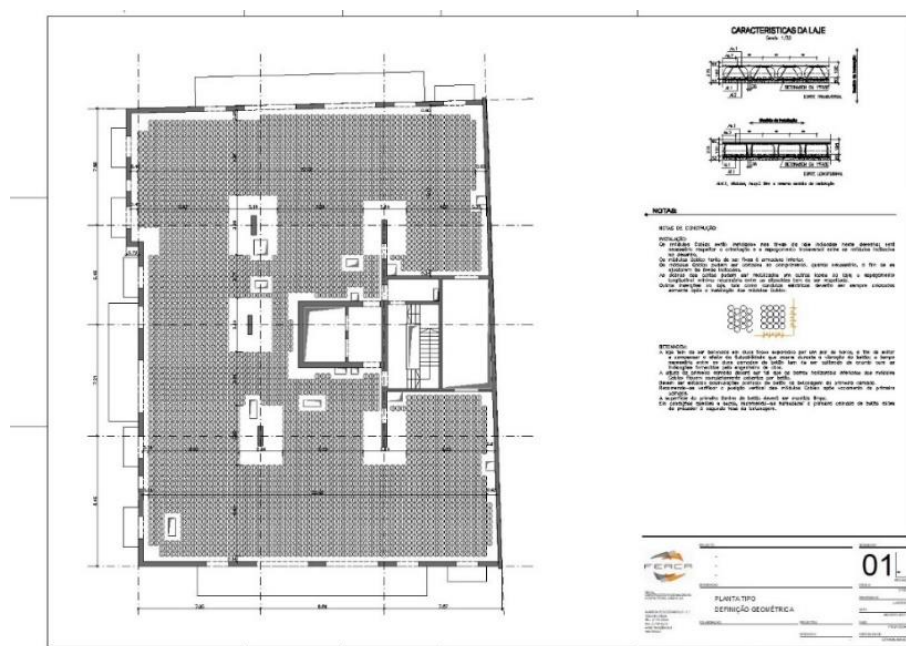
Garantir a fixação do molde no interior da grelha, com uma ligeira pancada seca no molde



Atados de módulos FERCA CBX prontos para colocar na laje

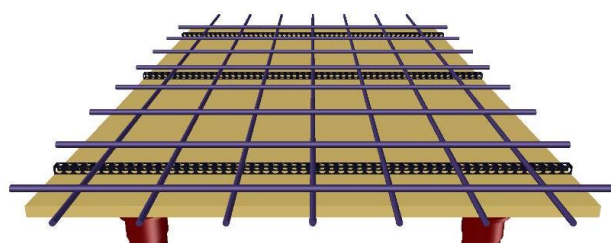
EXECUÇÃO DE UMA LAJE FERCA CBX

Para uma correta montagem das grelhas **FERCA CBX** em obra, devem ser produzidos desenhos de geometria que incluam a caracterização, quantidade, orientação e cotas de implantação dos vazios, em conjunto com os desenhos de geometria da cofragem e pormenorização das armaduras, de forma a permitirem a execução dos trabalhos da laje. A produção destes elementos será realizada em função da solicitação da obra, por técnicos da Ferca, no âmbito dos trabalhos de preparação da laje.



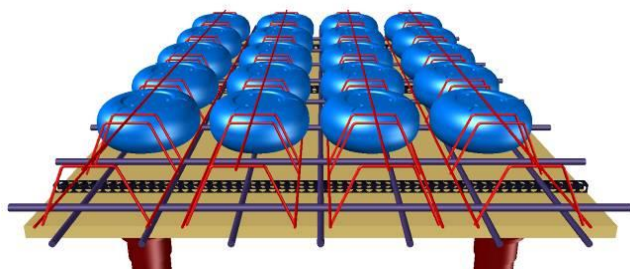
Desenho de distribuição de FERCA CBX tendo em consideração as áreas maciças necessárias

A execução de uma laje **FERCA CBX** respeita na íntegra os mesmos princípios e procedimentos da montagem de uma laje maciça sendo as grelhas colocadas e fixas diretamente sobre a armadura inferior, de referir ainda a particularidade de estas servirem de apoio às armaduras superiores evitando as vulgares “cadeiras” das lajes maciças.

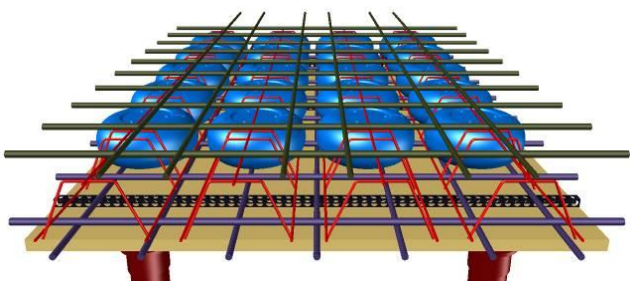


Execução de estrado corrido, colocação de calços para recobrimento e armadura inferior

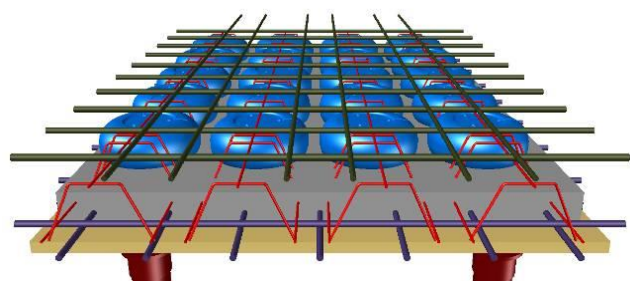




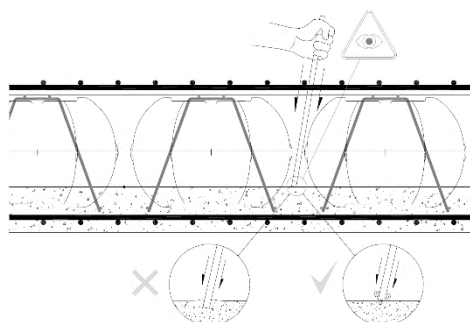
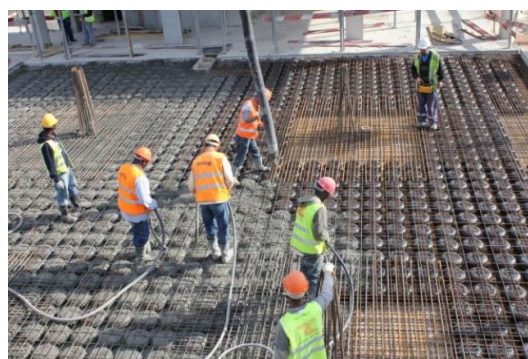
Colocação das grelhas FERCA CBX diretamente sobre a armadura superior, fixação com 2/3 nós por grelha



Colocação da armadura superior sobre as grelhas FERCA CBX

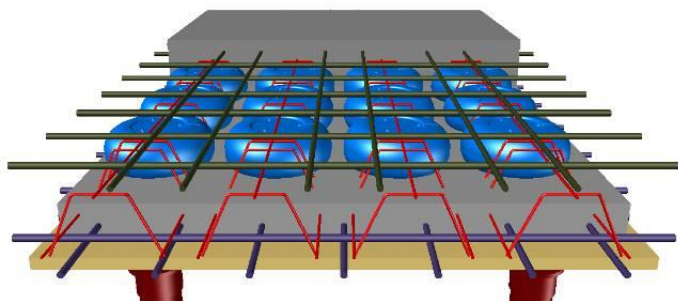


Betonagem da 1ª fase, até 1/3 da espessura ancorando as grelhas FERCA CBX



Verificação da 1ª fase de betonagem da laje





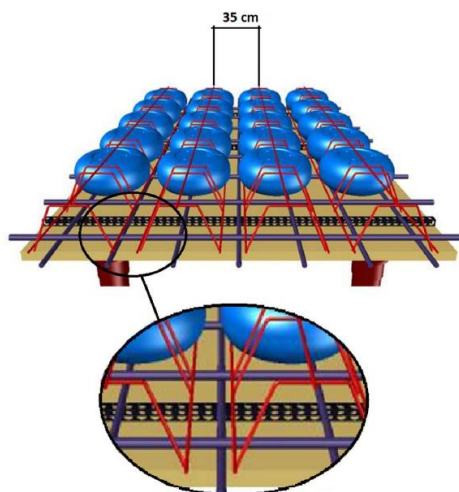
Betonagem da 2ª fase, 1 a 2 horas após a 1ª fase, acabamento da laje

Na distribuição do sistema FERCA CBX devem ser respeitados os seguintes princípios:

1. O afastamento entre eixos dos vazios FERCA CBX deve respeitar as dimensões referidas na Tabela 1 deste documento à exceção de indicação específica em contrário, com especial atenção em garantir o espaçamento entre eixos de grelhas que não deve diferir os 350 mm;

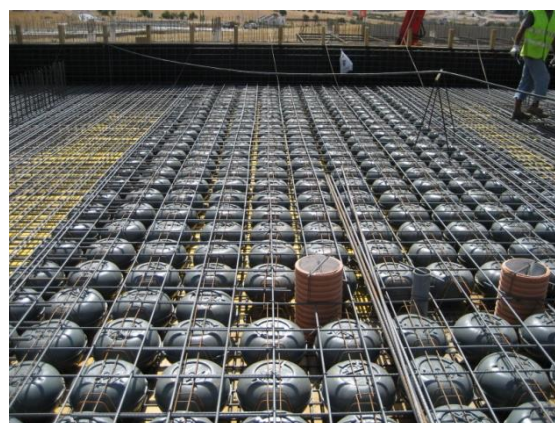


2. A orientação da grelha FERCA CBX deve ser perpendicular aos varões superiores da armadura inferior.



INSTALAÇÃO DOS SERVIÇOS TÉCNICOS

Sendo o **FERCA CBX** um sistema modular a compatibilização com instalações diversas que se pretendam levar a efeito na laje é possível, devendo ser previamente previstas e patentes nos desenhos de distribuição as implicações na disposição dos módulos **FERCA CBX**. Os vazios podem ser retirados individualmente para o atravessamento de tubos ou em linhas para a passagem de instalações diversas, por exemplo aplicação de pós-esforço na laje.



Exemplos de instalações diversas e sistemas de pós-esforço numa laje FERCA CBX

