

# Projetos

Lajes

## Construção rápida

Sistema misto que dispensa parcial ou totalmente o escoramento, o steel deck agiliza a execução e reduz custos

Gisele Cichinelli

Edição 179 - Dezembro/2011

Redução no prazo de execução e no número de operários envolvidos são alguns dos benefícios do steel deck, também conhecido como fôrma para laje mista. Além da leveza e praticidade de transporte e montagem, o sistema permite diminuir em até 40% o custo com mão de obra e executar 2 mil m<sup>2</sup>, por exemplo, em cerca de três dias. A economia proporcionada pelo sistema também envolve aspectos como dispensa de fôrmas de madeira e de escoramento em situações nas quais os vãos entre vigas variam de 2 m a 4 m e ainda redução no consumo de concreto.

Tudo isso só é possível, entre outros fatores, porque o steel deck atua como fôrma e armadura positiva ao mesmo tempo, sendo ideal em obras com alto grau de racionalização ou onde a montagem de escoras se mostra inconveniente. Depois que aço e concreto se solidarizam, de forma a não haver deslocamento relativo entre os dois materiais, formam um sistema misto que atua como armadura positiva da laje. Em função dos vãos adotados, as lajes podem suportar sobrecargas de utilização de 300 kg/m<sup>2</sup> a 2 mil kg/m<sup>2</sup>.

A variedade reduzida de perfis no mercado brasileiro, no entanto, ainda é um dos pontos críticos da solução. "Pela falta de empresas concorrentes e de variedade de perfis, o preço da solução ainda é alto por aqui. Na Europa e nos Estados Unidos, há uma infinidade de perfis, mas importar não vale a pena devido ao prazo e aos altos custos de internalização", conta Alexandre Vasconcellos, diretor geral da Método Estrutura, empresa especializada em estruturas mistas.

De acordo com a arquiteta Silvia Scalzo, do Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), essa lacuna é justificada pela pouca difusão do produto nos projetos brasileiros, onde seu uso geralmente é descartado como opção de laje para vencer vãos maiores que 3 m. "Se existissem no Brasil perfis mais altos e, conseqüentemente, mais resistentes, o uso do produto poderia ser ampliado. O mesmo vale para situações onde se buscam lajes com menores espessuras, por exemplo, laje-forro ou pequenos mezaninos, nas quais seria interessante contar com perfis mais baixos do que os disponíveis no mercado", explica.

"Essa situação pode ser contornada utilizando vigas de aço associadas ao steel deck, permitindo alcançar com facilidade modulação entre pilares de até 20 m e usando vigas secundárias para apoio do steel deck", completa Vasconcellos.



Indicado para compor um conjunto estrutural com vigas de aço, o steel deck dispensa parcial ou totalmente os escoramentos, reduzindo custos com aluguel, indenizações, montagem e desmontagem de equipamentos e com mão de obra



Detalhe da execução da laje mista no empreendimento Rochaverá Corporate Towers, onde o steel deck foi usado de modo pouco convencional, como fechamento dos vãos de laje deixados para operação de guias e elevadores de obra. Com o uso do steel deck e do vigeamento metálico, foi possível executar o fechamento de 32 pavimentos e quatro subsolos em apenas dois dias



O steel deck é feito em aço estrutural e possui mossas na sua geometria, "ranhuras" que garantem que o concreto trabalhe junto ao aço evitando que ocorra deslizamento relativo entre os dois materiais

### Espessuras e armaduras adicionais

O sistema de lajes mistas apresenta maior viabilidade quando previsto na fase de projeto, o que permite a adequação da modulação dos vãos e, conseqüentemente, a dispensa das escoras e a necessidade de armadura complementar. A partir do vão e da sobrecarga pretendida, é possível determinar a espessura de chapa mais adequada para o steel deck e a espessura total da laje. "Quanto maior o vão e a sobrecarga desejada, maior deve ser a espessura do produto. No entanto, normalmente é mais econômico trabalhar com vãos menores, entre 2,60 m e 3 m, com espessura de chapa 0,80 mm", comenta Silvia, lembrando que o mercado brasileiro disponibiliza chapas de 0,65 mm, 0,80 mm, 0,95 mm e 1,20 mm. "Mas em casos onde há maior sobrecarga e necessidade de mais área de aço, além do aumento da espessura da fôrma, pode ser conveniente simplesmente colocar vergalhões como armaduras adicionais. Deve-se considerar a alternativa menos onerosa, o que vai depender de cada caso", acrescenta Vasconcellos.

Armaduras de reforço serão necessárias em situações onde a contribuição do steel deck como armadura positiva não atende à sobrecarga exigida pelo projeto. Nesses casos, as armaduras devem ser dimensionadas para aumentar a resistência da laje.

### Vantagens e limitações

Ainda de acordo com o engenheiro, a concretagem das lajes mistas não exige o uso de concretos especiais, podendo ser especificados concretos convencionais de até 25 MPa. "O sistema proporciona uma economia grande de concreto já que, nos pavimentos convencionais, a laje mista é feita com 15 cm de altura, mas a capa de concreto será sempre menor do que essa altura por conta dos vazios das 'ondas' da fôrma", explica. Ainda que tecnicamente seja possível executar pavimentos mais esbeltos, é recomendável que a altura da laje de pavimentos nunca seja inferior a 15 cm. "Lajes menos espessas não serão aprovadas pelo corpo de bombeiros, pois não atendem aos critérios de compartimentação, como isolamento térmico e estanqueidade, ou seja, a capacidade da laje de impedir incrementos de temperatura e de vedação em situações de incêndio."

Outra vantagem conferida pela geometria do steel deck é a possibilidade de embutir todas as pequenas instalações - com exceção do sistema de ar-condicionado -, nos vãos da laje, aumentando espaços e produtividade nessa etapa. O uso de forros, que poderia encarecer o sistema, também não é obrigatório. "O steel deck pode ser integrado esteticamente ao projeto, já que muitos arquitetos valorizam a geometria dessas fôrmas", lembra Vasconcellos.

Apesar dos muitos benefícios, a especificação do steel deck deve ser evitada em casos onde as sobrecargas sejam superiores a 3 t/m<sup>2</sup> e em panos onde sejam necessários muitos furos como, por exemplo, em lajes suporte de casa de máquinas de elevadores. "Obras com grande quantidade de aberturas a serem definidas após sua instalação, sem que estas sejam conhecidas desde o início, também limitam o uso dessas lajes. Na verdade, não existe uma restrição efetiva, mas apenas uma dificuldade relativa de campo para a instalação de reforços necessários", explica o engenheiro João Alberto de Abreu Vendramini, vice-presidente de marketing da Abece.

### **Soluções contra incêndio**

O sistema de laje mista tem de garantir isolamento térmico e estanqueidade, ou seja, ter a capacidade de vedar a ocorrência de incêndios em fissuras e outras aberturas, através das quais pode ocorrer aumento da temperatura e até mesmo passar chamas e gases para outros pavimentos. Sem proteção contra incêndio, o steel deck, que funciona como a própria armadura da laje, pode colapsar.

O revestimento de proteção contra incêndio deve ser aplicado na face inferior da laje. Uma das soluções mais baratas é a argamassa cimentícia projetada, que leva em sua fórmula produtos inertes à base de cimento, vermiculita ou gesso capazes de retardar o aquecimento do steel deck. "O uso de lãs de vidro e de rocha e de tintas intumescentes também se presta a essa finalidade, mas são soluções mais caras", observa Vasconcellos.

Uma outra alternativa, ainda segundo o engenheiro, é o uso de armadura passiva colocada entre o steel deck e a parte superior embutida no concreto, para cumprir essa função. "Em termos de custo essa alternativa compensa, já que, em relação à armadura passiva, o uso de proteção passiva significa 13,5% de aumento no custo da laje. Essa solução também causa impacto desprezível no peso da estrutura, de apenas 3 kg/m<sup>2</sup>", completa.

### **Execução do steel deck**

#### **Transporte**

Os fardos de material podem ser levados para o local de montagem por guias ou guinchos. Uma fôrma de 0,80 m de espessura de chapa de aço pesa aproximadamente 7,5 kg/m<sup>2</sup> quadrado, portanto, uma peça com 7 m pesará pouco mais de 50 kg. Em virtude da necessidade de apoio no meio da fôrma durante o manuseio, podem ser necessários até seis homens para manuseá-la.





### Cuidados preliminares

As fôrmas devem ser assentadas sobre as vigas seguindo a orientação do desenho do projetista ou do próprio fabricante. Antes de iniciar a montagem, é fundamental conferir se o nivelamento da mesa superior da viga de aço está correto, de modo a obter um perfeito contato entre a fôrma e a viga. Ferrugens, rebarbas, respingos de solda, de oleosidades em geral e de pintura, além da umidade nas proximidades da região de soldagem, devem ser completamente removidas.



### Ajustes

Após as conferências necessárias, os painéis são posicionados sobre o vigeamento. Por se tratar de um produto flexível, a largura útil efetiva das fôrmas pode variar com o manuseio. Portanto, o primeiro passo é alinhá-las e gabaritá-las de modo a garantir que sejam montadas com sua largura útil real. É usual a necessidade de recortes e ajustes nos cantos e no contorno de pilares, a fim de adaptar a laje à geometria da edificação. Uma vez realizados todos os ajustes e o alinhamento, os painéis devem ser fixados à estrutura por meio de pontos de solda bujão ou solda tampão.

### Conectores de cisalhamento

Há dois tipos de conectores: pino com cabeça (stud bolt) e perfil "U" laminado. Ambos cumprem a função de realizar a ligação entre as vigas metálicas e a laje de concreto, absorvendo os esforços de cisalhamento longitudinais, e de impedir o afastamento vertical entre a laje e a viga. Os conectores do tipo stud bolt são os mais usuais e devem ser soldados à viga com o auxílio de um conector de solda por eletrofusão. Já as conexões com perfil "U" exigem recortes no steel deck, o que pode acarretar perda de produtividade durante sua fixação. "Os conectores stud bolt também funcionam como travamento da viga metálica na fase construtiva, o que não acontece com o perfil "U", observa Gioielli. Independentemente da solução

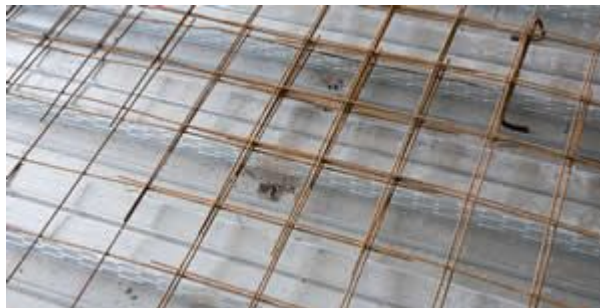




escolhida, os conectores devem ser fixados após o término da montagem da fôrma de aço e antes da concretagem. Entre os cuidados durante essa etapa, é fundamental evitar a presença de umidade nas soldagens do conector. "O ideal é que a aplicação dos conectores seja feita logo após a montagem da fôrma de aço, evitando a possibilidade de acúmulo de água entre os painéis e a face superior das vigas de aço", explica Vasconcellos.

### Armaduras

Concluídas a montagem, fixação da fôrma e instalação dos conectores de cisalhamento, o próximo passo é a colocação de uma malha metálica para a distribuição de esforços e antifissuração, similar a uma tela, 20 mm abaixo da superfície do concreto da laje. Armaduras convencionais adicionais podem ser necessárias quando a armadura total positiva precisa ser aumentada. Em situações em que a fôrma vença dois ou mais vãos entre apoios com uma única peça, os momentos negativos sobre as vigas intermediárias terão de ser absorvidos por armadura negativa convencional. Nesses casos, esse elemento já deve ser considerado na fase de projeto.



### Concretagem

Por último, o concreto é lançado por bombeamento. Além do tempo de cura, que deve ser respeitado rigorosamente, nessa etapa outro ponto que requer atenção é a saída do concreto, que deve ser movimentado frequentemente e cuidadosamente para minimizar os problemas de acumulação em zonas críticas da laje como, por exemplo, no meio do vão. De acordo com os parâmetros das normas estrangeiras e da

NBR 14323 - Dimensionamento de Estruturas de Aço de Edifícios em Situação de Incêndio, o cobrimento mínimo é de 50 mm de concreto acima do topo do steel deck. Para lajes de piso, recomenda-se cobrimento maior ou igual a 65 mm. Aditivos à base de cloretos para aceleração de cura do concreto devem ser evitados, sob pena de comprometer a galvanização das chapas de aço.

### Case

#### Blocos conectados

O steel deck foi alternativa encontrada pelos projetistas para conectar os blocos Office (A) e Corporate (B), ambos destinados a escritórios, do empreendimento Brookfield Century Plaza Commercial, em Alphaville (São Paulo). Os blocos A e B se interconectam a partir do 10° e 13° andares, respectivamente, por uma estrutura metálica que conforma um novo edifício, de 21 pavimentos, formando uma extensão de área do edifício Corporate. Duas passarelas que interligam as edificações a cada três andares foram executadas com



12 fôrmas de steel deck de 59 mm de altura, que venceram um vão de 1,70 m entre as vigas principais. As fôrmas metálicas receberam uma capa de concreto de 40 MPa de 51 mm de altura, totalizando, no conjunto, 110 mm de altura. "Lançamos, com o auxílio de guindastes, as vigas metálicas entre os edifícios, que funcionaram como suporte para o apoio das fôrmas. A concretagem foi feita por bombeamento, o que permitiu maior controle e segurança no processo", explica Renato Pompéia Gioielli, diretor do Grupo Dois Engenharia Estrutural, empresa responsável pelo projeto de estrutura metálica.

O projetista lembra que o pé-direito do bloco intermediário, de 38 m, inviabilizava qualquer possibilidade de escoramentos. Em função disso e da altura estrutural das vigas, a laje steel deck também foi usada no primeiro pavimento, vencendo vãos de 11 m e 14 m, nos menores e maiores trechos, respectivamente. Ao todo, 240 m<sup>2</sup> de decks se apoiam sobre as vigas principais, cujos espaçamentos entre si são de 2 m. "Também utilizamos decks de 59 mm de altura, mas nessa laje optamos por executar uma capa de concreto de 71 mm de altura (totalizando 130 mm de altura) já que os vãos e as sobrecargas eram maiores", explica Gioielli.

### **Normas técnicas**

O steel deck ainda não possui normas técnicas no Brasil, mas há vários textos normativos que servem de referência aos projetistas. São eles:

**NBR 6118** - Projeto de Estrutura de Concreto - Procedimento;

**NBR 8800** - Projeto de Estrutura de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios;

**NBR 10735** - Chapas de Aço de Alta Resistência Mecânica Zincadas;

**NBR 14323** - Dimensionamento de Estruturas de Aço de Edifícios em Situação de Incêndio - Procedimento.

### **Checklist**

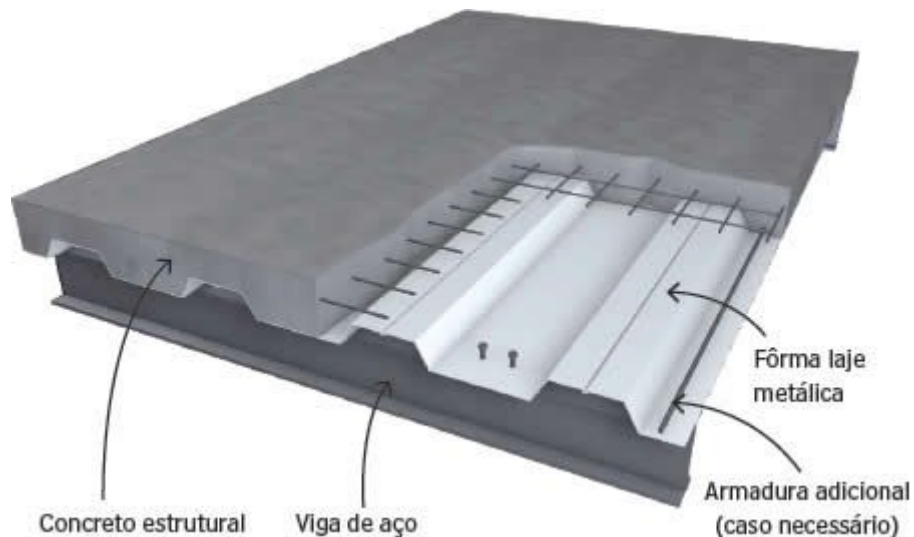
#### **Escolha do fornecedor**

- Qualidade e garantia de assistência técnica são critérios essenciais para pautar a escolha do fornecedor
- Certifique-se de que a matéria-prima usada seja certificada, para que a qualidade do aço e a galvanização sejam garantidas
- A empresa deve possuir um corpo técnico capaz de orientar o cliente com relação à montagem do sistema e de elaborar um projeto específico para aplicação do produto (projeto de paginação)
- O fabricante do steel deck deve apresentar resultados de ensaios em laboratório e, a partir deles, fornecer os coeficientes de aderência  $m$  e  $k$ , para dimensionamento da laje mista. Esses coeficientes mudam de fornecedor para fornecedor

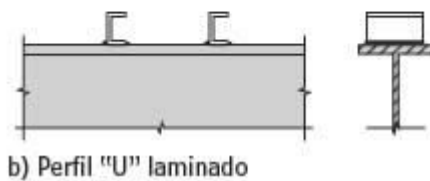
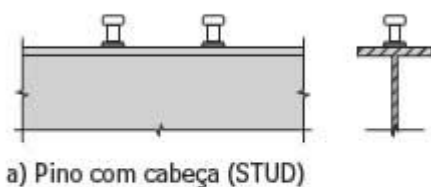
#### **Cuidados no canteiro**

- Os paletes de chapas metálicas devem estar armazenados em local seco, coberto e ventilado. Na armazenagem deve-se providenciar uma boa cobertura resistente à chuva
- Na etapa de empilhamento, os pacotes deverão ser armazenados com uma leve inclinação longitudinal, permitindo que a água eventualmente acumulada sobre eles possam escoar livremente

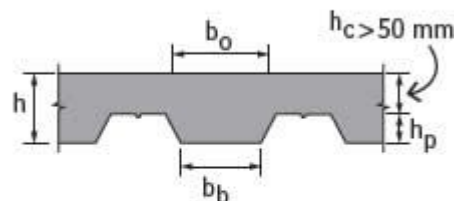
## Sistema laje mista



### Tipos usuais de conectores



### Dimensões da laje mista



A altura total da laje mista ( $h$ ) deve ser maior ou igual a 90 mm e a espessura de concreto sobre a fôrma ( $h_c$ ) deverá ser de, no mínimo, 50 mm.

Fontes: CBCA e Alexandre Vasconcellos

## Produtos & técnicas

### Rapidez na execução

Fabricado em chapa de aço galvanizada de alta resistência, o Polydeck 59S da Perfilor pode ser utilizado em edificações com estrutura de concreto ou metálica. Disponível em três espessuras de chapa de aço - 0,80 mm, 0,95 mm e 1,25 mm -, o produto pode atender diversas condições de vão, sobrecarga e altura final da laje.

[www.perfilor.com.br](http://www.perfilor.com.br)



### Duas versões

Disponível em duas versões, o MF 75, da Metform, é recomendado para empreendimentos industriais e o MF 50 pode ser adotado em edificações como hotéis, hospitais e edifícios. Ambos apresentam nervuras largas, permitindo a utilização de conectores de cisalhamento que reduzem o peso da estrutura.

[www.metform.com.br](http://www.metform.com.br)



### **Contra a corrosão**

O sistema Universal SP 27, da Medabil, está disponível no mercado em quatro espessuras - 0,65mm, 0,80 mm, 0,95 mm e 1,25 mm - e supera pesos de 6,8 kg/m<sup>2</sup> até 13 kg/m<sup>2</sup>. Com o sistema, é possível vencer vão máximo de 3,50 m sem escoras. Possui tratamento superficial galvanizado com tratamento químico de cromato para a proteção contra a corrosão branca do zinco.

[www.medabil.com.br](http://www.medabil.com.br)



### **Steel Deck**

Veja mais desenhos com detalhes do sistema.