

FAEX - Faculdade de Extrema
Curso de Engenharia de Produção
Trabalho de Conclusão de Curso

FERNANDA CAROLINE BRANDÃO

SISTEMA CONSTRUTIVO STELL DECK: um estudo comparativo com lajes
convencionais.

Extrema
2018

FERNANDA CAROLINE BRANDÃO

SISTEMA CONSTRUTIVO STELL DECK: um estudo comparativo com lajes convencionais.

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas de Extrema- FAEX, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, orientado pelo Prof. Marcelo Hermogenes.

Extrema

2018

FERNANDA CAROLINE BRANDÃO

SISTEMA CONSTRUTIVO STELL DECK: um estudo comparativo com lajes convencionais.

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas de Extrema-FAEX, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Data **de** **aprovação:**
____/____/____

Banca Examinadora:

Prof.Orientador Afonso Henrique Vilela

Prof^a. Mestre Roberta Martins Moraes

Prof.

Prof.

13 de dezembro de 2018

Dedico este trabalho aos meus pais, amigos e ao meu orientador por apoiar nesta longa e difícil jornada e compreenderem todo o tempo que foi dedicado a este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que nos abençoa com sabedoria e capacidade de aprendizado diariamente.

A FAEX que nos disponibilizou tão competentes mestres para transmitir seus conhecimentos.

A meus pais, familiares e amigos que sempre estiveram ao meu lado, me dando apoio psicológico e me motivaram em momentos difíceis dessa caminhada.

A todos que indiretamente ou diretamente tiveram participação em minha formação.

RESUMO

Um sistema construtivo que permita adiantamento do prazo de entrega, facilidade de execução, redução de perdas e do peso próprio da estrutura sem comprometer a segurança, são benefícios característicos das lajes *Steel Deck*, que estão sendo cada vez mais usadas no Brasil, não só para edifícios, residências mas até mesmo para pontes.

Este trabalho objetiva apresentar as definições, origens e benefícios do sistema, bem como os métodos de dimensionamento aos esforços de flexão, cisalhamento vertical e horizontal. O efeito de continuidade da forma sobre vigas metálicas ou mistas e suas interações com o deck metálico e o concreto.

Ainda serão abordados tópicos referentes à segurança de fôrma metálica, dimensionamento de conectores e em situação de incêndio.

Foram considerados ainda, os quesitos necessários para garantir qualidade e durabilidade das lajes mistas.

O trabalho contempla um comparativo entre as lajes mistas e as lajes convencionais, o que permitiu identificar que os custos diretos da laje mista podem não ser, a priori, mais baixos que o de uma laje convencional, porém com um orçamento mais preciso, considerando os custos indiretos tais como, tempo de conclusão da obra, mão de obra necessária, necessidade de escoramento, a laje mista torna-se mais viável economicamente.

Palavras-chave: Lajes Mistas, *Steel Deck*, Sistema Construtivo.

ABSTRACT

Steel Deck slabs, which are increasingly being used in Brazil, are not only a feature of a construction system that allows delivery lead times, ease of execution, loss reduction and structural weight without compromising safety. buildings, residences but even for bridges.

This work aims to present the definitions, origins and benefits of the system, as well as the sizing methods to the flexural, vertical and horizontal shear stresses. The effect of continuity of shape on metallic or composite beams and their interactions with the metal deck and the concrete.

Topics related to metal forming safety, connector design and fire conditions will also be covered.

Also considered were the necessary items to guarantee quality and durability of the mixed slabs.

The work contemplates a comparison between the mixed slabs and the conventional slabs, which allowed to identify that the direct costs of the mixed slab may not be, a priori, lower than that of a conventional slab, but with a more precise budget, considering the indirect costs such as time of completion of the work, required labor, need for shoring, the mixed slab becomes more economically viable.

Keywords: mixed slabs, Steel Deck, construction system.

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1- Opção Concreto Armado.....	28
Quadro 2- Opção Steel Deck.....	28
Quadro 3- Opção Steel Deck.....	31
Quadro 4- Opção Laje convencional.	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-Perspectiva de lajes mistas <i>steel deck</i>	15
Figura 2-Corte de lajes mistas <i>steel deck</i>	15
Figura 3-Lajes com fôrma de aço incorporada.....	17
Figura 4-Ponte Orinoquia.	18
Figura 5- <i>The Office</i>	27
Figura 6- Uso de <i>steel deck</i> na obra <i>THE OFFICE</i>	29
Figura 7- Projeto Amestista.	30

1 SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	OBJETIVO GERAL	12
1.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.3.	JUSTIFICATIVA	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	. LAJES MISTAS <i>STEEL DECK</i>	14
2.2	ORIGEM	16
2.3	LAJES MISTAS NO BRASIL.....	16
2.4	STEEL DECK UTILIZADO EM PONTE.....	17
2.5	VANTAGENS NO USO DE LAJES MISTAS <i>STEEL DECK</i>	18
2.6	DESVANTAGENS NO USO DE LAJES MISTAS <i>STEEL DECK</i>	19
2.7	DIMENSIONAMENTO DE LAJE <i>STEEL DECK</i>	20
	2.6.1. Tabela de dimensionamento.....	20
2.8	2.7. PREÇO.....	21
2.9	2.8. FORNECEDORES.....	21
2.10	LAJES MACIÇAS DE CONCRETO ARMADO	22
	2.10.1 Vantagens no uso de lajes maciças de concreto armado.....	22
	2.10.2 DESVANTAGENS NO USO DE LAJES MACIÇAS DE CONCRETO ARMADO	22
	2.11 LAJES PRÉ-FABRICADAS DE PAINÉIS TRELIÇADOS	23
	2.11.1 Vantagens no uso das lajes pré-fabricadas de painéis treliçados	23
	2.11.2 Desvantagens no uso das lajes pré-fabricadas de painéis treliçados	23
3	ESTUDO DE CASO	25
3.1.	DEBATE TÉCNICO COM ESPECIALISTAS.....	25
5.3.	EXEMPLOS PRÁTICOS	26
	3.1.1.....	26
	5.3.3. Características da obra em Belo Horizonte.....	26
	5.3.4. Utilização de steel deck na obra <i>The office</i>	27
	5.3.5. Características da obra de Joinville	30
	3.1.2 4.2.4. Considerações da Construtora	33
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
5	REFERÊNCIAS	35

1. INTRODUÇÃO

Graças ao uso crescente de tecnologias que permitem maior agilidade na execução de obras, reduzindo o desperdício de materiais nota-se a possibilidade da construção de estruturas mais leves e ao mesmo tempo mais resistentes, desta forma obtém-se obras mais baratas e seguras.

É em busca dos resultados citados acima que as lajes mistas do tipo *Steel Deck* têm ganhado espaço em obras que necessitam do adiantamento do prazo de entrega e baixo índice de perdas. Uma das maiores vantagens deste modelo sistema construtivo é que o perfil de aço laminado exerce a função de plataforma para o trabalho de operários durante o processo de montagem e depois da concretagem, até que o concreto atinja 75 % de sua resistência à compressão (característica especificada-NBR 8800/2007), entende-se então que esta tecnologia funciona como armadura positiva, permitindo a dispensa de escoramentos para vãos pequenos ou intermediários, gerando desta forma, maior economia, melhor organização do canteiro de obras e industrialização da construção.

Outra vantagem deste sistema consiste na facilidade de execução de instalações sob as nervuras do perfil de aço, sem comprometer a seção de concreto comprimido, ocorrência comum em lajes de concreto armado.

1.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho consiste em evidenciar as vantagens da utilização de lajes mistas *Steel Deck*.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Citar opiniões de autores sobre o tema "*Steel Deck*";
- b) Analisar duas obras diferentes, no momento da escolha da laje;
- c) Evidenciar as vantagens de aplicação do sistema construtivo *Steel Deck*.

1.3. JUSTIFICATIVA

A relevância do estudo reside na análise da viabilidade da aplicação de lajes mistas, no modelo *Steel Deck* se comparadas ao modelo de laje maciça.

A idéia principal objetiva estudar as vantagens econômicas, bem como a qualidade do resultado final da obra, em menor espaço de tempo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo serão abordados temas que envolvem os conceitos do método construtivo com utilização de lajes mistas *Steel Deck*, e a opinião de autores sobre o tema abordado.

2.1 LAJES MISTAS *STEEL DECK*

No intuito de maximizar as vantagens dos componentes do aço e do concreto, a combinação desses materiais na construção civil se torna cada vez mais comum visto que não há outro material que possua todas as qualidades requeridas (Beltrão, 2003, p. 22). Desta forma, iniciou-se nos Estados Unidos, em 1930, o uso de chapas metálicas como fôrma de lajes, vale salientar que até então a utilização da fôrma metálica restringia-se a resistir aos carregamentos apenas no ciclo da construção, após a cura do concreto, este era o único responsável por suportar todos os carregamentos (GOMES, 2001, p. 1).

Ainda para Gomes, (2001) foi no ano de 1940 que deu-se início a utilização de lajes mistas *steel deck* levando em conta a ação composta dos dois elementos, tanto para resistir aos carregamentos da estrutura, quanto para atuação da chapa como armadura de tração da laje.

Vejamos o que a NBR 8800 descreve sobre:

Nas lajes mistas, a fôrma de aço deve ser capaz de transmitir o cisalhamento longitudinal na interface entre o aço e o concreto. A aderência natural entre o aço e o concreto não é considerada efetiva para o comportamento misto, o qual deve ser garantido por [...]:

- a) ligação mecânica por meio de mossas nas fôrmas de aço trapezoidais;
- b) ligação por meio do atrito devido ao confinamento do concreto nas fôrmas de aço reentrantes. (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008, p. 211).

Beltrão, (2003) afirma que é fundamental que haja aderência entre a fôrma de aço e o concreto, pois “A ausência de aderência gera um deslizamento entre os dois materiais fazendo com que ambos trabalhem de forma isolada, além de impossibilitar a transferência de esforços.” (BELTRÃO, 2003, p. 35).

A seguir podem-se observar os principais elementos presentes na estrutura de uma laje mista.

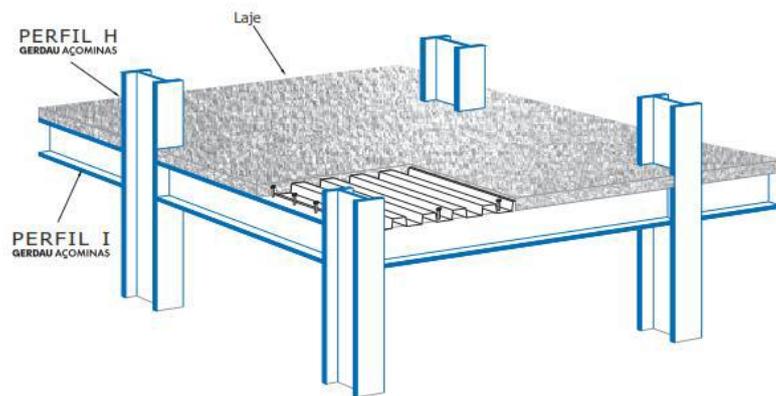


Figura 1-Perspectiva de lajes mistas *steel deck*.

Fonte: Adaptado de Bonini (2013)

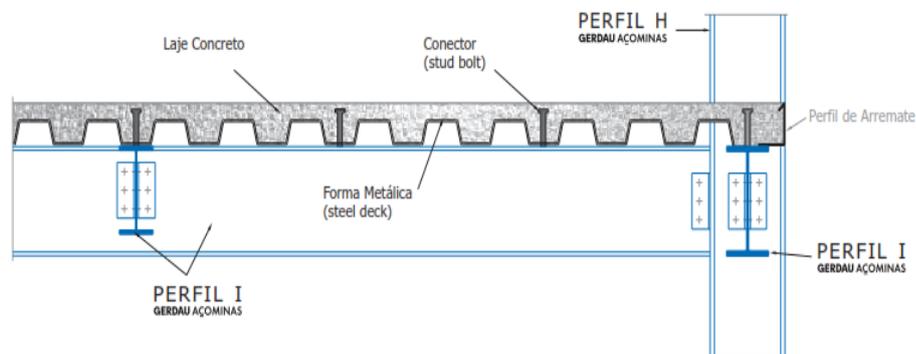


Figura 2-Corte de lajes mistas *steel deck*.

Fonte: Adaptado de Bonini (2013)

2.2 ORIGEM

Segundo De Nardin (2005) a utilização do sistema de lajes com fôrma de aço incorporada originou-se na década de 30 nos Estados Unidos, porém a utilização conjunta aço-concreto passou a ser considerada apenas em meados da década de 50, por meio de estudos desenvolvidos na Universidade de Iowa em parceria com o *AISI-American Iron and Steel Institute*.

Widjaja (1997) acredita que mesmo que o uso de Perfis formados a frio tenha iniciado no século XX nos Estados Unidos, a padronização dos procedimentos de projeto para lajes do modelo Steel Deck só foram formulados por volta de 1966 a partir de um programa de pesquisa que liderou a especificação do projeto para lajes mistas na *ISU-Iowa State University* sob a responsabilidade do *AISI-American Iron And Steel Institute*. A padronização deste projeto possui recomendações, que eram baseadas em dois estados, o estado limite de flexão e estado limite de cisalhamento em ligações e interface Aço-Concreto.

Malite (2005) afirma que a construção em sistema misto de aço-concreto é competitiva para estruturas de vãos médios a elevados, considerando a rapidez na execução e ainda a significativa redução do peso total da estrutura, permitindo, desta forma, fundações mais econômicas. O autor ainda afirma que a proteção contra o fogo é um fator que contribui para a escolha desse sistema, por afetar o custo final da estrutura.

2.3 LAJES MISTAS NO BRASIL

A laje mista consiste na associação de fôrmas de aço perfiladas – podendo o seu perfil ser em dois formatos: reentrante ou trapezoidal - mais concreto armado moldado no local. As normas ABNT NBR 8800:2008 e ABNT NBR 14323:2013 tratam de ambos os perfis, porém, no mercado brasileiro é possível encontrar somente o perfil trapezoidal as características principais deste perfil é a dispensa de execução de fôrmas, o que promove a redução, por vezes até a eliminação a quantidade de escoramentos na fase da execução. Quando o processo de cura do concreto é concluído a chapa metálica é incorporada ao sistema misto como

armadura de tração da laje para sobrecargas, de forma que ambos os materiais trabalham como um único elemento estrutural.

Para que efetivamente ocorra interação entre os materiais, é necessário que haja a capacidade de transmissão do cisalhamento longitudinal, que se dá na interface entre os materiais, isto pode ser alcançado de duas maneiras:

1) ligação mecânica promovida entre os dois elementos por meio das mossas existentes nas fôrmas de aço trapezoidais

2) ligação por atrito, devido ao confinamento do concreto nas fôrmas de aço com cantos reentrantes. CORDEIRO (2014)

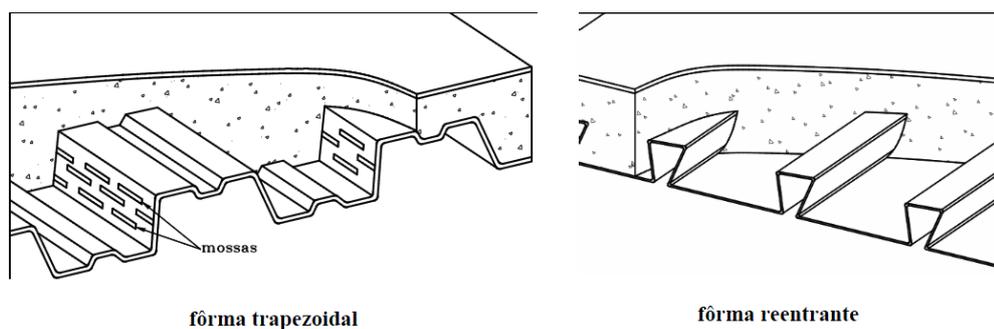


Figura 3-Lajes com fôrma de aço incorporada
Fonte: Adaptado de CORDEIRO (2014)

A fôrma, além de sua finalidade primária, ainda promove vinculação ao concreto uma vez que este adquire rigidez, através da transferência do cisalhamento horizontal, de forma que ambos trabalhem como um elemento misto.

Para Cordeiro, (2014) as lajes e vigas mistas são comumente associadas a pilares de aço nos mais diversos tipos de edificações – edifícios comerciais, industriais, *shoppings*, hospitais, etc. – devido à rapidez da construção e economia estrutural geral que podem ser atingidas.

2.4 STEEL DECK UTILIZADO EM PONTE

O método construtivo steel deck se apresenta pertinente em toda e qualquer obra em que rapidez de execução seja decisiva, assim como em obras com grandes áreas de piso e cuja planta apresente razoável repetição de vãos.

Exemplo disso é a segunda ponte sobre o rio Orinoco, na Venezuela com 3.120 m de extensão, que utilizou mais de 110 mil m² de lajes steel deck com espaçamento entre vigas de 3 m.

Segundo Nakamura (2007) a ponte esta localizada entre os estados de Anzoátegui e Bolívar, próxima à Ciudad Guayana, na região leste da Venezuela, a Ponte Orinoquia é constituída por um trecho estaiado de 1080 m onde estão os dois vãos principais de 300 m cada sustentados por 4 torres e 34 vãos secundários de 60 m, em trechos contínuos com até 360 metros.

Esta é uma ponte rodo ferroviária, com a pista central de 5,0 m dedicada à ferrovia, duas pistas laterais com 8,5 m de largura, para veículos e duas pistas para pedestres de 1,0 m. A obra custou US\$ 1,28 bilhão e começou a ser planejada em 2000.



Figura 4-Ponte Orinoquia.

Fonte: Adaptado de Nakamura (2007)

2.5 VANTAGENS NO USO DE LAJES MISTAS STEEL DECK

Visto que as lajes mistas normalmente são usadas em obras nas quais há um prazo curto para execução, racionalização de materiais, ou ainda quando há necessidade da ausência de escoramentos.

Bonini (2013) destaca o que segue.

[...] nas lajes mistas há economia de concreto, visto que por mais que seja necessária uma espessura final maior da laje, devido ao formato da fôrma (formato trapezoidal) haverá um consumo reduzido de concreto.

Além de observar que justamente devido a este formato, há espaço, nas nervuras, para a passagem de tubulações para instalações elétricas e hidráulicas, por exemplo, evitando a necessidade de redução do pé direito do pavimento com instalações suspensas. (Bonini, 2013, p. 26)

Bragança (2000*apud*. Bonini, 2013) cita as principais vantagens na utilização deste sistema estrutural, são elas: sendo útil como fôrma para o concreto fresco e ainda como armadura de tração da laje;

b) a possibilidade de supressão total, ou parcial do escoramento das lajes, uma vez que a chapa metálica é o elemento que resiste aos primeiros esforços;

c) a adoção da fôrma metálica como acabamento final da laje;

d) a utilização em edifícios com estrutura metálica, pois se considera as vigas metálicas como vigas mistas (ao adotar conectores de cisalhamento em conjunto com a laje e a viga), podendo, portanto, diminuir a seção transversal dos perfis metálicos;

e) redução no prazo na execução dos serviços dos pavimentos inferiores a laje mista, devido à supressão do escoramento;

f) praticidade na montagem das lajes, bem como no transporte das chapas metálicas no canteiro de obras;

g) possibilidade de racionar material para montagem de fôrmas de madeira, comparado com o sistema tradicional de lajes maciças.

2.6 DESVANTAGENS NO USO DE LAJES MISTAS STEEL DECK

Uma das maiores desvantagens o número limitado de fornecedores brasileiros, que conseqüentemente define uma concorrência pequena e permite o aumento de preço, que já são consideravelmente altos no Brasil, assim como os custos da importação.

Para empregar as lajes mistas é necessário levar em conta o tipo de atividade que a estrutura abrigará, bem como o local em que construirá a edificação (no litoral, por exemplo) e os materiais que serão utilizados como a chapa e o concreto.

Bragança (2000*apud*. Bonini, 2013) discorre sobre:

a) dependendo das condições exigidas, conforme legislação local relativa a incêndios deve-se verificar a necessidade de armaduras adicionais passivas, a aplicação de forro de proteção, a aplicação de tintas especiais intumescentes ou a pulverização de fibras isolantes na face inferior da laje. Cabe esclarecer que, em muitos casos, conforme a norma é dispensada qualquer proteção ou reforço;

b) a utilização em pavimentos onde podem existir cargas dinâmicas relevantes que possam interferir na união entre a chapa de aço conformada e o concreto. Nesse caso deve ser prevista armadura de aço complementar;

c) quando as chapas de aço conformadas forem galvanizadas, é necessário evitar a utilização de aditivos aceleradores de pega de concreto à base de cloretos, os quais atacam estas espécies de chapa;

d) evitar a utilização de chapas galvanizadas em locais desprotegidos nos quais pode haver presença de sais clorados trazidos pelo vento, como em áreas costeiras.

Nesse caso as chapas de aço conformadas devem ser utilizadas somente como fôrma auto portante perdida, sendo adicionadas armaduras de reforço. Bragança (2000*apud*. Bonini, 2013, p.27)

2.7 DIMENSIONAMENTO DE LAJE STEEL DECK

Atualmente no Brasil, as chapas de *steel deck* são nas seguintes espessuras: 0,80 mm, a de 0,95 mm, e a 1,25 mm. Os comprimentos variam, e podem chegar a até 12 metros. Este é o limite máximo, considerando que é o maior tamanho que um caminhão pode carregar (CONSTRUÇÃO TOTAL, 2018).

Para utilização deste método, o concreto da estrutura deve ter resistência igual ou superior a 25 MPa, enquanto sua espessura deve ser de no mínimo 50 mm.

Vale ainda salientar que o dimensionamento da tela metálica da laje precisa ser definida pelo responsável do projeto que definirá a estrutura necessária por meio de cálculos, feitos a partir de tabelas de dimensionamento fornecidas pelos fabricantes dos materiais.

2.6.1. Tabela de dimensionamento

É de responsabilidade de o fabricante fornecer ao consumidor uma tabela de dimensionamento, que contenha a espessura das placas de aço galvanizado, o vão máximo permitido sem escoras e também o método de fixação das peças, vale ressaltar que essa tabela pode variar de acordo com cada fabricante, por conta dos tipos de componentes utilizados para produção das peças para construção.

A seguir exemplos de tabelas das maiores empresas do país:

Para exemplificar, serão apresentados dados de tabelas de três grandes empresas do ramo no País.

a) Medabil: Segundo a marca, as medidas de suas placas de aço são: 903 mm de largura, 73 mm de altura, e espessuras de 0,65 mm, 0,80 mm, 0,95 mm e 1,25 mm. Peso aproximado de 6,8 kg/m² até 13 kg/m². Para estes casos, o vão máximo permitido sem escoras é de 3,50 metros.

b) Perfilor: a marca disponibiliza formas nas espessuras de 0,80 mm, 0,95 mm e 1,25 mm. As peças possuem largura de 840 mm, 59 mm de altura e peso de até 14,29 kN/m². O espaço máximo entre os vãos é de 3,40 m. O método de fixação é a solda ponto em apoios metálicos.

c) Metform: as placas da marca tem espessura de 0,80 mm ou 1,25 mm. Largura é de 820 mm ou 915 mm, e peso que pode variar entre 1,85 kN/m² a 3,97 kN/m². Enquanto o vão máximo sem escoras permitido varia entre 2,8 m e 4,3 m, dependendo da espessura das placas de ferro. Seu modo de fixação é a solda bujão junto às vigas metálicas, e rebites entre os painéis. CONSTRUÇÃO TOTAL, (2018)

2.8 PREÇO

Grosso modo os custos com uma steel deck é mais baixo do que o gasto com outros tipos de laje. Contudo o cálculo final da obra só pode ser realizado por empresa especializada.

O blog Construção Total, (2018) relata que o preço de uma chapa de aço galvanizado gira em torno de R\$ 64,00/m², ou R\$ 49,66 por metro linear. Valor divulgado para chapas de 0,80mm de espessura. Os gastos variam de acordo com todas as dimensões das telhas.

2.9 FORNECEDORES

Os fornecedores de steel deck são empresas especializadas, que fornecem material e mão-de-obra para a construção bem como o equipamento utilizado para a execução do projeto, como arremates e tapa-ondas.

Al os principais fornecedores no mercado brasileiro são a Metform (M75 ou M50) a Perfilor (Polideck 59 S) além de pequenas empresas regionais como a MBP-Metalúrgica Barra do Piraí (MBP SD 50 e MBP SD 75).

2.10 LAJES MACIÇAS DE CONCRETO ARMADO

Conforme Beltrão, (2003), as lajes maciças de concreto armado pode ser considerada a solução estrutural mais comum apresentada em edifícios residenciais e comerciais.

Já para Albuquerque e Plnheiro (2002, *apud.* Bonini, 2013), a laje maciça não é adequada para vencer grandes vãos, sendo comumente usado, neste caso, vão médio econômico um valor entre 3,5m e 5m.

É importante ressaltar que as lajes maciças, assim como as lajes mistas também apresentam vantagens e desvantagens em relação a sua utilização, ambas serão apresentadas a seguir.

2.10.1 Vantagens no uso de lajes maciças de concreto armado

Para Albuquerque e Plnheiro (2002, *apud.* Bonini, 2013), as principais vantagens associadas ao sistema de lajes maciças de concreto armado são:

a) Maior número das vigas, devido à utilização de pequenos vãos. Através deste aumento no número de vigas formam-se mais pórticos, elevando a rigidez estrutural;

b) Formação da mão de obra, uma vez que esta possui maturidade no processo de execução desse tipo de laje.

2.10.2 Desvantagens no uso de lajes maciças de concreto armado

As principais limitações deste sistema são:

a) alta taxa de escoramento da estrutura, necessária até o concreto atingir a resistência especificada para que a estrutura tenha capacidade suporte suficiente para o carregamento aplicado e o peso próprio;

b) Peso próprio elevado que influencia diretamente nas soluções para fundações;

c) Alto consumo de materiais, tal como a madeira, utilizada para as fôrmas das lajes, e o concreto (BONINI, 2013).

2.11 LAJES PRÉ-FABRICADAS DE PAINÉIS TRELIÇADOS

Os painéis treliçados possuem vigotas mais largas que os outros tipos. Desta forma, os painéis de concretos encostam uns nos outros. Na parte superior, a estrutura conta com vigotas treliçadas de metal que garantem maior resistência, e EPS como enchimento. Este conjunto é envolvido pelo concreto que finalizará a laje.

De acordo com Atex Brasil (2017) esse tipo de laje possui maior resistência estrutural, e permite vencer vãos médios, mas é mais indicado para construções menores.

Como a disposição inferior dos painéis é bem aceita por arquitetos, esse tipo de laje dispensa gastos com acabamento.

2.11.1 Vantagens no uso das lajes pré-fabricadas de painéis treliçados

Este tipo de laje apresenta resistência superior a outras lajes, ainda apresenta maior velocidade comparada às mesmas, por conta do menor número de elementos. Vale ainda ressaltar que o processo executivo exige menor uso de escoramento e madeira no canteiro de obras.

Conforme Atex Brasil (2017) essas lajes apresentam as seguintes características:

- Resistência superior aos outros modelos pré-fabricados;
- Fácil transporte;
- Dispensa acabamentos;
- Menor uso de madeira no escoramento.

2.11.2 Desvantagens no uso das lajes pré-fabricadas de painéis treliçados

Apesar de vantagens aos dois casos anteriores, as lajes pré fabricadas de painéis treliçados apresentam maior custo, devido uso de 30% a mais de concreto, o que a torna inviável em boa parte das obras, e é indicada para construções menores limitando a opção de escolha da mesma.

3 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo foram analisadas duas obras, nas quais foi feita uma pesquisa a fim de escolher a melhor opção entre as lajes steel deck e convencionais, a pesquisa abrange tempo de construção, valores, qualidade, fazendo um comparativo entre os modelos de laje citados.

3.1. DEBATE TÉCNICO COM ESPECIALISTAS.

A seguir será apresentado uma síntese de um debate técnico realizado pela revista eletrônica Pinni pela Construção Mercado, Negócios de Incorporação e Construção (2010) com os especialistas Edson de Miranda (gerente de produtos da Periflor), Ivan Lippi (consultor da Ivan Lippi engenheiros e associados e membro do comitê técnico de construção metálica da Abece) e também Gianluca Brendolan (engenheiro especificador da empresa Metform).

5.2.1. Sobre os tipos de obra utiliza o steel deck:

Os especialistas afirmam que dentre as obras que utilizam steel deck estão:

- *Shoppings Center;*
- Aeroportos;
- Mezaninos;
- Passarelas, entre outras.

Deve ser considerado ainda o tamanho do vão entre as vigas previstas nos desenhos para optar pelo método construtivo steel deck.

5.2.2. Sobre o numero de fornecedores reduzidos:

Atualmente não há muitos fabricantes de steel deck no Brasil, até este fato pode ser atribuído ao alto investimento no ferramental para produzir a solução, e além disso vale reforçar a necessidade de um corpo de engenharia para respaldar o mercado.

5.2.3. Variedade dos perfis

Atualmente o mercado trabalha com duas seções, sendo cada uma delas com três espessuras. Este portfólio é o suficiente para atender a uma modulação de obra bastante ampla, por esta razão não há pretensão de desenvolver, nesse momento, novas seções.

5.2.4. Sobre custos

O custo de uma laje convencional contempla o concreto e armadura e é comum que haja uma comparação com steel deck. No qual aproximadamente 50% do custo é composto pela chapa de aço, porém deve-se considerar outros fatores como velocidade, limpeza, redução de mão de obra e tempo de construção, entre outros fatores, devem ser considerados na hora de equacionar o custo.

5.3. EXEMPLOS PRÁTICOS

A seguir serão expostos dois exemplos práticos de obras que contam com o uso de lajes steel deck, sendo uma em Belo Horizonte (MG) e outra em Joinville (SC).

3.1.1

5.3.3. Características da obra em Belo Horizonte

O projeto intitulado *The Office* (figura 4), esta localizado na Avenida Raja Gabaglia, 2.280 em Belo Horizonte, foi desenvolvido pela construtora Masb Desenvolvimento Imobiliário.

A obra conta com uma torre única com 12 pavimentos, sendo quatro subsolos de garagem com 223 vagas, térreo, seis pavimentos-tipo e terraço e 16 salas comerciais. A área do terreno é de 3.850,00 m², contando com área construída de 11.206,66 m². A obra teve início em outubro de 2011 e foi concluída em agosto de 2013.



Figura 5- *The Office*.

Fonte: Adaptado de FERREIRA (2012)

5.3.4. Utilização de steel deck na obra *The office*

De acordo com Ferreira (2012) para construir o edifício comercial *The Office*, em Belo Horizonte, a construtora Masb se via diante da necessidade de viabilizar um terreno acidentado com 27 m de declive. Considerando as condições, a empresa optou por executar, acima da fundação, uma estrutura na parte mais baixa do terreno até obter uma área mais plana, para iniciar a execução do empreendimento.

Contudo havia a dúvida de qual seria a melhor estrutura para utilizar, considerando que se tratava de uma área crítica do terreno. Diante desta problemática a empresa fez um comparativo de custos (tabelas 1 e 2), segurança na execução, tempo de construção e mão de obra, entre estrutura convencional de concreto armado e estrutura metálica e steel deck.

Quadro 1- Opção Concreto Armado.

OPÇÃO A – CONCRETO ARMADO							
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)		CUSTO TOTAL (R\$)		TOTAL (R\$)
			MATERIAL	MÃO DE OBRA	MATERIAL	MÃO DE OBRA	
Formas de chapas de madeira compensada plastificada (esp = 14 mm)	m ²	7.893,00	35,14	31,72	277.328,45	250.365,96	
Armação (corte e dobra) – Aço CA-50 e CA-60 para armaduras (bitolas variadas)	kg	33.000,00	2,70	3,40	89.100,00	112.200,00	
Concreto estrutural dosado em central bombeável brita 0 e 1 de 25 MPa e abatimento de 13 ± 2 cm	m ³	310,00	278,00	36,00	86.180,00	11.160,00	
Custo Total (R\$)					452.608,45	373.725,96	826.334,41

Fonte: Adaptado de MARIANE (2014)

A empresa Masb relatou que as fôrmas são para lajes, pilares e vigas de travamento. A mão de obra e o escoramento são por conta do empreiteiro. Para alturas maiores que 4,50 m é cobrado acréscimo de 100% no preço do metro quadrado. O custo da mão de obra na concretagem considera os níveis de vigas de travamento e as várias etapas dos pilares que devem ser feitas sobre andaimes. (FERREIRA, 2010)

Quadro 2- Opção Steel Deck.

OPÇÃO B – ESTRUTURA METÁLICA E STEEL DECK							
DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)		CUSTO TOTAL (R\$)		TOTAL (R\$)
			MATERIAL	MÃO DE OBRA	MATERIAL	MÃO DE OBRA	
Estrutura metálica	Kg	114.836,00	3,75	3,75	430.635,00	430.635,00	
Steel deck	m ²	854,00	24,00	36,00	20.496,00	30.744,00	
Concreto estrutural dosado em central bombeável brita 0 e 1 de 25 MPa e abatimento de 13 ± 2 cm	m ³	72,00	278,00	25,00	20.016,00	1.800,00	
Armação (corte e dobra) – Aço CA-50 e CA-60 para armaduras (bitolas variadas), somente para a camada do steel deck	kg	700,00	2,70	1,70	1.890,00	1.190,00	
Custo Total (R\$)					473.037,00	464.369,00	937.406,00

Fonte: Adaptado de MARIANE (2014)

De acordo com a empresa, o maior vão da estrutura metálica será de 8,80 m. E a maior sobrecarga nos pilares é de 814 t. A empresa ainda afirma que o custo da mão de obra na concretagem é menor, pois o lançamento é executado em uma

etapa em superfície horizontal não sendo necessários trabalhos sobre andaimes. (FERREIRA, 2010)

O resultado da análise foi uma diferença de 11% no custo entre as duas opções, sendo a estrutura metálica com valor superior ao concreto armado, ainda assim a construtora optou pela mais cara (figura 6).



Figura 6- Uso de *steel deck* na obra *THE OFFICE*.

Fonte: Adaptado de FERREIRA (2012)

Conforme Ferreira (2012) o engenheiro responsável pela obra justifica que no caso do concreto armado, a concretagem possui várias etapas e exige montagem de andaimes, que pode colocar em risco a segurança dos operários, devido à topografia da área, o tempo de execução foi outro fator considerado, uma vez que a quantidade de etapas que a estrutura convencional exige, o prazo poderia aumentar em mais de um mês, de acordo com o engenheiro responsável. Ale ainda salientar a questão das intempéries e a logística, já que o terreno está localizado numa área de restrição de trânsito de caminhões e possui horários definidos para concretagem.

Ferreira (2010) relata que o prédio possuirá estrutura convencional de concreto armado. A estrutura metálica será utilizada apenas da região mais baixa do terreno até o nível do quarto subsolo. Nesse trecho, a altura máxima atinge 15 m. Trata-se, portanto, de um esqueleto de estrutura metálica abaixo do prédio, ocupando aproximadamente 40% da área do pavimento.

O autor ainda afirma que a fundação de todo o empreendimento será executada com perfis metálicos cravados e a laje do quarto subsolo será de steel deck e, a partir desse pavimento, a estrutura sobe toda em concreto armado.

Para reforçar a escolha do *steel deck* a gerente de planejamento e controle da construtora salienta dois fatores fundamentais, sendo eles a topografia do terreno aliada à segurança na execução, rapidez e racionalização do sistema e menor quantidade de mão de obra.

5.3.5. Características da obra de Joinville

O projeto intitulado Ametista (figura 6), esta localizado em Joinville (SC), foi desenvolvido pela construtora Cobec.

A obra conta com 7 blocos com 4 pavimentos de apartamentos e 5 casas adaptadas para portadores de necessidades especiais. A área do terreno é de 11.557 m², contando com área construída de 8.773,75 m². A obra teve início em julho de 2013 e foi concluída em julho de 2015. A figura 7 é uma representação da obra.



Figura 7- Projeto Ametista.

Fonte: Adaptado de MARIANE (2014)

No início do projeto do residencial Ametista, em Joinville (SC), a empresa Cobec tinha o objetivo de entregar a obra seis meses antes do prazo combinado. De acordo com o diretor da empresa o custo de canteiro de obras mensal era de aproximadamente R\$ 50 mil. Em tese diminuindo o tempo dessa obra, seria possível reduzir também o custo indireto do canteiro de obra.

Diante deste cenário a Cobec realizou um comparativo (tabelas 3 e 4) de custos entre este sistema industrializado e a laje convencional de concreto armado. O comparativo apontou uma economia de 3,61% na utilização de laje pré-moldada.

Quadro 3- Opção Steel Deck.

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)		CUSTO TOTAL (R\$)		TOTAL (R\$)
			MATERIAL	MÃO DE OBRA	MATERIAL	MÃO DE OBRA	
PRODUÇÃO DA PRÉ-LAJE							
Concreto de alta resistência inicial, brita 0, relação água/cimento = 0,5 de 30 MPa	m ³	12,60	275,00		3.465,00		
Aço – CA50 – bitolas variadas	kg	300,00	2,70		810,00		
Treliça H6 (altura: 120 mm / armação da treliça: TR 12644 / capeamento: 4 cm / peso da treliça: 0,793 kg/m)	kg	495,00	2,95		1.460,25		
Tela de aço CA-60 soldada tipo Q-92 (diâmetro do fio: 4,20 mm / dimensões da trama: 150 x 150 mm / tipo da malha: quadrangular)	kg	1.020,00	3,33		3.396,60		
Mão de obra – Produção	m ²	300,00		22,00		6.600,00	
Frete	m ²	300,00		4,00		1.200,00	
MONTAGEM/CONCRETAGEM DA PRÉ-LAJE							
Concreto dosado em central bombeável, brita 0 e 1 de 20 MPa e abatimento de 10 ± 2 cm	m ³	22,05	218,00		4.806,90		
Bomba de concreto, cap = 96 m ³ /h	m ³	22,05	20,00		441,00		
Aço – CA50 – bitolas variadas	kg	450,00	2,95		1.327,50		
Mão de obra – montagem do aço	kg	450,00		1,65		742,50	
Mão de obra – montagem da pré-laje	m ²	300,00		12,00		3.600,00	
Mão de obra – concretagem da pré-laje	m ²	300,00		12,00		3.600,00	
Guindaste hidráulico montado sobre chassi de caminhão, diesel, cap = 70 t	dia	0,50		1.500,00		750,00	
Caminhão munck para descarregamento, cap = 12 t	dia	0,50		700,00		350,00	
Escoramento / reescoramento com escoras metálicas de 3"	m ²	300,00	2,78		834,00		
REGULARIZAÇÃO DO TETO DA LAJE							
Regularização (arremates) de teto de laje	m ²	283,00	0,20	0,50	56,60	141,50	
Custo Total (R\$)					16.597,85	16.984,00	33.581,85

Fonte: Adaptado de MARIANE (2014)

Quadro 4- Opção Laje convencional.

DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)		CUSTO TOTAL (R\$)		TOTAL (R\$)
			MATERIAL	MÃO DE OBRA	MATERIAL	MÃO DE OBRA	
FÔRMA - LAJE (utilização 7x)							
Pontaletes 3 x 3"	m	273,00	4,81		1.313,13		
Sarrafo 1 x 4"	m	189,00	2,42		457,38		
Chapa compensada plastificada (esp = 17 mm)	m ²	47,14	46,73		2.202,99		
Desmoldante	l	30,00	3,95		118,50		
Prego 17 x 27 com cabeça (comprimento: 62,1 mm / diâmetro da cabeça: 3,0 mm)	kg	7,50	6,50		48,75		
Mão de obra – fôrma (+ concretagem)	m ²	300,00		26,00		7.800,00	
AÇO - LAJE							
Aço - CA50 - bitolas variadas	kg	1.569,00	2,95		4.628,55		
Arame recozido (Ø = 8 BWG / Ø = 4,19 mm / peso = 108 g/m)	kg	33,00	5,34		176,22		
Mão de obra - corte/dobra do aço	kg	1.569,00		0,40		627,60	
Mão de obra - montagem do aço	kg	1.569,00		1,65		2.588,85	
CONCRETO - LAJE							
Concreto dosado em central bombeável, brita 0 e 1 de 20 MPa e abatimento de 10 ± 2 cm	m ³	31,50	218,00		6.867,00		
Bomba de concreto, cap = 96 m ³ /h	m ³	31,50	20,00		630,00		
Escoramento com escoras metálicas de 3"	m ²	300,00	6,55		1.965,00		
Reescoramento com escoras metálicas de 3"	m ²	300,00	2,55		765,00		
REGULARIZAÇÃO DO TETO DA LAJE (30%)							
Chapisco com argamassa de cimento e areia traço 1:3	m ²	84,90	0,35	3,50	29,72	297,15	
Emboço em teto com argamassa branca usinada (cal hidratada e areia) com adição de cimento em obra traço 1:8 (cimento:argamassa branca), e = 10 mm	m ²	84,90	1,13	18,00	95,94	1.528,20	
CUSTO INDIRETO							
Diferença do custo indireto do canteiro (prazo de obra maior)	vb	1,00		2.700,00		2.700,00	
Custo Total (R\$)					19.298,17	15.541,80	34.839,97

Fonte: Adaptado de MARIANE (2014)

De acordo com Mariane (2014) o fator determinante para a Cobec escolher o sistema não se deu somente pelo custo, mas também pela possibilidade de reduzir o tempo de execução, além de reduzir o número de pessoal atuando na obra e executar lajes com maior qualidade, sem grandes falhas construtivas.

Ainda segundo a autora MARIANE (2014) conforme as fôrmas utilizadas para lajes convencionais vão sendo utilizadas a qualidade da laje vai diminuindo e começa a gerar perda de material.

De acordo com a projeção da construtora, no momento em que a laje é colocada, a equipe demora três dias para concretá-la. Sendo que com o sistema convencional, sem considerar as falhas, a estimativa seria de uma semana por laje.

A Cobec Construtora lista alguns benefícios do uso de lajes steel deck, são eles:

a) Obra mais rápida, com conseqüente antecipação de entrega do empreendimento e ganhos na imagem e avaliação da empresa pelo mercado;

- b) Menos desperdício de materiais (madeira e compensado), gerando menos resíduos para gerenciar;
- c) Menos pessoal em obra (carpinteiros, armadores, pedreiros e ajudantes), diminuindo os custos de gerenciamento (RH, passivos trabalhistas etc.);
- d) Maior industrialização dos processos, melhor qualidade e controle

3.1.2 4.2.4. Considerações da Construtora

A Cobec Construtora ressalta algumas observações referentes ao comparativo realizado:

- Consumo de concreto na concretagem em obra: Nas pré-lajes foi considerado 7 cm, pois em função dos dutos horizontais não se torna possível a execução com 6 cm (projeto). Perda de 5% nas lajes convencionais e 10 cm.

- Fôrma de concreto: Foram dimensionados quatro jogos de fôrmas, com sete repetições cada, para ter o prazo de obra de 135 dias e ter apenas 30% de lajes com necessidade de regularização.

- Regularização de teto de laje: As pré-lajes precisam apenas de pequenos arremates, pois já vêm de fábrica com acabamento de qualidade. Nas lajes com sistema convencional foi considerado cerca de 30% do total das lajes com necessidade de regularização por meio de emboço de 1 cm de espessura.

- Prazos de obra (custo indireto de canteiro): O custo mensal do canteiro é de cerca de R\$ 50 mil. No sistema de pré-lajes, a estrutura foi finalizada em 90 dias. No sistema convencional, seria finalizada com 50% a mais de tempo, ou seja, cerca de 135 dias. Esta diferença consta na planilha. (MARIANE, 2014)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente estudo foi possível constatar que o apelo a métodos construtivos racionalizados é cada vez maior e desta forma implementar soluções que economizam material, insumos e dinheiro é um requisito fundamental das obras nacionais.

Para tal as lajes steel deck surgem como boa opção, pois são práticas, de rápida execução e colaboram com uma obra mais limpa.

No entanto deve-se analisar a viabilidade de seu uso, visto que este tipo de laje deve ser evitada em ambientes corrosivos e em casos onde a carga de utilização for superior a 3 tf/m² deve ser empregada com cuidado e com a devida armação de reforço e para lajes com muitos furos devem ser previstos elementos de reforço estrutural.

Dentre as razões para optar pelo uso das lajes steel deck podemos citar fatores como, se tratar de um material Leve, prático e veloz de montar, dispensa parcial ou totalmente os escoramentos, permitindo agilidade na etapa de execução e reduzindo custos com mão de obra e com aluguel, montagem e desmontagem de equipamentos, e num orçamento final estes fatores permitem que a laje steel deck tenha um custo menor se comparada à laje convencional com os custos diretos e indiretos.

Isto é claramente evidenciado nas obras analisadas, por exemplo, a obra de Belo Horizonte o orçamento final apresentou um valor superior em 11% para as lajes steel deck, porém as lajes convencionais não atenderiam as características de topografia do terreno e conseqüentemente da segurança na execução, e ainda proporcionou rapidez e racionalização do sistema e menor quantidade de mão de obra, permitindo que a obra fosse entregue no prazo.

Já a obra de Joinville apresentou em seu orçamento final aproximadamente 4% de vantagem no custo da laje steel deck sobre a laje convencional, totalizando um valor de 33.581,85 para utilização de steel deck enquanto a laje convencional custaria 34.839,97.

5 REFERÊNCIAS

DE NARDIN, S. e. (2005). **Estruturas mistas aço-concreto: origem, desenvolvimento e perspectivas.** p. 16.

WIDJAJA, B. R. (1997). **Analysis and Design of Steel Deck - Concrete Composite Slabs.**

Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg.

MALITE, G. M. (2005). **Comportamento estrutural e dimensionamento de elementos mistos aço-concreto.** Cadernos de Engenharia de Estruturas São Carlos, 7, pp. 51-84.

KIRCHHOF, L. D. (2004). **Uma contribuição ao estudo de vigas mistas aço-concreto simplesmente apoiadas em temperatura ambiente e em situação de incêndio.** Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.

BONINI, S. N. **Lajes mistas *steel deck*: estudo comparativo com lajes maciças de concreto armado quanto ao dimensionamento estrutural.** Porto Alegre: DECIV/EE/UFRGS, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800: projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.** Rio de Janeiro, 2008.

BELTRÃO, A. J. N. **Comportamento estrutural de lajes mistas com corrugações na alma de perfis de chapa dobrada.** 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

GOMES, L. C. **Estudo do sistema de lajes mistas com fôrma de aço incorporada empregando concreto estrutural leve.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

CORDEIRO, L. C. S. **Sobre as lajes mistas de aço e concreto em situação de incêndio.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

MARIANE , A. **Revista eletrônica Pinni. CONSTRUÇÃO MERCADO, NEGÓCIOS DE INCORPORAÇÃO E CONSTRUÇÃO.** Laje pré-moldada x laje de concreto armado. Economizando quase 4%, sistema construtivo pré-fabricado foi escolhido pela construtora cobec por dar mais agilidade à obra e diminuir a necessidade de pessoal e de regularização de teto de laje. **Edição 152 - Março/2014.** Disponível em: <http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/152/artigo307766-2.aspx>

Acesso em: 09/10/2018

FERREIRA, R. **Concreto armado X estrutura metálica e steel deck. Área com 27 m de declive exigiu execução de estrutura abaixo dos subsolos para nivelar terreno.** Edição 135 - Outubro/2012. Disponível em: <http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/135/concreto-armado-x-estrutura-metalica-e-steel-deck-area-299651-1.aspx>

Acesso em: 09/10/2018

DEBATES TÉCNICOS, Revista eletrônica Pinni. **CONSTRUÇÃO MERCADO, NEGÓCIOS DE INCORPORAÇÃO E CONSTRUÇÃO. Uso de lajes steel deck ainda é restrito no Brasil; confira as orientações para especificação e execução do sistema.** Edição 108 - Julho/2010. Disponível em: <http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/108/mercado-em-formacao-uso-de-lajes-steel-deck-ainda-283779-1.aspx>

Acesso em: 09/10/2018

ATEX BRASIL. **Conheça os principais tipos de laje**. Publicado em 2017.
Disponível em: <http://www.atex.com.br/blog/laje/conheca-os-principais-tipos-de-laje/>
Acesso em: 22/10/2018

NAKAMURA. J. **Tecnologia Steel Deck**. Revista Edição 129 -
Dezembro/2007. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/129/artigo285419-1.aspx> Acesso em: 14/11/18