

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA
CENTRO DAS CIÊNCIAS EXATAS E DAS TECNOLOGIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO ENTRE O USO DA LAJE STEEL DECK E
LAJE MACIÇA DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO DO PAVILHÃO DE
AULAS II DA UFOB, NO CAMPUS REITOR EDGARD SANTOS.**

PEDRO ITACARAMBI MORAES

BARREIRAS-BA

OUTUBRO-2017

PEDRO ITACARAMBI MORAES

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO ENTRE O USO DA LAJE STEEL DECK E
LAJE MACIÇA DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO DO PAVILHÃO DE
AULAS II DA UFOB, NO CAMPUS REITOR EDGARD SANTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Oeste da Bahia, como requisito parcial à
obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Orientador: MSc. Kuelson Rândello Dantas Maciel

BARREIRAS-BA

OUTUBRO-2017

Universidade Federal do Oeste da Bahia - Bibliotecas – UFOB

M827a Moraes, Pedro Itacarambi.

Análise comparativa de custo entre o uso da laje steel deck e laje maciça de concreto armado: estudo de caso do pavilhão de aulas II da UFOB, no Campus Reitor Edgard Santos. / Pedro Itacarambi Moraes. – Barreiras- Ba, 2017.

87 f.: il. color.; 29,7 cm.

Impresso.

Orientador: Prof. M.Sc Kuelson Rândello Dantas Maciel.

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil (bacharelado) – Universidade Federal do Oeste Bahia, Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias.

1. Laje maciça. 2. Steel deck. 3. Custo. 4. Resíduos. 5. Carregamento. I. Maciel, Kuelson Rândello Dantas. II. Título.

CDD – 690

PEDRO ITACARAMBI MORAES

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO ENTRE O USO DA LAJE STEEL DECK E
LAJE MACIÇA DE CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO DO PAVILHÃO DE
AULAS II DA UFOB, NO CAMPUS REITOR EDGARD SANTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Oeste da Bahia, como requisito parcial à
obtenção do grau de Engenheiro Civil.

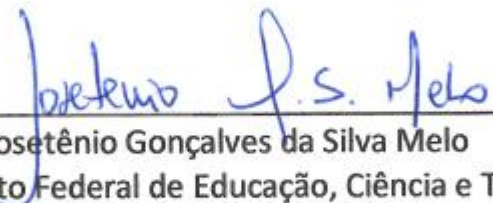
Aprovada em 28 de setembro de 2017.

Banca Examinadora

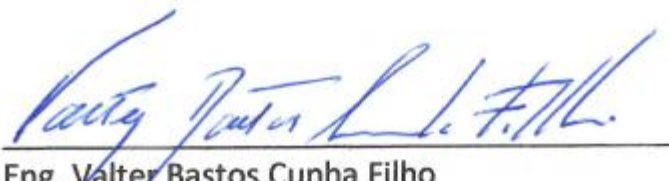
Orientador(a):



M.Sc Kuelson Rândello Dantas Maciel
Universidade Federal do Oeste da Bahia



M.Sc Josetênio Gonçalves da Silva Melo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia



Eng. Valter Bastos Cunha Filho
Universidade Federal do Oeste da Bahia

Dedico esse trabalho,
Ao meu pai, Flávio Roberto, a minha mãe, Maria Rosângela, e a minha irmã, Anna Paula,
por todo amor, carinho, dedicação e confiança que depositaram em mim.
A minha namorada, Daniele Nunes, pelo companheirismo.
E a todos os amigos e familiares que torceram pelo meu sucesso.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus, pelo dom da vida, e por me colocar em uma família que está sempre disposta a me ajudar na realização dos meus sonhos. Agradecer por toda a proteção e misericórdia que sempre teve para comigo. Agradecer a Nossa Senhora, pelas vezes que me cobriu com seu manto sagrado e intercedeu por mim junto ao Pai.

À minha mãe, Maria Rosângela, pelo seu amor incondicional, por toda luta, para que eu pudesse ter a oportunidade de chegar até aqui, pelas noites sem dormir rezando por mim. Agradeço ao meu pai, Flavio Roberto, por todo seu amor, por desde sempre me mostrar o verdadeiro caráter de um homem, por ser um exemplo e um referencial.

À minha irmã, Anna Paula, por toda a ajuda nas horas que mais precisei. A minha namorada, Daniele Nunes, por todo companheirismo e paciência, por estar sempre presente.

Ao Umbiracy Bittercourt, por ter me mostrado com seu conhecimento o quão maravilhoso é o mundo da engenharia, e ter sido a pessoa chave na escolha dessa profissão.

Ao Engenheiro Valter Bastos, pela sugestão do tema, e por todo o auxílio prestado, de forma a enriquecer cada vez mais o trabalho.

Ao engenheiro, professor e amigo Josetênio Melo, por toda a presteza em ajudar e repassar conhecimento e sugestões para esse estudo.

Ao meu orientador, professor Kuelson Rândello Dantas, que sempre com muita boa vontade, disponibilizou do seu tempo e conhecimento, tornando esse trabalho possível.

A todos os meus amigos e familiares que sempre torceram pelo meu sucesso, por estarem presente em todos os momentos.

Ao Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias (CCET) da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB), por ter proporcionado condições de desenvolver este trabalho.

RESUMO

A realização deste trabalho foi motivada pela necessidade de um estudo sobre a possibilidade de comparar dois sistemas construtivos para os pavilhões de aulas da Universidade Federal do Oeste da Bahia-UFOB. É possível que o projeto do pavilhão de aulas II seja replicado em outros campi, dessa forma, este estudo pretende auxiliar em uma melhor escolha do sistema construtivo a ser adotado. Nesse sentido, para embasar essa escolha da tipologia da laje a ser analisada, foi feita uma revisão da literatura, na qual foram levantadas as características, especificações, vantagens e desvantagens de cada sistema. Na metodologia de execução deste trabalho, fez-se uma análise do projeto estrutural existente, com o uso da laje maciça convencional, buscando encontrar os parâmetros utilizados pelo projetista. Após isso, foi feita a modelagem da estrutura, adotando a concepção estrutural existente e adotando a laje mista com fôrma de aço incorporado (steel deck). Ao mesmo tempo, elaborou-se composição dos custos unitários utilizando as composições analíticas da TCPO 13. Constatou-se que, para o projeto do pavilhão de aulas II, o uso da laje maciça convencional representa uma escolha mais econômica, em torno de 5,96%. Contudo, o uso da laje steel deck é superior sob outros aspectos, como: uma obra com menor carregamento, mais rápida e com uma menor geração de resíduos. Por não haver uma diferença tão significativa no custo entre as lajes, acredita-se que as vantagens apresentadas pela laje steel deck, podem equiparar os custos ou até mesmo apresentar um custo menor.

Palavras-chave: laje maciça; steel deck; custo; resíduos; carregamento.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 CONCRETO ARMADO	13
2.1.1 HISTÓRICO DO USO DO CONCRETO ARMADO	13
2.1.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CONCRETO ARMADO	14
2.1.3 ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE CONCRETO ARMADO	15
2.2 ESTRUTURA MISTAS DE AÇO E CONCRETO	16
2.2.1 HISTÓRICO DO USO DA ESTRUTURA MISTA DE AÇO E CONCRETO	16
2.2.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA ESTRUTURA MISTA DE AÇO E CONCRETO	17
2.2.3 ELEMENTOS ESTRUTURAIS MISTOS DE AÇO E CONCRETO	18
2.3 FÔRMAS E ESCORAMENTO	20
2.3.1 FÔRMAS	21
2.3.2 ESCORAMENTO E REESCORAMENTO	21
2.3.3 ASPECTOS ECONÔMICOS DO USO DE FÔRMAS	23
2.4 AÇÕES	24
2.4.1 AÇÕES PERMANENTES	24
2.4.2 AÇÕES VARIÁVEIS	25
2.4.3 AÇÕES EXCEPCIONAIS	26
2.5 LAJE MACIÇA CONVENCIONAL	26
2.5.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DA LAJE MACIÇA CONVENCIONAL	28
2.5.2 SISTEMA CONSTRUTIVO DA LAJE MACIÇA CONVENCIONAL	28
2.6 LAJE MISTA	31
2.6.1 DIMENSIONAMENTO DA LAJE MISTA AOS ESTADOS LIMITES	32
2.6.2 VANTAGENS E DESVANTAGENS	33
2.7 SOFTWARE CYPECAD	34
3. MATERIAIS E MÉTODOS	35

3.1	CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO DO PAVILHÃO DE AULAS II.....	35
3.2	SISTEMAS ESTRUTURAIS COMPARADOS.....	41
3.2.1	ESTRUTURA COM LAJE MACIÇA CONVENCIONAL (LMC)	41
3.2.2	ESTRUTURA COM LAJE MISTA COM FÔRMA DE AÇO INCORPORADA, OU STEEL DECK (LSD)	42
3.3	LANÇAMENTO DA ESTRUTURA NO CYPECAD 2016.O E CONSIDERAÇÕES.	43
3.3.1	DADOS GERAIS DA OBRA	43
3.3.2	AÇÕES VERTICAIS ATUANTES	44
3.3.3	LANÇAMENTO DA ESTRUTURA	45
3.3.4	DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA COM LAJE MISTA PELO CYPECAD	48
3.4	COMPOSIÇÃO DOS PREÇOS UNITÁRIOS.....	48
3.5	PARÂMETROS A SEREM ANALISADOS	49
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
4.1	RESULTADOS DA ESTRUTURA COM LAJE STEEL DECK	51
4.2	RESULTADOS DA ESTRUTURA COM LAJE MACIÇA DE CONCRETO ARMADO.....	54
4.3	COMPARAÇÃO DOS MATERIAIS	55
4.3.1	CONSUMO DE CONCRETO.....	55
4.3.2	MÃO DE OBRA	56
4.3.3	MÃO DE OBRA PARA LAJE MACIÇA CONVENCIONAL (LMC)	59
4.3.4	MÃO DE OBRA PARA LAJE STEEL DECK (LSD).....	60
4.3.5	COMPARATIVO DA MÃO DE OBRA ENTRE LAJE MACIÇA CONVENCIONAL E LAJE STEEL DECK.....	62
4.4	COMPOSIÇÃO DE CUSTO UNITÁRIO	64
4.4.1	CUSTO DA MÃO DE OBRA	64
4.4.2	COMPOSIÇÃO PARA O CONCRETO.....	65
4.4.3	COMPOSIÇÃO PARA AÇO	66
4.4.4	COMPOSIÇÃO PARA FÔRMA DA LAJE MACIÇA CONVENCIONAL.	67
4.4.5	COMPOSIÇÃO PERFIL DE AÇO.....	69
4.4.6	COMPOSIÇÃO DAS FÔRMAS PARA LAJE STEEL DECK	69
4.5	OBTENÇÃO E COMPARAÇÃO DOS CUSTOS FINAIS	72
4.5.1	ANÁLISE DO CUSTO FINAL PARA LAJE MACIÇA CONVENCIONAL	72
4.5.2	ANÁLISE DO CUSTO FINAL PARA LAJE STEEL DECK	75
4.5.3	COMPARATIVO DO CUSTO FINAL ENTRE A LAJE MACIÇA CONVENCIONAL E LAJE STEEL DECK.....	77
4.6	GERAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO.....	78

4.7	RESUMO DOS PARÂMETROS DAS TAXAS DE CONCRETO, MÃO DE OBRA, CUSTO E RESÍDUO.....	80
	CONCLUSÕES	81
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIA	83
	APÊNDICE A	86
	APÊNDICE B.....	87

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de se buscar a execução das obras de forma mais rápida e com um menor custo motiva o setor da construção civil a se reinventar criando materiais e sistemas construtivos que auxiliem nesse desafio. No caso de edificações, uma opção para que se consiga cumprir os prazos cada vez menores e, ao mesmo tempo, racionalizar materiais, é a substituição da laje maciça de concreto armado pela laje mista.

Segundo Queiroz (2012), a laje mista de concreto e aço, também chamada de laje com forma de aço incorporada, são aquelas em que o aço da forma é incorporado ao sistema de sustentação das cargas que antes da cura do concreto, funciona como suporte para as ações permanentes e de construção e, após a cura, como parte ou toda a armadura de tração da laje.

Com a laje mista, tem-se um ganho de tempo na execução da obra, Martins (2013) cita que “Segundo Alexandre Vasconcellos, diretor geral da Método Estruturas e consultor do Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), este sistema reduz o tempo de construção entre 25% e 40% em relação ao concreto moldado in loco”. O uso da laje mista, além de permitir uma diminuição no custo da mão de obra em até 40% é bastante produtivo, sendo possível executar, por exemplo, 2 mil m², em cerca de três dias (REVISTA TÉCHNE, nº 179, 2012).

A Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB) está em expansão na sua multicampia, por esse motivo, será necessária a construção de novos pavilhões de aulas. Os pavilhões de aulas já construídos no Campus Reitor Edgard Santos, na cidade de Barreiras-Bahia, foram executados em estrutura de concreto convencional e as lajes são maciças de concreto armado. O trabalho vem propor o estudo de um sistema de laje alternativo para os prédios de aulas a serem construídos pela UFOB.

Bonini (2013) afirma que, por mais que exista uma série de vantagens relacionadas à utilização de laje mista, seu uso ainda é limitado no Brasil. Nesse sentido, o presente trabalho se justifica pela escassez de estudos técnicos aplicados à viabilidade do uso da laje mista na região. Através desse estudo, pretende-se contribuir para uma tomada de decisão quanto a escolha do sistema mais vantajoso a ser utilizado pela UFOB na construção dos seus pavilhões de aula, o que possibilitará, além de um sistema de laje

mais econômico, obras mais rápidas. Sendo assim, esse trabalho se justifica por tudo isso que foi elencado.

O trabalho tem como objetivo principal realizar um estudo comparativo entre o uso de laje maciça e o uso de laje mista (steel deck) adotando-se como referencial o Pavilhão de Aulas II, da UFOB, campus Reitor Edgard Santos em Barreiras - Bahia, enfocando o peso próprio, tempo de execução, geração de resíduos e custo de cada laje avaliando o melhor custo/benefício. Para tanto, será feito um aprofundamento teórico sobre o sistema de laje mista que ainda não é tão difundido na região. Sequencialmente, foi quantificado as lajes maciças do Pavilhão de Aulas II, conforme projeto estrutural existente, e, à posteriori, foram dimensionadas as mesmas lajes como mistas. Por fim, apresentou-se composição dos serviços para execução dessas estruturas, de forma a avaliar a mais economicamente viável.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Concreto Armado

Carvalho (2014) diz que o concreto é um material composto por água, cimento e agregados, porém para utilização estrutural o concreto sozinho não é adequado como elemento resistente, pois, enquanto apresenta boa resistência a compressão, pouco resiste à tração. Para sanar essa deficiência adiciona-se barras de aço ao concreto, que trabalham em conjunto de forma que o aço resista a tração ocasionada pelas solicitações que as peças são submetidas. Concreto armado é o material composto, obtido pela associação do concreto com barras de aço, convenientemente colocadas no seu interior (Araújo, 2014).

Segundo Araújo (2014), esse funcionamento em conjunto só é possível graças a aderência, a qual faz com que às deformações das barras de aço são praticamente iguais às deformações do concreto que as envolve.

2.1.1 Histórico do uso do concreto armado

Conforme Clímaco (2016), não foram os engenheiros os primeiros a usar o concreto com algum tipo de armadura com função estrutural, estes passaram a usá-lo apenas após os primeiros relatos de sucesso do material, afim de desenvolver seu grande potencial na construção civil. Foi em 1849 que Lambot fez o barco de concreto com rede metálica na França, e no mesmo ano Monier confeccionou vasos de concreto com armadura. Mas foi em 1852 que os primeiros elementos de construção foram feitos por Coignet. Em 1871, Brannon fez o uso de armadura em estacas de fundação na Inglaterra, e dois anos após nos Estados Unidos Hyatt desenvolveu colunas com armadura vertical e helicoidal. A primeira laje de concreto com armadura constituída por barras de aço de seção circular só foi executada em 1880, com Hennebique na França, que em 1892 patenteou o primeiro tipo de viga com armadura transversal constituída de estribos. Carvalho (2014) afirma que foi a partir de 1900 que deu início ao desenvolvimento da teoria do concreto armado por Koenen, e que, posteriormente, Mörsch desenvolve a teoria iniciada por Koenen. Apenas em 1904 são publicadas, na Alemanha, as “Instruções provisórias para preparação, execução e ensaio de construções de concreto armado”.

No Brasil, apartir do século XX, ocorreu uma rápida evolução do concreto armado, sendo marcantes os eventos ocorridos em 1908, quando Hennebique faz a primeira ponte de concreto armado no Rio de Janeiro e 1912, com a criação de Riedlinger da primeira empresa com emprego de estruturas de concreto armado em edificações (CLÍMACO, 2014).

2.1.2 Vantagens e desvantagens do concreto armado

Todos os materiais apresentam vantagens e desvantagens, e com o concreto armado não é diferente.

Carvalho (2014) cita as seguintes vantagens do concreto armado:

- Apresenta boa resistência à maioria das solicitações;
- Tem boa trabalhabilidade e, por isso, adapta-se a várias formas, podendo, assim, se escolhida a mais conveniente do ponto de vista estrutural, dando maior liberdade ao projetista;
- Permite obter estruturas monolíticas;
- As técnicas de execução são razoavelmente dominadas em todo o país;
- Em diversas situações, pode competir com as estruturas de aço em termos econômicos;
- É um material durável, desde que seja bem executado, conforme as normas;
- Apresenta durabilidade e resistência a fogo superiores em relação à madeira e ao aço;
- Possibilita a utilização da pré-moldagem, proporcionando maior rapidez e facilidade de execução;
- É resistente a choques e vibrações, efeitos térmicos, atmosféricos e desgastes mecânicos.

E são apresentadas as seguintes desvantagens:

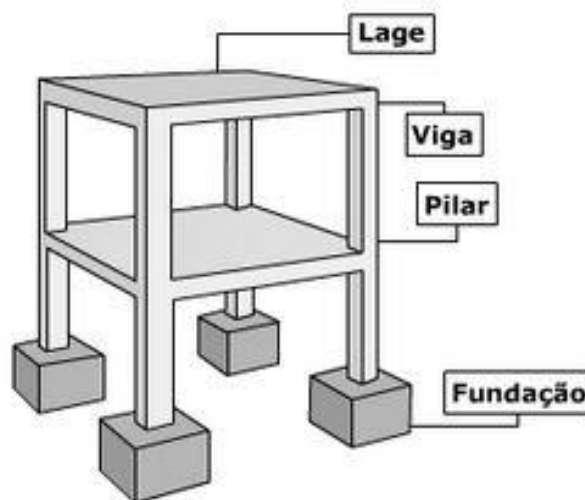
- Resulta em elementos com maiores dimensões que o aço, o que, com seu peso específico elevado ($\gamma \cong 25 \text{ kN/m}^3$), acarreta em peso próprio muito grande, limitando seu uso em determinadas situações ou elevando bastante seu custo;

- As reformas e adaptações são, muitas vezes, de difícil execução;
- É bom condutor de calor e som, exigindo, em casos específicos, associação com outros materiais para sanar esses problemas;
- São necessários um sistema de fôrmas e a utilização de escoramentos que geralmente precisam permanecer no local até que o concreto alcance resistência adequada.

2.1.3 Elementos estruturais de concreto armado

Pinheiro (2010) define estrutura como sendo a parte resistente da construção e tem a função de suportar as ações e as transmitir para o solo. A estrutura é formada por elementos estruturais (Figura 1), que segundo Carvalho (2014), são peças com uma ou duas dimensões preponderantes sobre as demais, que compõe a estrutura e, que o modo como esses elementos são arranjados pode ser chamado de sistema estrutural.

Figura 1 - Estrutura de edifício em concreto moldado no local e seus elementos.



Fonte: (<http://imejunior.com.br/2017/03/07/piscinas-em-cobertura-de-olho-no-peso/>, 17/07/2017)

De acordo Pinheiro (2010), os principais elementos estruturais são:

- Lajes: são placas que, além de cargas permanentes, recebem as ações de uso e as transmitem para os apoios.
- Vigas: são barras horizontais que delimitam as lajes, suportam paredes e recebem ações das lajes ou de outras vigas e as transmitem para os apoios.

- Pilares: são barras em geral vertical que recebem as ações das vigas ou lajes e dos andares superiores e transmite para a fundação.
- Fundação: são elementos como blocos, sapatas, vigas, estacas e etc., que transferem os esforços para o solo.

2.2 Estrutura mistas de aço e concreto

Queiroz, Pimenta e Martins (2012), define estrutura mista de aço e concreto como aquela no qual o perfil de aço (laminado, soldado ou formado a frio) trabalha em conjunto com o concreto (geralmente armado) formando um pilar misto, viga mista ou laje mista. Como já foi dito no subitem 2.1, o funcionamento em conjunto do concreto armado só é possível graças a aderência. Queiroz, Pimenta e Martins (2012) afirma ainda que a interação entre o concreto e o perfil de aço nas estruturas mistas podem se dá por meios mecânico como: conectores, moedas, ressaltos e etc.

Os elementos mistos devem ser dimensionados de maneira que suas partes de concretos sejam solicitadas predominantemente a compressão, devido à baixa resistência a tração do concreto, e os componentes de aço, exceto os pilares mistos, trabalhe predominantemente a tração, para que fique isento de problemas causados pela instabilidade (FAKURY; SILVA; CALDAS, 2016).

2.2.1 Histórico do uso da estrutura mista de aço e concreto

A cerca de 100 a 150 anos o uso da estrutura de aço e concreto na construção civil tem intensificado (QUEIROZ; PIMENTA; MARTINS, 2012). Segundo Pfeil (2015), vigas mistas passaram a ter grande utilização após a Segunda Guerra Mundial, isso devido a carência de aço, o que levou engenheiros europeus a utilizarem a laje de concreto como parte do componente do vigamento, dando início a pesquisas sistemáticas sobre a viga mista.

Segundo Queiroz, Pimenta e Martins (2012), com o desenvolvimento de métodos e disposições construtivas garantindo o funcionamento em conjuntos do aço e do concreto, ampliando as opções de projetos e construções, a partir da década de 60, foi que o sistema misto ganhou força.

Segundo Lemos (2013), por volta de 1930, foi notado por engenheiros americanos benefícios ao combinar chapas de aço, como fôrma, e concreto moldado *in loco*, porém depois de adquirir resistência a laje era dimensionada para resistir sozinha aos esforços. Somente na década de 1940, que as ações combinadas entre a chapa de aço e o concreto foram consideradas eficazes, surgindo então os chamados sistemas de laje mista com fôrma de aço incorporado.

O autor ainda diz que no Brasil, entre os anos de 1950 a 1960, se restringiu a edifícios e pontes de pequeno porte o uso de estruturas mistas, mas foi apenas em 1990 que as lajes mistas, ou steel deck, foram inseridas no Brasil.

As estruturas mistas foram normatizadas pela primeira vez em 1986, pela ABNT NBR 8800, que tratava do dimensionamento de estruturas de aço, incluindo o dimensionamento e execução de vigas mistas. As lajes mistas só passaram aparecer na NBR 8800 a partir de 2008.

2.2.2 Vantagens e desvantagens da estrutura mista de aço e concreto

Fakury, Silva e Caldas (2016), elenca as principais vantagens do aço como material estrutural, dentre as quais se destacam:

- Elevada resistência, que consequentemente ocasionam em peças com seções transversais menores;
- Elevada ductilidade, que os tornam mais resistentes a impactos e ajuda na redistribuição de tensões, em zonas com alto nível de concentração das mesmas;
- Alto grau de confiança, devido a ser um material homogêneo e isotrópico, possuindo assim propriedades mecânicas bem definidas;
- Facilidade de reforço e ampliação;

- Reciclagem e reaproveitamento;
- Rapidez na execução, já que a estrutura é composta por peças pré-fabricadas e com dimensões precisas, a montagem é executada com maior rapidez.

Além dessas vantagens citadas, Queiroz, Pimenta e Martins (2012) apresentam outras vantagens. Com relação a contrapartidas em concreto armado: apresenta a possibilidade de dispensa de fôrmas e escoramento e redução do peso próprio e do volume da estrutura, que conseqüentemente reduzirá os custos com fundação. Já com relação a contrapartidas do aço: apresenta uma redução considerável do consumo de aço; redução da proteção contra incêndio; e corrosão e aumento na rigidez da estrutura.

Como desvantagem das estruturas mistas é possível citar os cuidados especiais que devem ser tomados com o aço como material estrutural. Fakury, Silva e Caldas (2016), citam dois problemas da utilização do aço, são eles:

- Corrosão, que para combater são necessários alguns cuidados como o uso de pintura e a galvanização;
- Comportamento do aço em situação de incêndio, que embora seja um material incombustível, as suas principais propriedades mecânicas se degeneram consideravelmente a altas temperaturas. E devido a isso, é necessário proteger a estrutura contra incêndio, evitando que o aço alcance a temperatura crítica. Os materiais usados para dar essa proteção podem ter em sua composição gesso, vermiculita, fibras minerais ou produtos cerâmicos.

2.2.3 Elementos estruturais mistos de aço e concreto

Os elementos estruturais mistos de aço e concreto são usados principalmente como pilares, vigas e lajes. Nos elementos mistos a parte de concreto deve trabalhar predominantemente a compressão e a parte do aço a tração, exceto nos pilares mistos. (FAKURY; SILVA; CALDAS, 2016). Podemos ver na Figura 2 um exemplo de uma obra com elementos estruturais mistos de aço e concreto

Figura 2- Exemplo de obras com elementos estruturais mistos de aço e concreto.

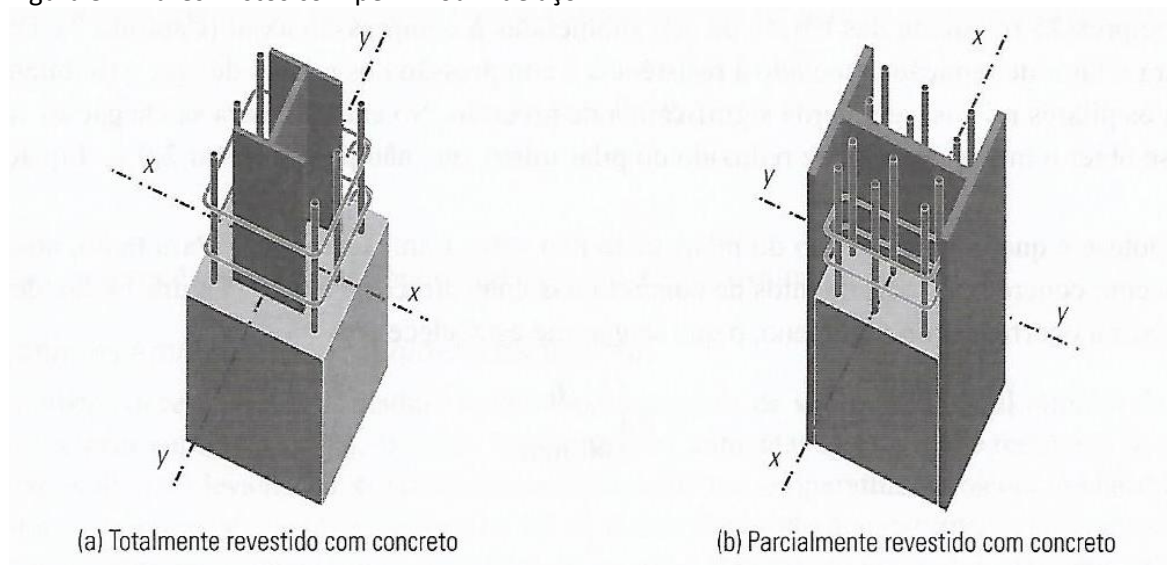


Fonte: Fakury, Silva e Caldas (2016)

Fakury, Silva e Caldas (2016) define da seguinte forma os elementos mistos:

- Pilar misto de aço e concreto: são elementos estruturais constituídos por um perfil de aço e por concreto armado, que trabalham solidariamente, de forma que o concreto deve ser provido de armaduras longitudinal e transversal. Os pilares mistos podem ser totalmente revestidos (Figura 3a) e parcialmente revestido em concreto (Figura 3b).

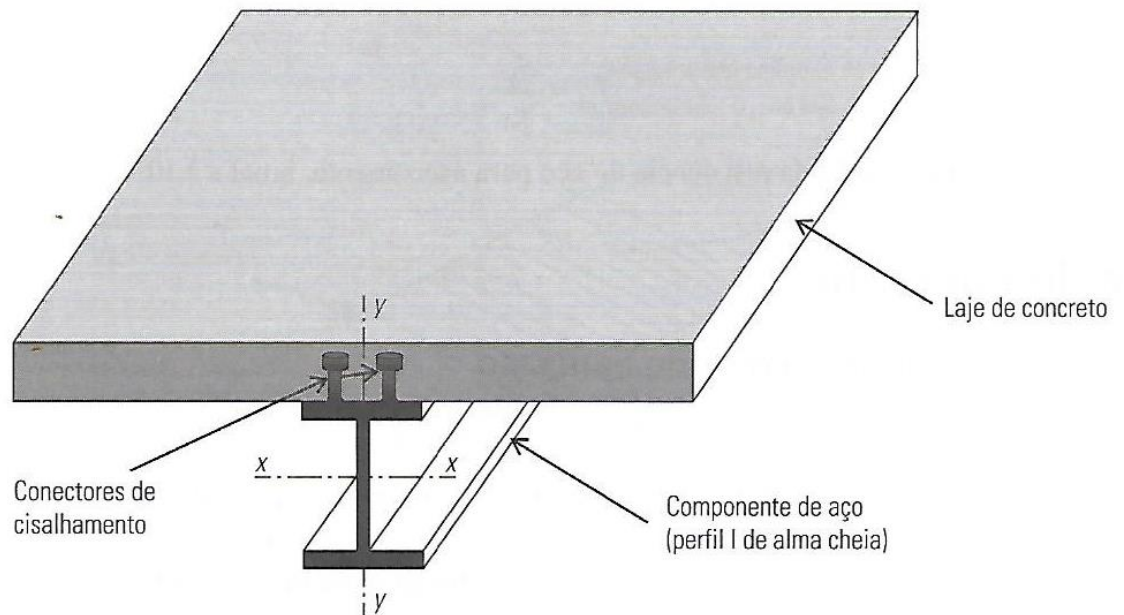
Figura 3 - Pilares mistos com perfil I ou H de aço



Fonte: Fakury, Silva e Caldas (2016)

- Viga mista de aço e concreto: é a definição dada quando um componente estrutural de aço (perfil de alma cheia ou treliça) é ligado mecanicamente a uma laje de concreto e esses dois elementos trabalham solidariamente.

Figura 4 - Viga mista de aço e concreto.



Fonte: Fakury, Silva e Caldas (2016)

- Laje mista de aço e concreto: são lajes que se utiliza forma de aço conformado a frio, com seção trapezoidal e a forma trabalha como armadura positiva da laje. Como esse é o foco do trabalho, será definida de forma melhor no subitem 2.6.

2.3 Fôrmas e escoramento

As formas e escoramento são elementos necessários em todas as obras de concreto armado moldado in loco.

2.3.1 Fôrmas

As fôrmas são elementos cuja a função é permitir a moldagem do concreto, de modo a assumir as suas formas definitivas na estrutura da construção. A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) diz que, além de modelar as peças em concreto ela deve atender exigências não menos importantes que são:

- Garantir a geometria (dimensões e formatos);
- Garantir o posicionamento das peças;
- Manter a conformação do concreto “fresco”;
- Permitir a obtenção de superfícies especificadas;
- Evitar a fuga de finos;
- Limitar a perda de água do concreto fresco.

Figerola (2009), diz que as formas servem como molde para as estruturas de concreto, que podem ser metálicas, de madeira ou mista – feitas de metal e madeira.

Carmo (2007), afirma que as fôrmas são de grande importância, apesar de quase nunca agregar valor estético ao produto final. De acordo com Nazar (2007) as principais madeiras existentes no mercado brasileiro são angelim, pinus, angico preto, cedro, eucalípito.

2.3.2 Escoramento e reescoramento

Segundo a ABCP, escoramento é definido como uma estrutura temporária composta de elementos, que em conjunto tem o papel de apoiar as fôrmas de lajes e vigas, suportando e transmitindo para o piso ou estrutura anterior as cargas atuantes (peso próprio do concreto, movimentação de operários e equipamentos, etc.) até que essa estrutura se torne autoportante.

Figura 5- Escoramento metálico com uso de andaimes e escoras



Fonte: (<http://www.bhandaimes.com/produtos/escoramento> 17/07/2017

Segundo Carmo (2007), até que o concreto chegue a resistência para o qual foi projetado, costuma-se utilizar o sistema de reescoramento, afim de fazer o aproveitamento das fôrmas em outros locais. Carmo (2007) mostra ainda que para o desforma existe alguns prazos que devem ser seguidos, conforme

Figura 6. Observando esses prazos é notório que eles têm influência no prazo final da obra, já que devem ser seguidos para que possa ser feito a desforma dos elementos de concreto.

Figura 6 - Prazos para desforma.

Tipos de fôrmas	Concreto comum	Concreto aditivado
Paredes, pilares e faces laterais de vigas	03 dias	02 dias
Lajes até 10 cm de espessura	07 dias	03 dias
Faces inferiores de vigas com reescoramento	14 dias	07 dias
Lajes com mais de 10 cm de espessura e faces inferiores de vigas com menos de 10 m de vão	21 dias	07 dias
Arcos e faces inferiores de vigas com mais de 10 m de vão	28 dias	10 dias

Fonte: Carmo (2007).

2.3.3 Aspectos econômicos do uso de fôrmas

Nos edifícios habitacionais e comerciais com múltiplos andares, os custos das fôrmas podem variar de 25% até 30% do total da obra e o prazo da sua execução atinge facilmente 50% e 60%, o que por si só aponta para a cautela e para as repercussões que tais eventos podem acarretar no preço de venda do produto a ser comercializado (NAZAR, 2007). Nazar (2007), fez uma compilação dos dados de obras executadas por ele, com a média da participação das fôrmas no custo do concreto em estrutura, que é apresentada no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Composição de custo de uma estrutura - pavimento tipo



Fonte: Nazar(2007)

Ao analisar a composição de custos de uma estrutura de pavimentos atípicos, mostrado por Nazar (2007) no Gráfico 2, podemos ver que a participação das fôrmas no custo do concreto aumenta.

Gráfico 2 - Composição de custo de uma estrutura - pavimento atípicos



Fonte: Nazar(2007)

2.4 Ações

Segundo Fakury, Silva e Caldas (2016), para que uma estrutura possa garantir segurança e capacidade para desempenhar satisfatoriamente a função a qual está destinada, é necessário que se faça um dimensionamento adequado da mesma. Ele ainda diz que para o dimensionamento estrutural e definição das ações da estrutura mista de aço e concreto, a norma brasileira atualmente em vigor e que deve ser seguida é a ABNT NBR 8800:2008.

Conforme a NBR 8800:2008, na análise estrutural deve ser considerada a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a estrutura, levando-se em conta os estados-limites últimos de serviço. Essas ações podem ser classificadas entre ações permanentes, variáveis e excepcionais. A NBR 8800:2008, define essas ações da seguinte forma;

2.4.1 Ações permanentes

São as que ocorrem com valores praticamente constante durante toda a via útil da construção, e são subdivididas em diretas e indiretas.

- Ações permanentes diretas: são constituídas pelo peso próprio da estrutura, pelos pesos dos elementos construtivos fixos e das instalações permanentes. Os pesos desses elementos podem ser consultados na ABNT NBR 6120.
- Ações permanentes indiretas: são constituídas pelas deformações impostas por retração e fluência do concreto, deslocamentos de apoios e imperfeições geométricas, que devem ser calculadas conforme a ABNT NBR 6118.

A ABNT NBR 6120:1980 orienta que na falta de determinação experimental, deve-se adotar os pesos específicos aparentes dos materiais de construção mais frequentes, conforme a tabela 1 constante na norma, na Figura 7 temos uma amostra de parte da tabela de peso específico dos materiais de construção da norma.

Figura 7- Recorte de parte da Tabela 1 da ABNT NBR 6120:1980, para determinação do peso específico dos materiais de construção

Tabela 1 - Peso específico dos materiais de construção		
Materiais		Peso específico aparente (kN/m³)
1 Rochas	Arenito	26
	Basalto	30
	Gneiss	30
	Granito	28
	Mármore e calcáreo	28
2 Blocos artificiais	Blocos de argamassa	22
	Cimento amianto	20
	Lajotas cerâmicas	18
	Tijolos furados	13
	Tijolos maciços	18
	Tijolos sílico-calcáreos	20
3 Revestimentos e concretos	Argamassa de cal, cimento e areia	19
	Argamassa de cimento e areia	21
	Argamassa de gesso	12,5
	Concreto simples	24
	Concreto armado	25

Fonte: ABNT NBR 6120:1980

2.4.2 Ações variáveis

A ações variáveis são as que ocorrem com valores que apresentam variações significativas durante a vida útil da construção. Elas são causadas pelo uso e ocupação da edificação, como ações decorrentes de sobrecargas em pisos e coberturas, de equipamentos e de divisórias móveis, de pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas, pela ação do vento e pela variação da temperatura da estrutura. Os esforços causados pela ação do vento, são determinados conforme a ABNT NBR 6123 e os causados pelo uso e ocupação pela ABNT NBR 6120, que segundo a norma deve-se adotar valores mínimos indicado na tabela 2 da mesma, na Figura 8 temos uma amostra de parte desta tabela.

Figura 8 - Recorte de parte da Tabela 2 da ABNT NBR 6120:1980, com valores mínimos para cargas verticais

Tabela 2 - Valores mínimos das cargas verticais		Unid.: kN/m ²
Local		Carga
1 Arquibancadas		4
2 Balcões	Mesma carga da peça com a qual se comunicam e as previstas em 2.2.1.5	-
3 Bancos	Escritórios e banheiros Salas de diretoria e de gerência	2 1,5
4 Bibliotecas	Sala de leitura Sala para depósito de livros Sala com estantes de livros a ser determinada em cada caso ou 2,5 kN/m ² por metro de altura observado, porém o valor mínimo de	2,5 4 6
5 Casas de máquinas	(incluindo o peso das máquinas) a ser determinada em cada caso, porém com o valor mínimo de	7,5
6 Cinemas	Platéia com assentos fixos Estúdio e platéia com assentos móveis Banheiro	3 4 2
7 Clubes	Sala de refeições e de assembléia com assentos fixos Sala de assembléia com assentos móveis Salão de danças e salão de esportes Sala de bilhar e banheiro	3 4 5 2

Fonte: ABNT NBR 6120:1980

2.4.3 Ações excepcionais

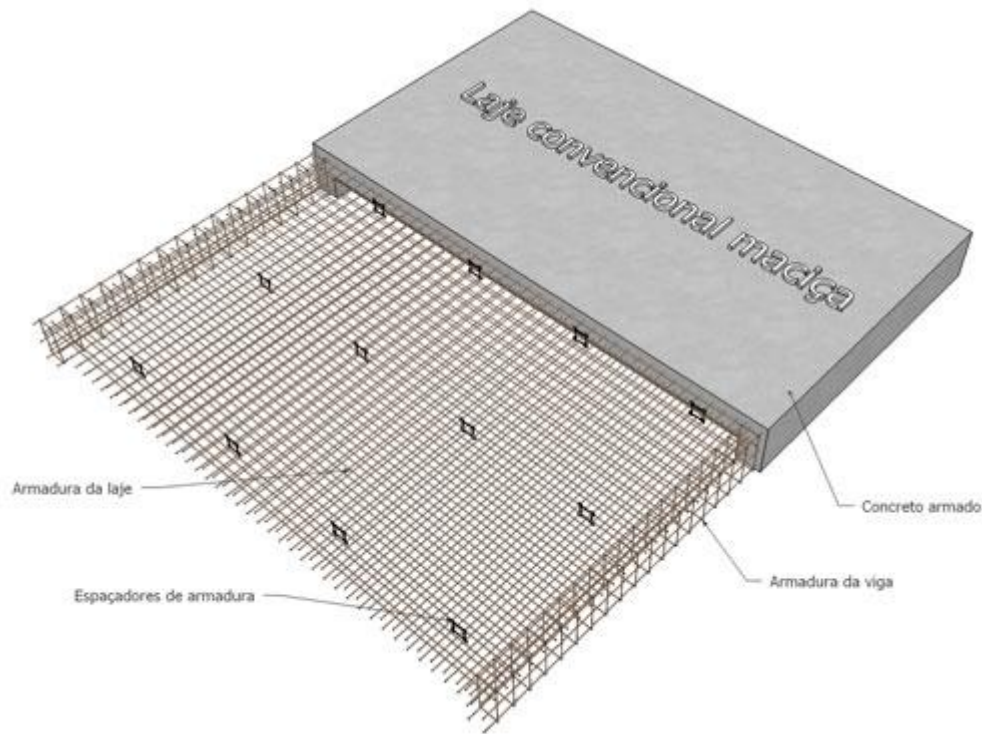
São as que tem a duração extremamente curta e a probabilidade muito baixa de acontecer, porém devem ser consideradas nos projetos de algumas estruturas. Essas ações são decorrentes de esforços causados por explosões, choques de veículos, incêndios, enchentes e sismos excepcionais.

2.5 Laje Maciça Convencional

As lajes são rotuladas como elementos integrantes da estrutura terciária da superestrutura de uma edificação, e deve resistir às cargas aplicadas em sua superfície

(CLÍMACO, 2016). Podemos observar na Figura 9 os componentes principais que fazem parte da laje maciça, como o concreto, armadura da laje e espaçadores.

Figura 9 - Laje maciça convencional



Fonte: (<https://cddcarqfeevale.wordpress.com/2012/04/03/lajes-macicas-de-concreto-armado>, 13/07/2017).

Do ponto de vista estrutural Carvalho e Filho (2015) definem laje como placas de concreto de superfície plana, em que a espessura é relativamente pequena comparada às demais e está sujeita principalmente as ações normais a seu plano. Os autores ainda mencionam que devido a laje maciça distribuírem suas reações em torno das vigas de contorno, há um melhor aproveitamento destas vigas, que dependendo do vão e das condições de contorno, podem ter cargas de mesma ordem e grandeza.

Ainda segundo Carvalho e Filho (2015), é importante ressaltar que as fôrmas representam uma grande parte do custo final da estrutura, e em particular da laje.

Conforme Bastos (2015) a laje maciça é aquela onde toda a espessura é composta por concreto, contendo armaduras longitudinais de flexão e eventualmente armaduras transversais, e apoiada em vigas ou paredes ao longo das bordas. O autor nos diz ainda que a laje lisa e a laje cogumelo são consideradas lajes maciças de concreto, porém os seus esforços e cargas são transmitidas diretamente para o pilar, sem a necessidade de

apoios das bordas. A laje cogumelo e a laje lisa não serão objetos de estudo nesse trabalho, que buscará o comparativo apenas com a laje maciça convencional.

2.5.1 Vantagens e desvantagens da Laje Maciça Convencional

Vizotto e Sartoti (2010) e Carvalho e Pinheiro (2009) apresentam algumas vantagens e desvantagens para o sistema de laje maciça convencional.

As vantagens apresentadas são:

- Possibilidade de consideração como uni ou bidirecional;
- Há um melhor comportamento no remanejamento dos esforços;
- Se adequa a diferentes necessidades estruturais (ex: um, dois ou três bordos livres;
- Aumento da rigidez global da estrutura;
- Mão de obra fácil de ser encontrada;
- Método de cálculo prático.

As desvantagens apresentadas pelos autores são:

- Alto consumo de fôrmas, escoras, concreto e aço;
- Maior carregamento da estrutura;
- Exige uma quantidade maior de profissionais como carpinteiro, armador e pedreiro;
- Necessidade do uso de espaçadores na colocação das armaduras;
- Custo relativamente elevado.

2.5.2 Sistema Construtivo da Laje Maciça Convencional

O sistema construtivo da laje maciça de concreto armado, consiste basicamente em executar as formas das vigas de bordo e em seguida da laje, fazendo todo o escoramento necessário para sustentação das formas. Posteriormente a montagem dos escoramentos e das fôrmas, é então feita a armação das armaduras conforme o projeto

estrutural, tomando um cuidado especial para garantir o cobrimento mínimo necessário da armadura, na Figura 10 e Figura 11 é possível observar exemplos destes serviços.

Figura 10 - Execução de laje maciça convencional de concreto armado



Fonte: (<http://projr.com.br/blog/tipos-de-lajes-e-suas-utilizacoes>, 15/07/2017)

Figura 11 - Escoramento de madeira para laje maciça convencional



Fonte: (<http://www.unifal-mg.edu.br/planejamento/pocos-caldas-predio-f>, 15/07/2017)

É então feito a concretagem da laje, e depois do endurecimento do concreto deve ser feito a cura e desforma, permanecendo as escoras por até 21 dias após a

concretagem, na Figura 12 temos exemplo de laje maciça reescorada, e na Figura 13 temos um exemplo de uma laje maciça convencional depois de todos esses processos.

Figura 12 - Laje maciça convencional reescorada



Fonte: (http://www.henriplan.com.br/empreendimentos/fotos_obra.asp?ID=33&MesSelect=153, 15/07/17)

Figura 13 - Pavimento de edifício executado em laje maciça convencional.



Fonte: (<http://www.pumalajesalveolares.com.br/lajes-macica/lajes-macicas-convencionais/laje-macica-de-concreto-armado-em-nova-friburgo>, 15/07/2017)

2.6 Laje mista

As lajes mistas, ou laje com fôrma de aço incorporados são elementos estruturais formados pela união de formas de aço conformado a frio com o concreto, a ligação entre o concreto e a fôrma é garantida pelas mossas ou reentrâncias presentes na fôrma (FAKURY; SILVA; CALDAS, 2016). Podemos ver na Figura 14 uma representação da laje mista.

A Norma Brasileira de Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios – NBR 8800 (2008), define laje mista como aquela que na fase inicial, antes do concreto atingir 75% da resistência à compressão especificada, a fôrma de aço suporta isoladamente as ações permanentes e a sobrecarga de construção. Já na fase final, o concreto atua estruturalmente em conjunto com a fôrma de aço, funcionando como parte ou como toda a armadura de tração da laje.

Figura 14 - Laje mista com perfil Polydeck 59S da ArcelorMittal

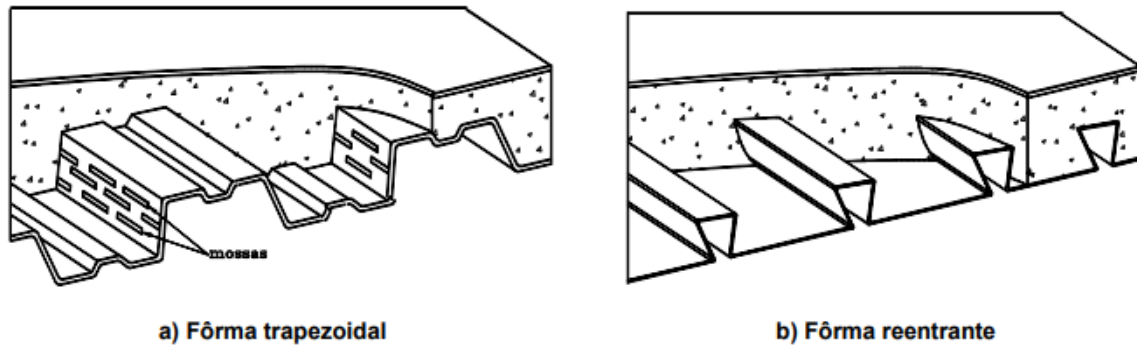


Fonte: (http://www.perfilor.com.br/lermais_materias.php?cd_materias=142, 17/07/2017)

Segundo a ABNT NBR 8800:2008, é necessário garantir a transmissão dos esforços de cisalhamento longitudinal entre a interface do aço e do concreto. Como a aderência natural entre ambos não é suficiente, se faz necessário garantir essa aderência com o uso de ligação mecânica, por meio de mossas nas formas trapezoidais (Figura 15-a), ou ligação por meio de atrito (Figura 15-b), garantidos pelo confinamento do concreto nas reentrâncias das fôrmas. Fakury, Silva e Caldas (2016), afirma que a capacidade resistente

da fôrma trapezoidal depende da maneira como as mossas estão configuradas, as quais variam de acordo cada fabricante.

Figura 15 - Tipos de fôrmas para laje mista.



Fonte: ABNT NBR 8800:2008

2.6.1 Dimensionamento da laje mista aos estados limites

Como já dito anteriormente, a laje mista deve ser dimensionada a atender duas fases, a fase inicial e a fase final.

Para os estados limites últimos, na fase inicial ela deve ser capaz de suportar as ações atuantes durante o período de construção, que segundo Fakury, Silva e Caldas (2016), podem ser as seguintes:

- Peso relativo aos materiais usados na execução como peso do concreto fresco, da fôrma de aço, da tela soldada para evitar fissuração e de eventuais armaduras adicionais;
- A carga uniformemente distribuída de 1 kN/m^2 , referente a sobrecarga de construção;
- Efeito de empoçamento, causado por um possível deslocamento do centro da forma, ocasionado quando no momento da concretagem da laje empoça-se o concreto no meio do vão, que acarreta em um aumento na camada de concreto e consequentemente no peso.

Na fase final todo carregamento é resistido pela ação em conjunto da fôrma de aço incorporado com o concreto e armaduras adicionais, caso necessário. De acordo ABNT NBR 8800:2008, na fase final são verificados os seguintes estados limites:

- Momento fletor, em que a fôrma de aço deve ser capaz de resistir aos esforços de tração em conjunto com a armadura adicional, caso exista;
- Cisalhamento vertical, causado pela força cortante;
- Cisalhamento longitudinal, causado pela força cortante na direção da nervura, e que pode ser calculada pelo método semi-empírico m-k.

As constantes m e k, necessárias para determinar a força cortante resistente longitudinal, só pode ser obtida através de ensaios experimentais. Esses ensaios são geralmente solicitados pelos fabricantes das fôrmas, pois os resultados obtidos só valem para o tipo de fôrma ensaiada, pois dependem da geometria e do projeto de suas mossas (FAKURY; SILVA; CALDAS, 2016).

Para os estados limites de serviço Fakury, Silva e Caldas (2016) afirma que na fase inicial quando a fôrma não é escorada durante a concretagem, o deslocamento máximo considerando o valor do peso próprio não deve ser superior a $L_F/180$ ou 20 mm, onde L_F é o vão teórico da laje na direção da nervura. Na fase final, para evitar fissuras no concreto devido a retração, o autor diz que deve ser empregado uma armadura em tela soldada, com área de seção transversal de no mínimo 0,1% da área de concreto acima do topo da fôrma e ter seu eixo situado a aproximadamente 20 mm da face superior da laje. A ABNT NBR 8800:2008, acrescenta ainda que o deslocamento vertical da laje mista não pode ser superior a $L_F/350$, considerando apenas o efeito das ações variáveis.

Segundo Silva e Pannoni (2010), se tratando de um produto industrializado, os fabricantes disponibilizam tabelas para facilitar a escolha da fôrma de dimensão padronizada mais adequada ao carregamento e vão do projeto.

2.6.2 Vantagens e Desvantagens

A utilização da laje mista traz consigo algumas vantagens, que segundo Silva e Pannoni (2010) e Fakury, Silva e Caldas (2016) são:

- Devido às reentrâncias pode haver uma economia de concreto;
- Facilidade de instalação;

- Dispensa do uso de fôrma, devido a chapa metálica ter dupla função, a de fôrma quando o concreto está fresco e de armadura de tração com o concreto endurecido.
- A probabilidade de suprimir totalmente ou parcialmente o uso de escoras;
- Alta velocidade construtiva;
- A possibilidade de a fôrma de aço funcionar como plataforma de serviço, proporcionando uma obra mais limpa, e proteção aos operários em atividade nos andares inferiores.

As desvantagens apresentadas pelos autores são:

- Eventual necessidade de maior quantidade de vigas secundárias perpendiculares às nervuras;
- Por razões estéticas o uso de forros suspensos para esconder as fôrmas.
- A escassez de fornecedores brasileiros, o que reduz a concorrência na aplicação dos preços no Brasil.

2.7 Software CypeCad

Para o dimensionamento das lajes mistas adotou-se o software CYPECAD, versão 2016. Segundo Souza e Vargas (2014), o CYPECAD é um software desenvolvido pela empresa CYPE Ingenieros, uma empresa espanhola com mais de 30 anos de experiência em arquitetura, engenharia e construção.

No Brasil o software é comercializado pela empresa MULTIPLUS SOFTWARE TECNICOS, e segundo a empresa o CYPECAD é um programa para projeto estrutural em concreto armado, pré-moldado, protendido e misto de concreto e aço que engloba as etapas de lançamento do projeto, análise e cálculo estrutural, dimensionamento e detalhamento final dos elementos. Ainda segundo a MULTIPLUS, os recursos para detalhamento e dimensionamento estão de acordo com as normas brasileiras de concreto armado (NBR 6118:2014), fundações (NBR 6122), carregamentos (NBR 6120),

barras (NBR 7480), ventos (NBR 6123), ações e combinações (NBR 8681) e estruturas mistas (NBR 8800:2008).

Segundo Silva e Lovizotto Filho (2015), para o cálculo da estrutura é usado pelo CYPECAD um modelo de pórtico espacial, através do método matricial de rigidez, o que considera todos os elementos da estrutura, como lajes, pilares e vigas.

De acordo a MULTIPLUS, no CYPECAD também é possível fazer o dimensionamento da laje mista tipo steel-deck, de maneira que o software traz uma biblioteca contendo lajes steel-deck de fornecedores europeus, possibilitando a escolha entre usar a opção de forma perdida ou colaborante. O software permite também edição da biblioteca existente e também o cadastro de novos tipos de fôrma.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho trata de um estudo comparativo entre dois sistemas estruturais usando dois tipos de lajes, são elas: laje maciça convencional de concreto armado e laje mista de aço e concreto com forma de aço incorporada. Para a análise adotou-se o projeto estrutural das lajes maciças convencionais de concreto armado existente, do Pavilhão de Aulas II, no campus Reitor Edgard Santos, em Barreiras, da Universidade Federal do Oeste da Bahia. Em seguida foi feito o dimensionamento das mesmas utilizando as fôrmas de aço incorporado.

3.1 Caracterização da edificação do Pavilhão de Aulas II

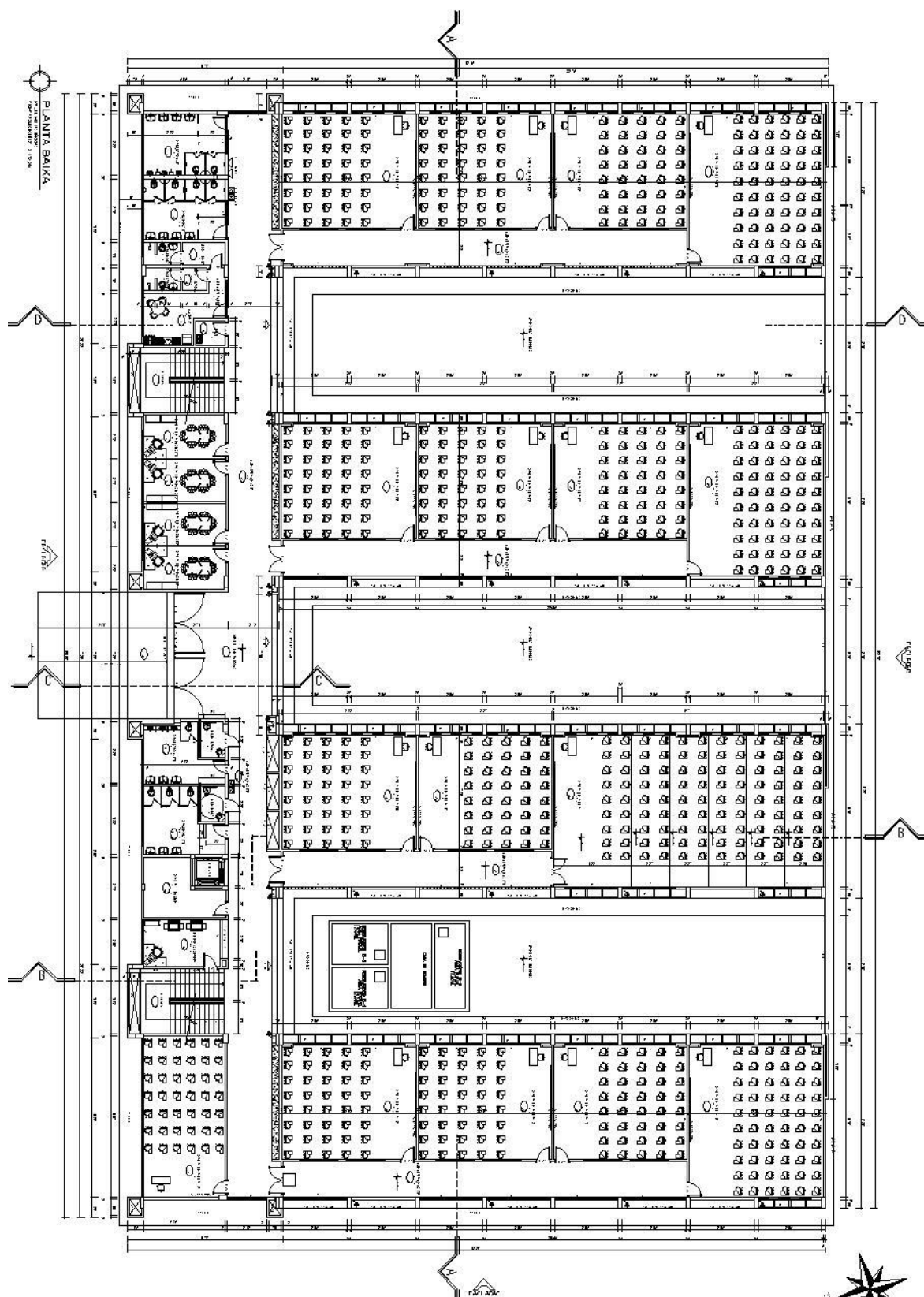
Quanto ao Pavilhão de Aulas II, do campus Reitor Edgard Santos, da Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOB, é uma edificação destinada a uso acadêmico, e foi escolhido por se tratar de um prédio modelo a ser adotada para construção nos demais campus da UFOB.

Este é um edifício de dois pavimentos que conta com salas de aula com capacidade para 20, 40 e 60 alunos, é contemplado também com auditório com

capacidade para aproximadamente 110 pessoas. Ainda é previsto no projeto gabinetes para professores e salas de apoio. O Pavilhão de Aulas II tem aproximadamente 4083,30 m², sendo que cada pavimento tem 2041,65 m². O revestimento dos pisos é de alta resistência, exceto nos locais de área molhada, como copas, sanitários e DML. Tem-se dois tipos de forro no prédio, nas salas de aula é adotado forro acústico e nos demais ambientes optou-se pelo uso do forro de gesso convencional. E para cobertura é usado telha metálica termo acústica acima da laje de cobertura.

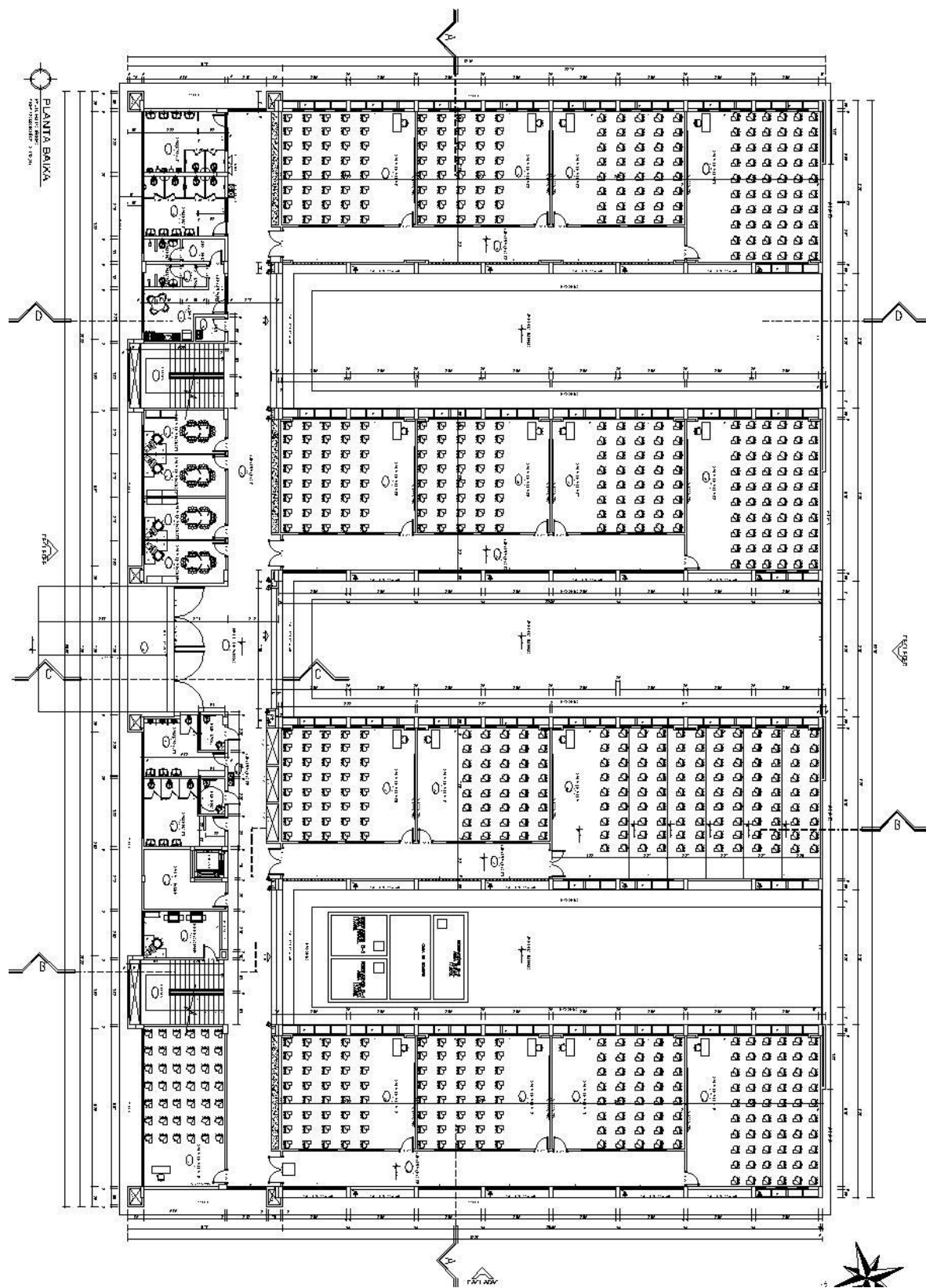
Para efeito de análise e comparação não serão consideradas as escadas, pois as mesmas não apresentarão variações significativas que influencie no uso do tipo de laje. E por fugir do escopo do trabalho não será considerada também o tipo e dimensionamento da fundação. Nas Figura 16 à Figura 19 é apresentado o projeto arquitetônico do Pavilhão a ser estudado.

Figura 16 - Planta baixa do pavimento térreo.



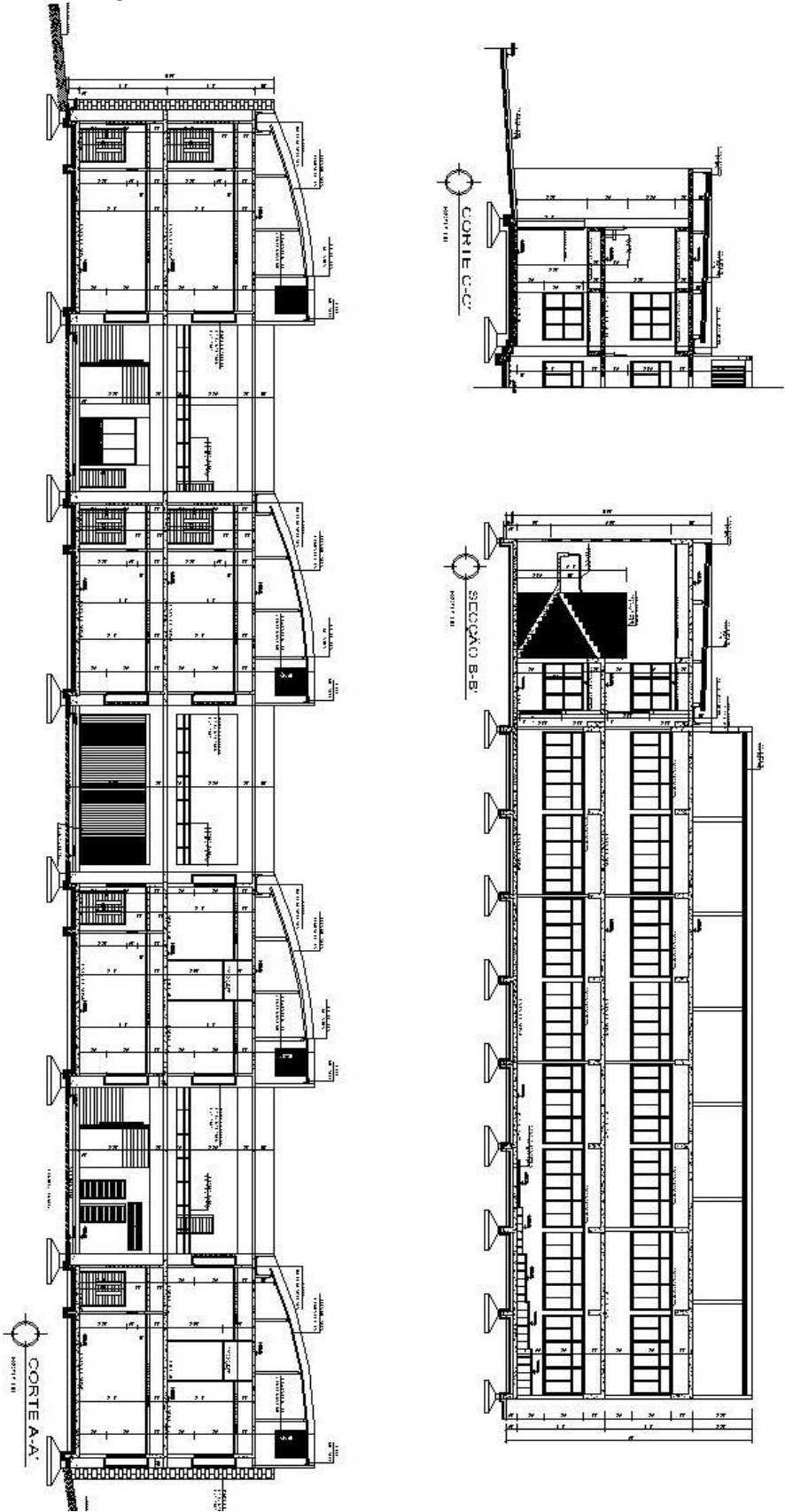
Fonte: Autor

Figura 17 - Planta baixa do pavimento superior



Fonte: Autor

Figura 18 – Cortes longitudinais



Fonte: Autor

Figura 19 - Fachada



Fonte: Autor

3.2 Sistemas estruturais comparados

Foi adotado para comparativos dos sistemas estruturais um prédio existente, conforme já explanado no subitem 3.1 em que foram apresentadas as características da edificação. Nos subitens seguintes, são apresentados a maneira como foi levantado as características e dimensionamento de cada sistema estrutural adotado.

3.2.1 Estrutura com laje maciça convencional (LMC)

O projeto estrutural da edificação pertence a Universidade Federal da Bahia – UFBA e foi desenvolvido pela empresa TRIUNFO: projetos, construções e consultoria LTDA, situada na cidade de Salvador. Não foi possível levantar todos os parâmetros utilizados pelo projetista para o dimensionamento da estrutura, mas analisando o projeto foi possível identificar alguns parâmetros que foram utilizados posteriormente para dimensionamento da laje mista com fôrma de aço incorporado. Os parâmetros encontrados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros analisados no projeto estrutural existente.

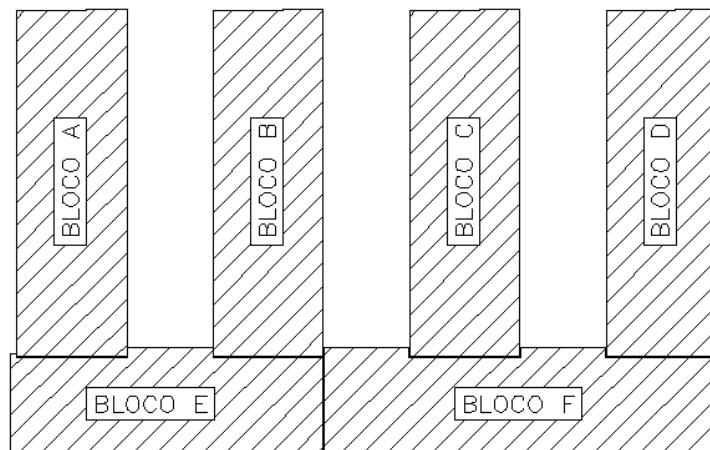
Parâmetro (unidade)	Valor
Resistência do Concreto (MPa)	25
Relação a/c	≤0,60
Cobrimento das armaduras da laje (cm)	2,0
Cobrimento das armaduras da viga/pilar(cm)	3,0

Fonte: Autor

Ao fazer uma análise em conjunto de todos os parâmetros fornecidos na Tabela 1 com o auxílio da NBR 6118:2014, foi possível ver que o projetista optou pela classe de agressividade II para a edificação.

Na concepção adotada pelo projetista, houve uma divisão da edificação em 6 blocos, sendo os blocos A, B, C e D iguais, nesses blocos contém as salas de aula, gabinetes e auditório. O bloco E e F fazem parte da área de circulação do prédio, dando acesso aos sanitários, copas e salas de apoio. Na Figura 20 podemos ver essa divisão do edifício em blocos.

Figura 20 - Planta chave do pavilhão de aulas 2.



Fonte: Autor

De posse dos projetos estruturais do Pavilhão de Aulas II, foi feito o levantamento quantitativo e de materiais necessários para o uso do sistema construtivo com laje maciça convencional.

3.2.2 Estrutura com laje mista com fôrma de aço incorporada, ou Steel Deck (LSD)

Para a análise da estrutura com laje steel deck foi feito o lançamento da estrutura da edificação no software CypeCAD versão 2016.o. Na concepção estrutural optou-se por adotar a mesma configuração para vigas e pilares, mantendo as mesmas dimensões usadas no projeto estrutural existente.

Para o dimensionamento das lajes com fôrma de aço incorporado serão adotados os perfis fornecidos pela empresa METFORM S.A, o perfil adotado será o MF75, com espessuras de 0,80mm, 0,95mm e 1,25mm. Buscando informações com o fabricante para um melhor aproveitamento do material, optou-se por seguir a recomendação de trabalhar com vãos entre 2,50 a 3,00 metros.

Como na concepção estrutural do projetista para laje maciça convencional existem vãos com até 6 metros, opta por utilizar vigas secundárias de perfil metálico, afim de diminuir os vãos e eliminar escoramento das lajes mistas.

Após todo o lançamento, a estrutura é processada e verificada, chegando-se ao resultado final do dimensionamento da laje mista, obtendo-se os quantitativos finais de consumo de materiais e serviços necessários à sua execução.

3.3 Lançamento da estrutura no CypeCAD 2016.o e considerações.

O dimensionamento do sistema estrutural com laje mista com fôrma de aço incorporado foi utilizado o software CypeCAD, versão 2016.o. Como já informado no subitem 3.2 adotou-se a mesma concepção estrutural utilizada para o uso da laje maciça convencional e os parâmetros citados na Tabela 1.

3.3.1 Dados gerais da obra

Na primeira etapa foi inserido a descrição da obra no CypeCAD, onde são definidos os dados gerais do projeto a serem considerados pelo programa no momento do dimensionamento. Esses dados podem ser visualizados na Figura 21.

Figura 21 - Dados gerais da obra lançados no CypeCAD

Dados gerais

Chave: **Pavilhão de Aulas2**

Descrição: Projeto pavilhão de aulas 2, com o uso de laje mista

Normas: ABNT NBR 6118:2014, ABNT NBR 14762: 2010, ABNT NBR 8800:2008, NBR 7190 e Eurocódigo 9

Concreto armado

Concreto

Pisos: C25, usina.rigor

Fundação: C25, usina.rigor

Tubulões: C25, usina.rigor

Pilares: C25, usina.rigor

Cortinas: C25, usina.rigor

Características do agregado: Granito (15 mm)

Aço

Barra: CA-50 e CA-60

Parafusos: ISO 898.C4.6

Ações

Carga permanente e sobrecarga

☒ Com ação do vento (NBR 6123 (Brasil))

☐ Com ação sísmica

☐ Verificar resistência ao fogo

Estados limites (combinações)

Ações adicionais (cargas especiais)

Perfis Aço

Laminados e soldados: A-36 250Mpa

Dobrados: AISI-SAE 1020 hardened

Madeira

Serrada - Coníferas - C20

Alumínio extrudado

EN AW-5083 - F

Coeficientes de flambagem

Pilares de betão e mistos

β_x : 1.000 β_y : 1.000

Pilares em aço

β_x : 1.000 β_y : 1.000

Ambiente

Vigas: CAA II (Abertura máxima de fissura: 0.30 mm)

Blocos de coroamento: CAA II

Aceitar

Fonte: Autor

3.3.2 Ações verticais atuantes

As ações verticais atuantes na edificação serão as ações permanentes e as ações variáveis, não sendo considerado ações excepcionais, por terem uma baixa probabilidade de ocorrência.

a) Ações permanentes

A NBR 8681:2003, define como sendo as ações que ocorrem com valores constantes durante praticamente toda a vida útil da edificação, sendo considerado peso próprio da estrutura, elementos construtivos, equipamentos fixos, etc.

Para os materiais de construção utilizado nos elementos construtivos, utilizou-se como base a NBR 6120:1980, extraíndo dela os seguintes valores:

- Tijolo cerâmico furado: 13kN/m^3 ;
- Concreto armado: 25kN/m^3 ;
- Argamassa de cimento e areia: 21kN/m^3

Como carga de uso permanente foi aplicado a laje do primeiro pavimento o valor de 1kN/m^2 e para as lajes da cobertura o valor de $0,8\text{kN/m}^2$.

b) Ações variáveis

As ações variáveis apresentam uma variação significativa durante a vida útil da edificação. Para a edificação em estudo, classificada como escola, foi extraído da NBR 6120:1980 os seguintes valores:

- Corredor e sala de aula (edifício escola): 3kN/m^2 ;
- Forro sem acesso a pessoas (forro): $0,5\text{kN/m}^2$.

Podemos verificar na Figura 22 as ações adotadas para cada piso da edificação analisada.

Figura 22 - Ações verticais consideradas

Nome	SCU (kN/m³)	CP (kN/m²)
Cobertura	0.50	0.80
1 Pavimento	3.00	1.00
Terreo	0.00	0.00
Fundação	0.00	0.00

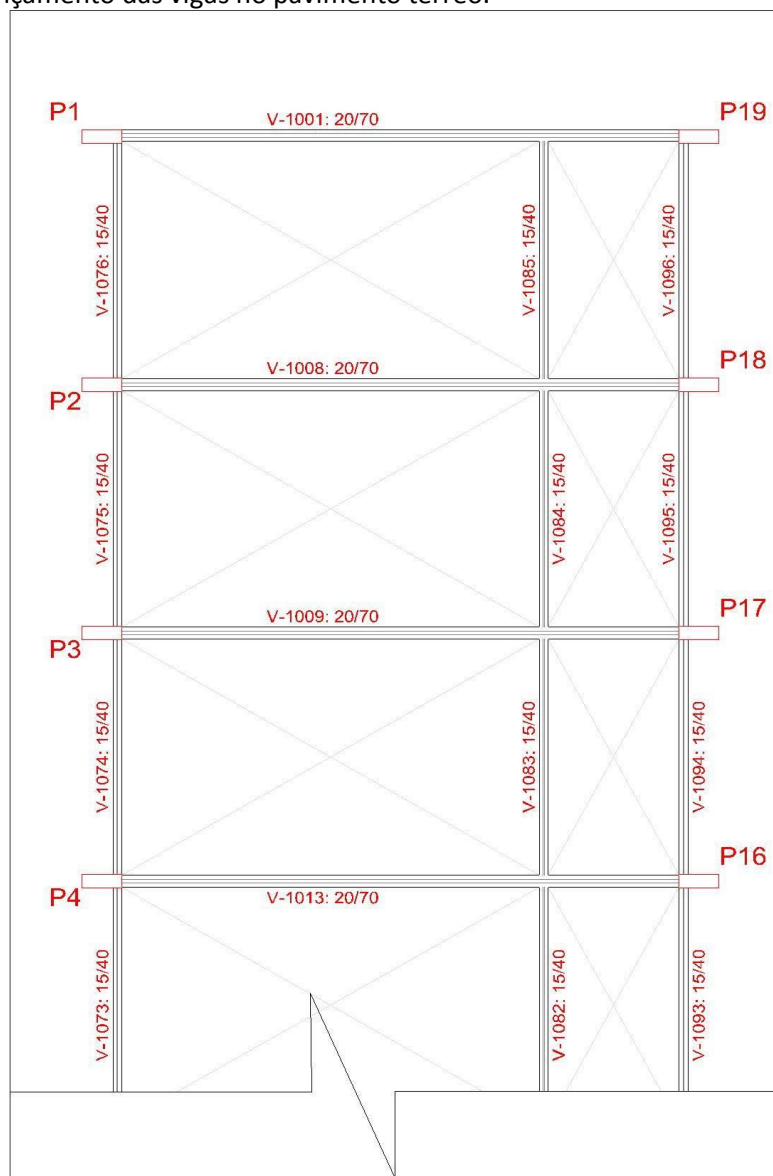
Categorias de uso
2. Edificações comerciais, de escritórios e de acesso público

Fonte: Autor

3.3.3 Lançamento da estrutura

Como já dito anteriormente, para a concepção estrutural adotou-se a configuração para vigas e pilares do projeto existentes. Na Figura 23 tem-se o lançamento das vigas do pavimento térreo.

Figura 23 - Lançamento das vigas no pavimento térreo.



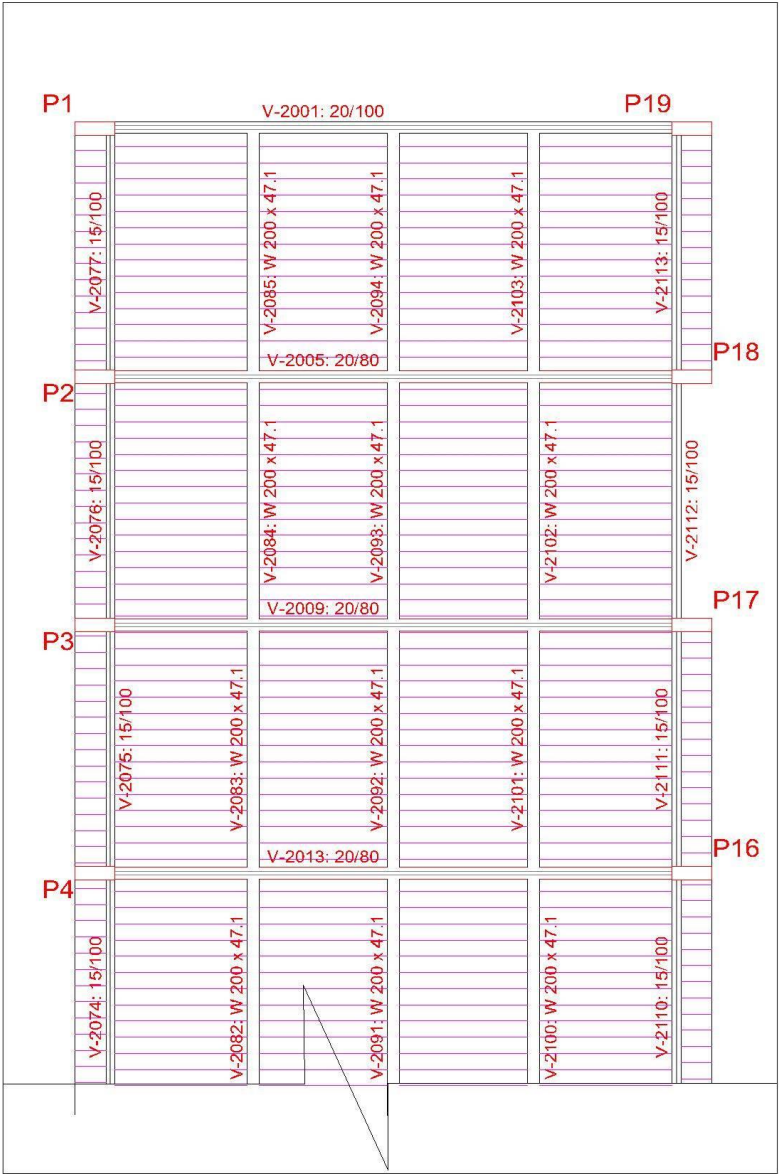
Fonte: Autor

Na Figura 24, tem-se o lançamento da estrutura do primeiro pavimento. Neste momento foram inseridas as lajes mistas do pavimento. Dentre os modelos de fôrma fornecidos pelo CypeCAD, adotou-se o MF-75, da Metform, por ser mais fácil de ser encontrado no mercado Brasileiro (Figura 25). A fôrma foi adotada como chapa

colaborante, pois o intuito é que após a cura do concreto ela sirva como armadura positiva da laje.

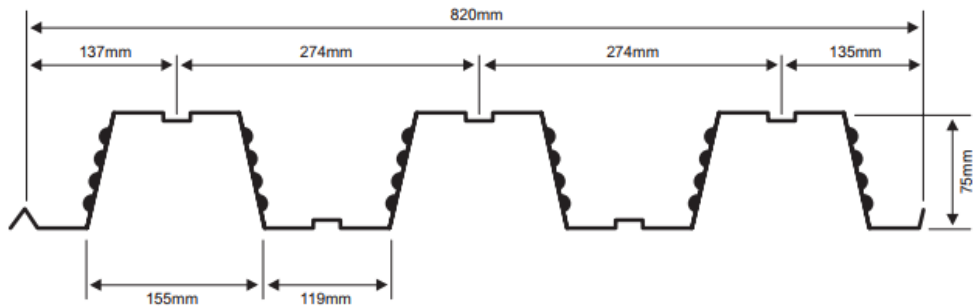
Para seguir as orientações do fabricante Metform, usou-se viga de perfil metálico como vigas secundárias para diminuir os vãos, deixando os vãos das lajes entre 2,50 a 3,00 metros.

Figura 24 - Lançamento da estrutura do 1 pavimento



Fonte: Autor

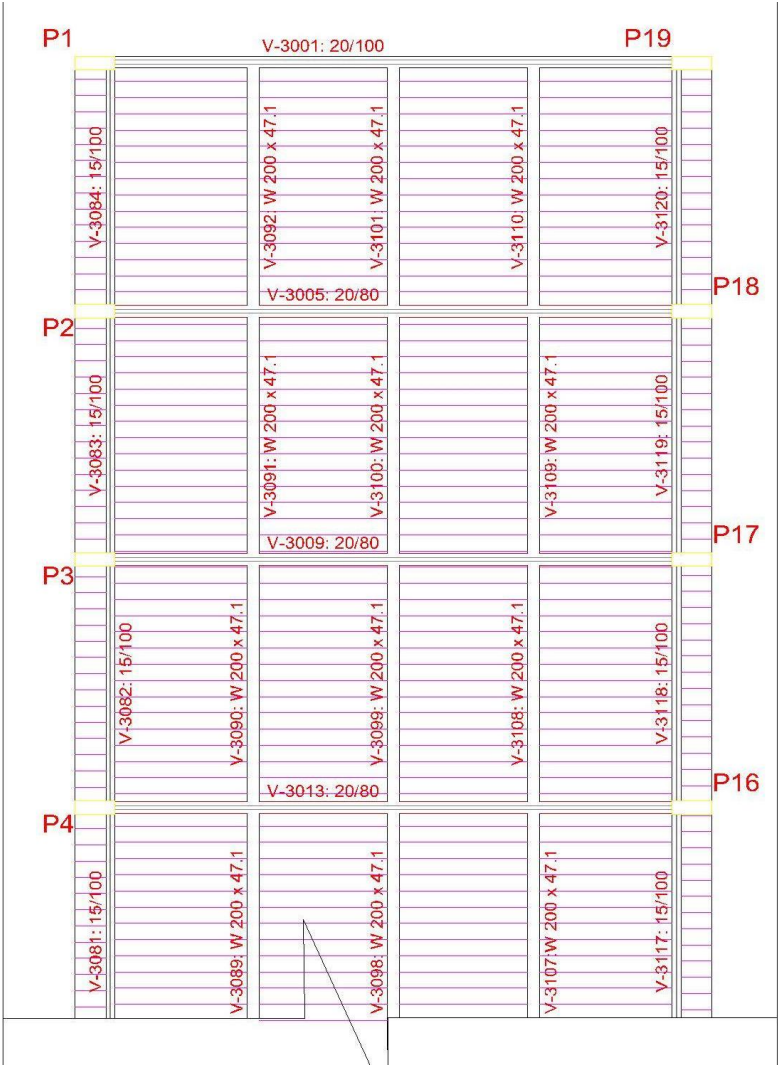
Figura 25 - Dados da laje mista adotada



Fonte: Manual Steel Deck METFORM

E por fim, é lançado a estrutura da cobertura, apresentado na Figura 26.

Figura 26 - Lançamento da estrutura da cobertura

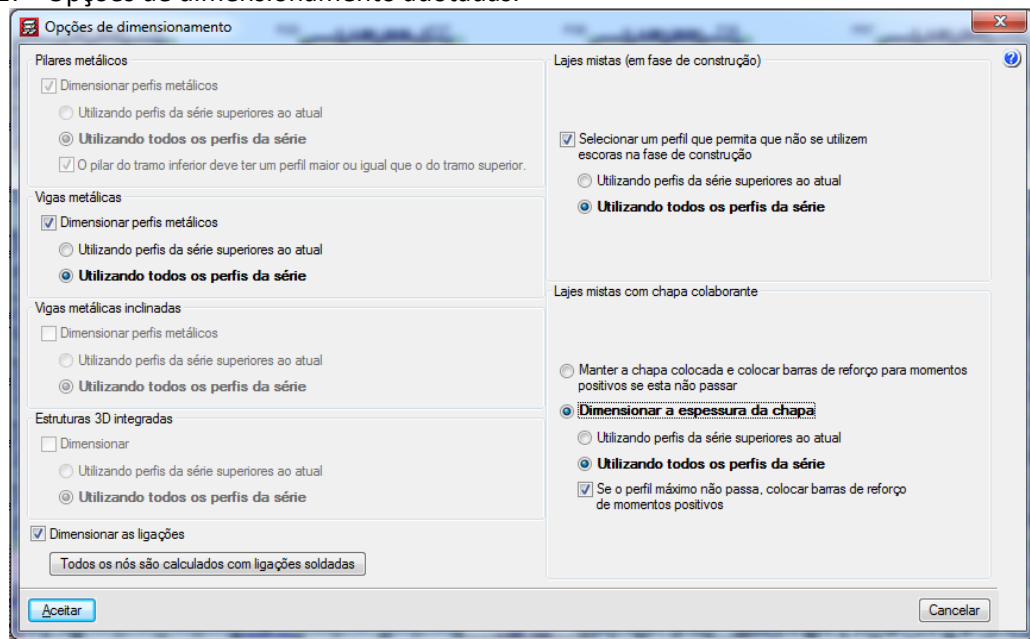


Fonte: Autor

3.3.4 Dimensionamento da estrutura com laje mista pelo CypeCAD

Para o dimensionamento da laje mista na fase de construção opta-se por dimensionar as chapas de maneira a eliminar o uso de escoramento, sendo escolhido a chapa que consiga atender essa necessidade. E para a fase de utilização, adota-se dimensionar a espessura da chapa dos perfis adotados, e caso necessário acrescentar barras de reforço para os momentos positivos, conforme Figura 27.

Figura 27 - Opções de dimensionamento adotadas.



Fonte: Autor

3.4 Composição dos preços unitários

De posse dos quantitativos, gerados na etapa de dimensionamento da laje mista com fôrma de aço incorporado e os levantados no projeto estrutural com laje maciça convencional é então verificado seus custos.

Para verificação dos custos buscou-se em base de dados bastante difundidas e usadas, foram elas: Tabela de Composição de Preços para Orçamento— TCPO, 13ª edição da editora PINI e o banco de dados do Orçamento de Obras de Sergipe - ORSE. Adotou-se como base principal a TCPO, por se tratar de uma base de dados muito difundida e usada no meio da construção civil, em que a PINI é uma empresa renomada, responsável pelas

composições, o que traz uma grande segurança para os resultados obtidos no trabalho. Buscou-se nessas bases de dados as composições para todos os serviços necessários para o uso de cada modelo de sistema estrutural.

De posse das composições, foi feito o levantamento de preço, no mercado local, de todos os insumos necessários. Os que não foram possíveis encontrar, cotou-se em regiões próximas e levou-se em consideração o custo do frete, para a cidade de Barreiras – Bahia. A data-base adotada para os preços pesquisado é de SETEMBRO/2017.

3.5 Parâmetros a serem analisados

Para que se possa mensurar os resultados obtidos, serão considerados alguns parâmetros quantitativos e custos dos dois sistemas de lajes abordados no trabalho. Para isso serão analisados os seguintes parâmetros:

- a) Taxa de concreto (m^3/m^2): relação quantidade de concreto utilizado nas lajes por metro quadrado total de laje.

$$\text{Taxa de concreto} = \frac{V_c}{A_l}$$

Eq. 1

Onde:

V_c = Volume total de concreto usado nas lajes (m^3)

A_l = Área total das lajes (m^2)

- b) Taxa de mão de obra (h/m^2): relação entre a quantidade de horas de operários para executar da laje por metro quadrado total de laje.

$$\text{Taxa M.O} = \frac{h}{A_l}$$

Eq. 2

Onde:

h = Quantidade de horas necessárias para execução da laje (h)

A_l = Área total das lajes (m^2)

- c) Taxa custo (R\$/m²): relação entre o preço total para execução da laje por metro quadrado total de laje.

$$Taxa\ custo = \frac{P}{A_l}$$

Eq.3

Onde:

P = Preço total para execução da laje (R\$)

A_l = Área total das lajes (m²)

- d) Taxa resíduo (m³/m²): relação entre a quantidade de resíduo gerado na execução da laje por metro quadrado total de laje.

$$Taxa\ resíduo = \frac{R}{A_l}$$
$$Taxa\ resíduo = \frac{R}{A_l}$$

Eq.4

Onde:

R = Quantidade de resíduos (m³)

A_l = Área total das lajes (m²)

Além das taxas apresentadas anteriormente serão comparados o custo total do uso de cada sistema de laje.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após todas as etapas de lançamento, dimensionamento e levantamento dos sistemas estruturais com auxílio do software utilizado, passa-se à fase de análise dos resultados gerados anteriormente. Através da análise e comparação dos resultados obtidos, será determinado o tipo de sistema mais vantajoso a ser adotado neste estudo

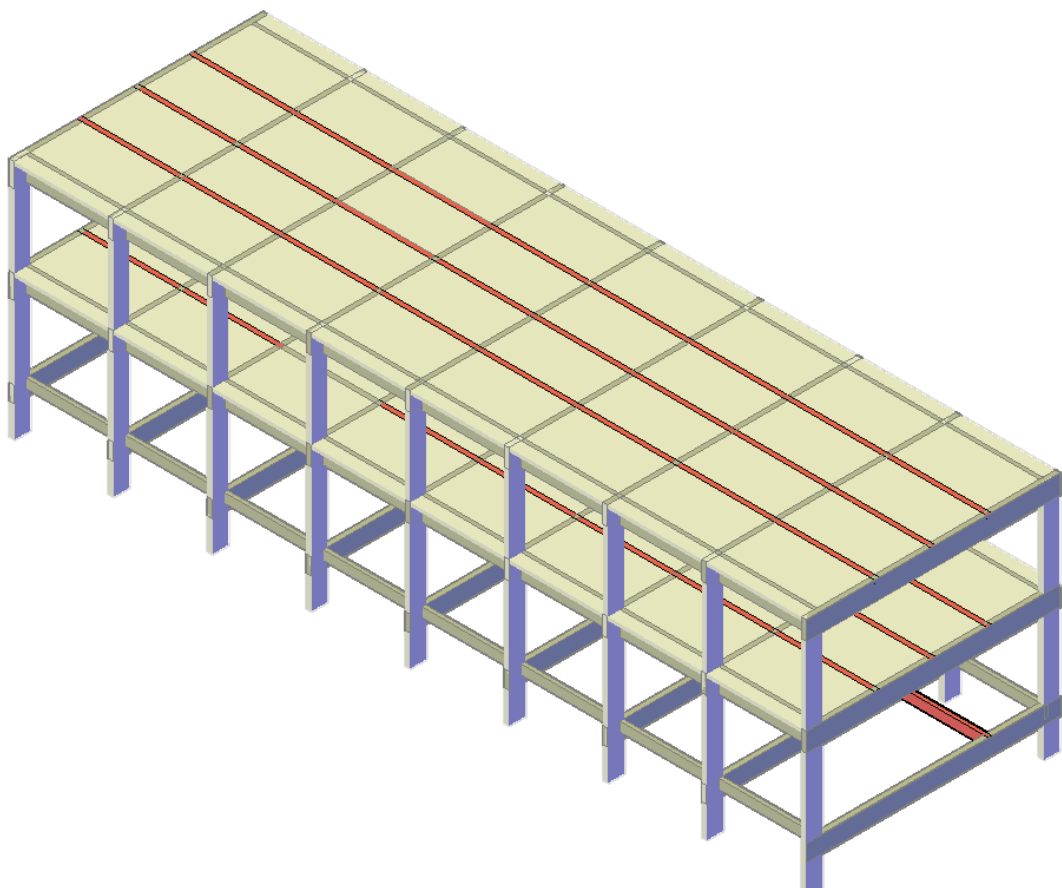
de caso. São apresentados, então, os resultados quantitativos de material, mão de obra e custo de cada sistema estrutural.

Como o projeto estrutural utilizando a laje maciça convencional já estava pronto, foi levantado o quantitativo de material necessário, a partir desse projeto. O quantitativo da laje steel deck foi adquirido após lançamento e dimensionamento com auxílio do programa.

4.1 Resultados da estrutura com laje steel deck

Podemos ver na Figura 28, uma visualização tridimensional do sistema estrutural empregado na laje steel deck. Os elementos estruturais são diferenciados pelas cores, e não está contemplada na estrutura a fundação que, como dito anteriormente, foge do escopo do trabalho em estudo.

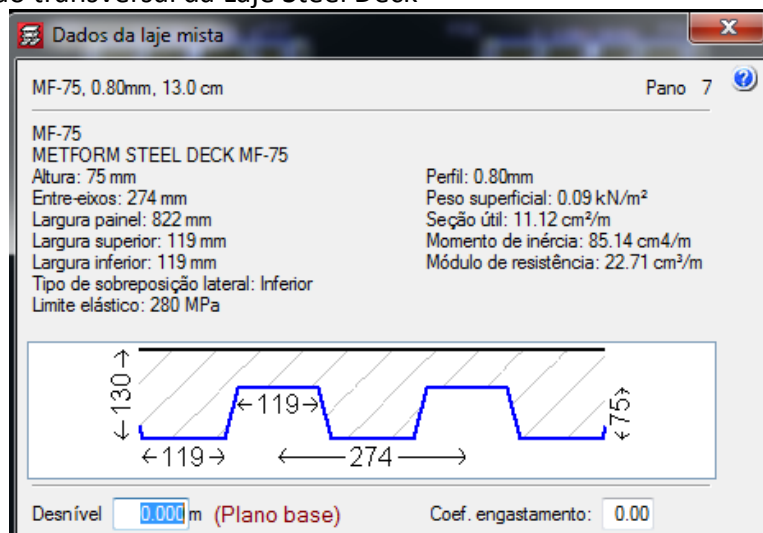
Figura 28 - Vista 3D da estrutura do edifício



Fonte: Autor

A espessura da laje steel deck de todo o Pavilhão de Aulas II foi de 13 cm, conforme Figura 29 que apresenta um corte com a seção transversal da laje. Quanto a espessura média de concreto, a laje steel deck teve um valor de 9 cm, aproximadamente.

Figura 29 - Seção transversal da Laje Steel Deck

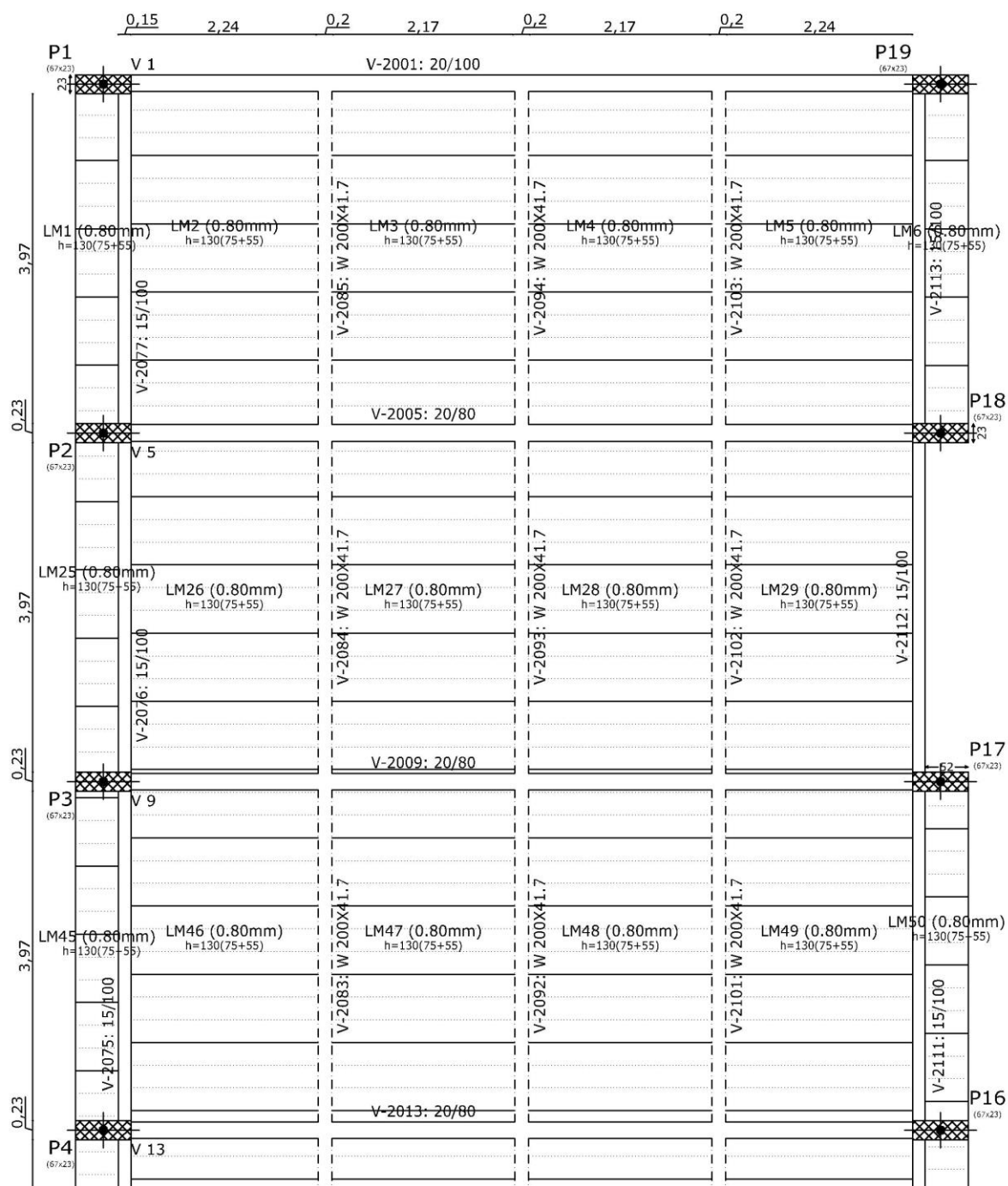


Fonte: Autor

A Figura 30, apresentada parte da planta de fôrma gerada pelo programa que, na sua grande maioria, as fôrmas dimensionadas foram a MF-75 de 0,80mm. Para trechos com vãos maiores entre as vigas, de aproximadamente 3,10 metros, como por exemplo o corredor dos blocos E e F, foi necessário o uso das formas MF-75 de 0,95mm e 1,25mm.

Para as vigas metálicas secundárias, adotou-se os perfis da GERDAU, por haver uma distribuidora na cidade de Barreiras. Na Figura 30, pode-se notar ainda, que após o dimensionamento o perfil para a viga metálica secundária adotada para diminuir os vãos da estrutura, buscando trabalhar com vãos mais econômico, foi o W 200X47,1. É importante salientar, que durante o dimensionamento optou-se por trabalhar com vão menores, para evitar o uso de escoramento para a laje steel deck, sendo assim as lajes autoportantes.

Figura 30 - Parte da planta de fôrma do Bloco A



Fonte: Autor

Com o dimensionamento final da laje steel deck e todas as demais verificações, apresentamos na Tabela 2, o quantitativo de fôrma de aço incorporado que será necessário na execução da laje steel deck. É possível perceber que a fôrma MF-75 0,80mm corresponde a aproximadamente 82% das fôrmas utilizadas.

Tabela 2 - Quantidade de fôrma METFORM para laje steel deck.

Modelo da Fôrma Metform	Quant.(m²)
MF-75 0,80mm	3.299,75
MF-75 0,95mm	76,97
MF-75 1,25mm	666,55
TOTAL	4043,27

Fonte: Autor

Na Tabela 3, são apresentados os demais itens do quantitativo da laje steel deck.

Tabela 3 - Quantitativo de serviços para laje steel deck.

Material ou serviços	Quant.
Barra de aço CA-50, diâmetro = 6.3mm (kg)	971,60
Tela de aços CA-60 soldada tipo Q75(kg)	4.245,43
Concreto usinado 25 MPa (m ³)	374,00
Perfil metálico GERDAU W200 X 47.1 (m)	870,00

Fonte: Autor

4.2 Resultados da estrutura com laje maciça de concreto armado

De posse de todos os projetos estruturais do Pavilhão de Aulas II, foi feito todo o levantamento quantitativo da área de fôrma, de aço e o volume de concreto necessário para a execução da laje maciça de concreto armado. Analisando o projeto observou-se que as lajes maciças tinham uma espessura padrão de 11 cm.

Na Tabela 4, é apresentando o levantamento quantitativo dos serviços necessários para a execução da laje maciça de concreto armado.

Tabela 4 - Quantitativo de serviços para laje maciça de concreto armado

Material ou serviços	Quant.
Área de fôrma (m ²)	4.043,27
Barra de aço CA-50, diâmetro = 6.3mm (kg)	9.910,5
Barra de aço CA-50, diâmetro = 8.0mm (kg)	14.485,2
Barra de aço CA-50, diâmetro = 10.0mm (kg)	158,4
Concreto usinado 25 MPa (m ³)	444,76

Fonte: Autor

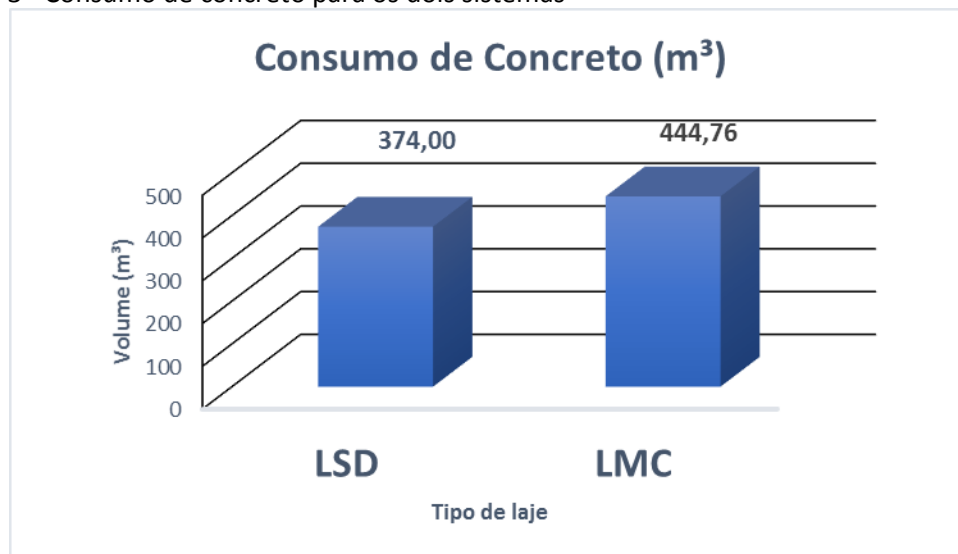
4.3 Comparação dos materiais

Com a apresentação dos resultados gerados para os dois sistemas estruturais, dar-se-á sequência das etapas com as análises comparativas desses resultados entre os sistemas. Nos subitens que se seguem, é apresentada a análise realizada.

4.3.1 Consumo de concreto

A análise dos dois sistemas estruturais, considerando o que apresentará um menor consumo de concreto, possibilitará, dentre outras análises, identificar qual sistema estrutural acarretará o menor peso próprio da estrutura. Com base nas Tabelas 3 e 4, foi confeccionado o Gráfico 3, correspondente ao consumo de concreto de cada estrutura.

Gráfico 3 - Consumo de concreto para os dois sistemas



Fonte: Autor

Através dos dados do Gráfico 3, nota-se uma diferença no consumo do concreto. Enquanto na laje maciça convencional (LMC) o consumo de concreto foi de 444,76m³, na laje steel deck esse consumo chegou a 374m³, ocasionando uma redução de 70,76m³, chegando a aproximadamente 16% menos concreto do que o utilizado na LMC.

Pode-se notar que, com a mudança do sistema de laje maciça convencional (LMC) para o sistema com laje steel deck (LSD), nesse estudo de caso do Pavilhão de Aulas II,

haverá essa redução de concreto na execução das lajes que, conseqüentemente, ocasionará um menor carregamento das vigas, pilares e fundação. Esse efeito cascata poderá ocasionar em um menor consumo de concreto também nos demais elementos, de forma que a estrutura com laje steel deck tenha um menor peso próprio comparado à laje maciça convencional.

Essa redução no volume de concreto, considerando o peso específico do concreto armado 25KN/m^3 , obtemos uma redução no peso próprio da estrutura de 1.769 KN, equivalente a 176,9 toneladas. Mesmo considerando o carregamento acrescentado pelos perfis metálicos, temos que a laje steel deck, trará uma redução de 135,9 toneladas no peso próprio da estrutura.

Essa redução no consumo de concreto se deve, principalmente, ao formato das fôrmas steel deck, que contribui consideravelmente para um melhor aproveitamento estrutural.

4.3.2 Mão de obra

Observar a mão de obra necessária para a execução dos dois sistemas estruturais, será importante, pois, através desta análise, será possível inferir qual serviço terá um tempo de execução menor.

Com base na planilha de serviços de cada sistema estrutural adotado e com os coeficientes das composições dos serviços apresentados no subitem 4.4, levantou-se a quantidade de mão de obra necessária para cada serviço.

Na Tabela 5 é apresentado o levantamento dessa mão de obra por serviço para a laje maciça convencional (LMC), de forma que, em cada serviço, está discriminada a quantidade de mão de obra em horas e o profissional necessário. Ao final, tem-se um total de mão de obra por profissional e um total para execução da LMC.

Já na Tabela 6, é apresentado o levantamento para execução da laje steel deck que, assim como a Tabela 5, tem-se a mão de obra separada por serviço e por profissional e, no final, a totalização da mão de obra.

Tabela 5 - Mão de obra necessária para execução dos serviços para laje maciça convencional.

SERVIÇO	UNID	QUANT.	AJUDANTE	PEDREIRO	CARPINTEIRO	ARMADOR
Fabricação de fôrma para LAJE, com chapa de madeira compensada plastificada, e = 18 mm	m ²	2021,64	606,49	-	2.425,96	-
MONTAGEM de fôrma pré-fabricada, com chapa de madeira compensada plastificada, e = 18 mm, para lajes	m ²	4043,27	299,20	-	1.200,85	-
DESMONTAGEM de fôrma pré-fabricada, com chapa de madeira compensada plastificada, e = 18 mm, para lajes	m ²	4043,27	129,38	-	513,50	-
ARMADURA de aço para estrutura em geral, CA-50, diâmetro 6.3 mm, corte e dobra na obra	kg	9910,50	792,84	-	-	792,84
ARMADURA de aço para estrutura em geral, CA-50, diâmetro 8.0 mm, corte e dobra na obra	kg	14485,20	1.158,82	-	-	1.158,82
ARMADURA de aço para estrutura em geral, CA-50, diâmetro 10.0 mm, corte e dobra na obra	kg	158,40	9,50	-	-	9,50
CONCRETO estrutural dosado em central, fck 25 MPa	m ³	444,76		-	-	-
ESCORAMENTO METÁLICO para lajes	m ²	2628,13	525,63	-	-	-
TRANSPORTE, lançamento, adensamento e acabamento do concreto estrutural	m ³	444,76	720,51	720,51		
SUB-TOTAL (h)			4.242,37	720,51	4.140,31	1.961,16
TOTAL M.O (h)			11.064,35			

Fonte: Autor

Tabela 6 - Mão de obra necessária para execução dos serviços para laje steel deck

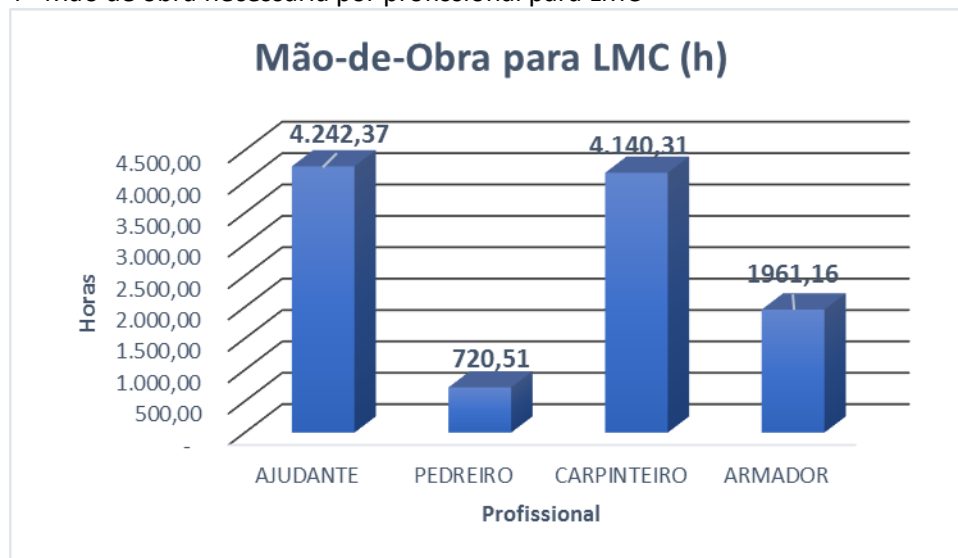
SERVIÇO	UNID	QUANT.	AJUDANTE	PEDREIRO	ARMADOR	MONTADOR	SERRALHEIRO
LAJE PRÉ-FABRICAÇÃO STEEL DECK com chapa metálica MF-75, e= 0.80mm com capa de concreto FCK=25MPa, h=13cm	m²	3299,75	2.804,79	2.243,83	-	560,96	-
LAJE PRÉ-FABRICAÇÃO STEEL DECK com chapa metálica MF-75, e= 0.95mm com capa de concreto FCK=25MPa, h=13cm	m²	76,97	67,73	52,34	-	15,39	-
LAJE PRÉ-FABRICAÇÃO STEEL DECK com chapa metálica MF-75, e= 1.25mm com capa de concreto FCK=25MPa, h=13cm	m²	666,55	619,89	453,25	-	166,64	-
ARMADURA de aço para estrutura em geral, CA-50, diâmetro 6.3mm, corte e dobra na obra	kg	971,60	77,73	-	77,73	-	-
PERFIL de aço W 200X47,1	kg	40977,00	532,70	-	-	-	532,70
SUB-TOTAL (h)			4.102,84	2.749,42	77,73	742,99	532,70
TOTAL M.O (h)			8.205,68				

Fonte: Autor

4.3.3 Mão de obra para laje maciça convencional (LMC)

Utilizando-se dos dados fornecidos pela Tabela 5, foi elaborado o Gráfico 4. Analisando o gráfico, podemos observar que o ajudante é o profissional mais utilizado para execução da laje maciça convencional (LMC), seguido por carpinteiro, armador e, por último, o pedreiro.

Gráfico 4 - Mão de obra necessária por profissional para LMC

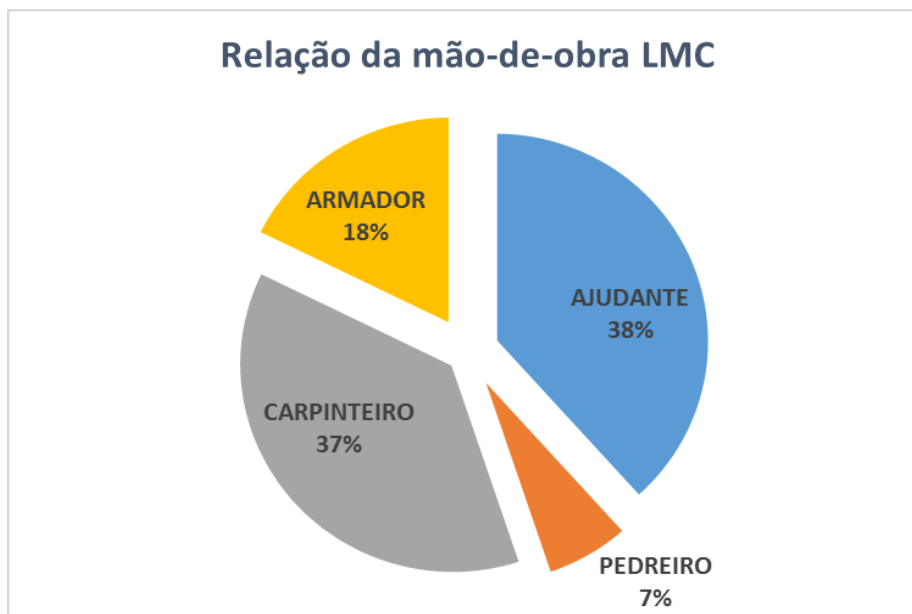


Fonte: Autor

Essa quantidade de 4.242,37 horas de ajudante ocorre pelo fato de todos os outros operários necessitarem de um ajudante na execução dos serviços, não sendo nessa quantidade discriminado o ajudante por profissional (ex.: ajudante carpinteiro, ajudante armador, etc.). Dos profissionais qualificados, o que é mais exigido para a execução da laje maciça convencional é o carpinteiro, com 4.140,31 horas. Isto é algo já esperado, tendo em vista, que este sistema trabalha com fôrmas de madeira que precisam ser fabricadas, montadas e desmontadas. O armador é o segundo profissional qualificado mais utilizado, devido a necessidade de montagem da armadura positiva e negativa da LMC.

No Gráfico 5, é apresentada a porcentagem que a mão de obra de cada profissional representa, na quantidade de horas total para execução do serviço.

Gráfico 5 - Relação da mão de obra para LMC

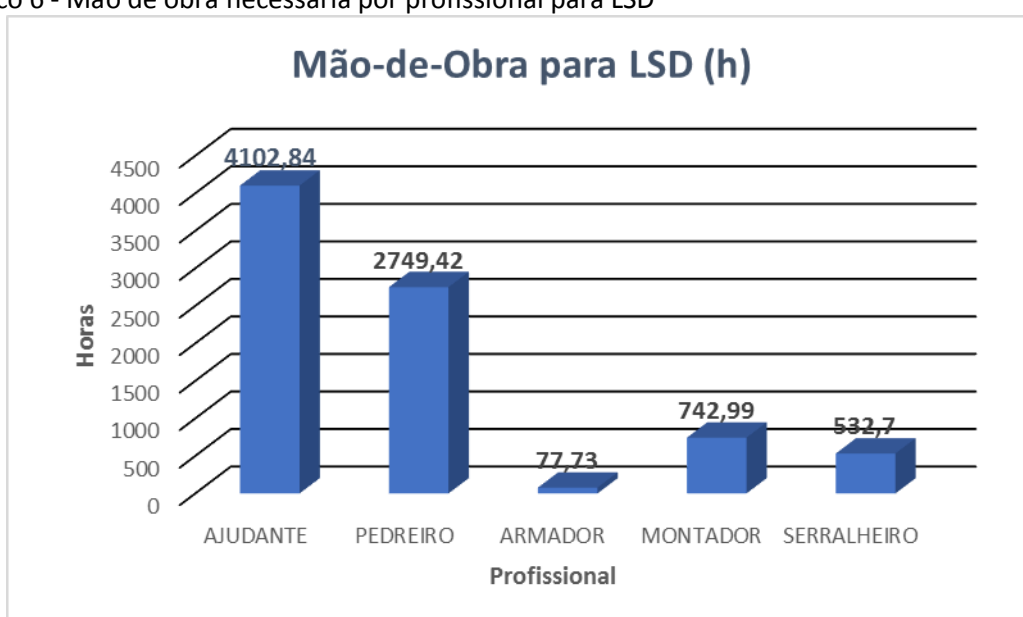


Fonte: Autor

4.3.4 Mão de obra para laje steel deck (LSD)

Utilizando-se dos dados fornecidos pela Tabela 6, foi elaborado o Gráfico 6. Analisando-o, podemos observar que o ajudante é o profissional mais utilizado para execução da laje steel deck (LSD), seguido por pedreiro, montador, serralheiro e, por último, o armador.

Gráfico 6 - Mão de obra necessária por profissional para LSD



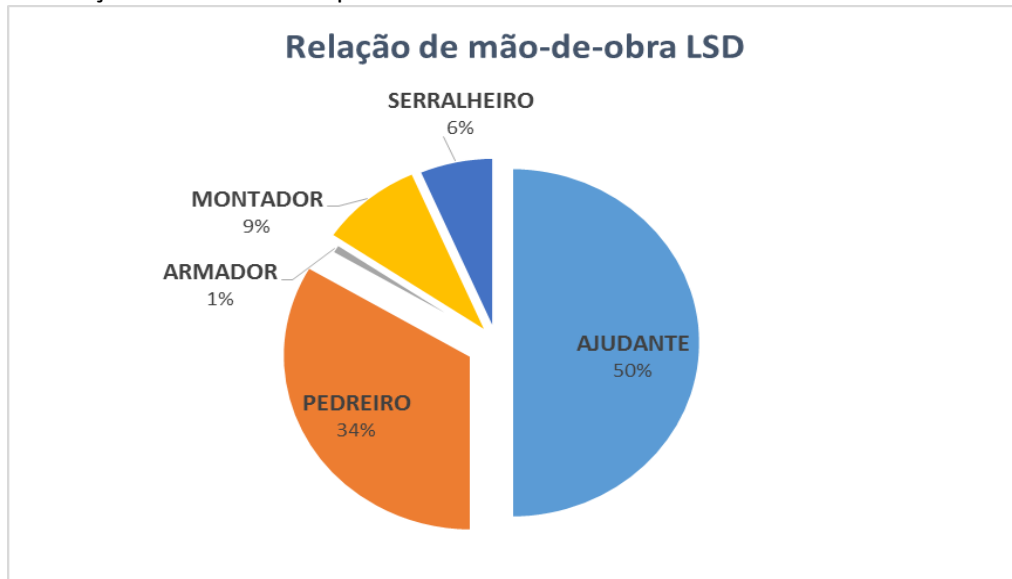
Fonte: Autor

Novamente, o ajudante é o profissional mais exigido, com um total de 4.102,84 horas. Assim como na laje maciça convencional, não foi discriminado ajudante específico por profissional e, por ser necessário em todos os serviços, é justificável a quantidade maior de horas do que os demais. O pedreiro é o operário qualificado mais utilizado para execução da laje steel deck (LSD), com 2.749,42 horas. Observa-se que, pelas composições da laje steel deck fornecidas pela TCPO 13, ele é bastante exigido na execução da laje, sendo ele o responsável pela concretagem, transporte, lançamento e adensamento do concreto, por colocar a tela Q75 durante a concretagem e uma eventual necessidade para montagem da LSD. Outro fator relevante para essa quantidade maior de mão de obra do pedreiro, é que a concretagem da laje steel deck precisa ser feita com mais cautela, evitando o empoçamento de concreto na forma, e isto acabada demandando um maior tempo. O montador, com 742,99 horas, é o profissional qualificado responsável pela montagem das fôrmas de aço incorporado.

O serviço de montagem da fôrma de aço incorporado é um serviço de rápida execução, já que todo o apoio para a fôrma já estará pronto. O serralheiro, com 532,7 horas, será responsável pela fixação dos perfis metálicos W200X47,1 utilizados para diminuição dos vãos, conforme abordado no subitem 3.3. Por fim, o armador, será um profissional pouco requisitado, com apenas 77,73 horas. Isso ocorre porque, com o uso da fôrma de aço incorporado, não foi necessário o uso de armadura positiva na laje steel deck e, com a diminuição dos vãos, há também uma redução de armadura negativa.

No Gráfico 7 é apresentada a porcentagem que a mão de obra de cada profissional representa na quantidade de horas total para execução do serviço.

Gráfico 7 - Relação da mão de obra para LSD

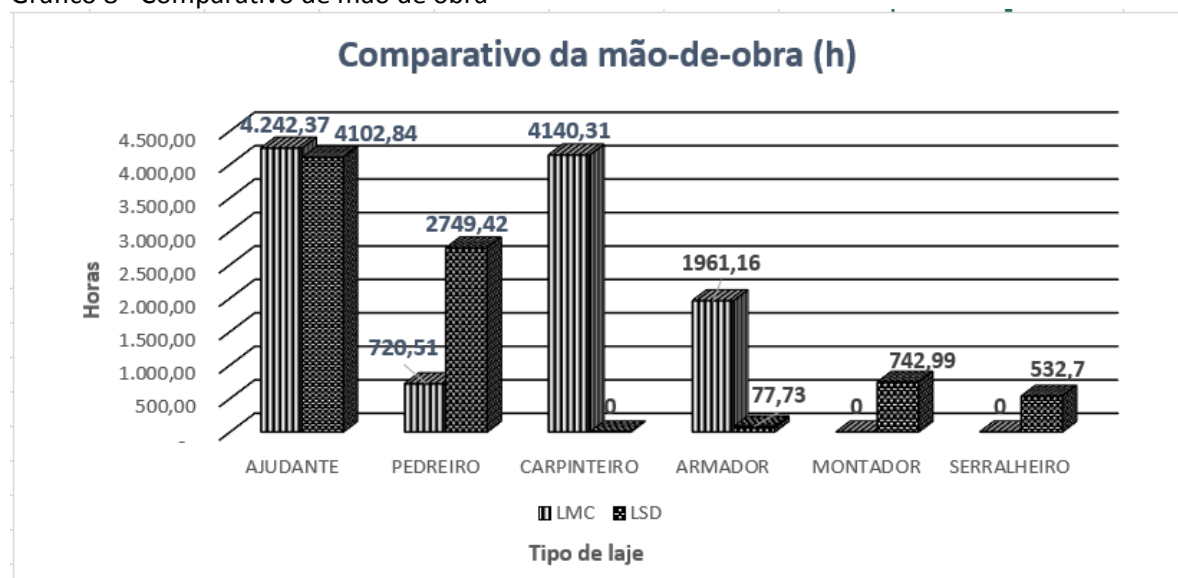


Fonte: Autor

4.3.5 Comparativo da mão de obra entre laje maciça convencional e laje steel deck.

Usando os dados das Tabela 5 e Tabela 6 para melhor visualização e comparação da mão de obra necessária para execução da laje maciça convencional e laje steel deck, elaborou-se o Gráfico 8.

Gráfico 8 - Comparativo de mão de obra



Fonte: Autor

Analisando o Gráfico 8, é possível notar que, tanto na laje maciça convencional (LMC) como na laje steel deck (LSD), o ajudante foi o profissional mais requisitado, sendo que na LSD houve uma pequena redução na mão de obra do profissional, no valor de 139,53 horas. Houve um aumento significativo na mão de obra do pedreiro da LMC, de acordo a Tabela 6, esse aumento se deu no serviço de montagem e concretagem da LSD.

Na laje maciça convencional, é sabido dizer que o carpinteiro é um profissional de extrema importância, pois, como afirmado anteriormente, o volume de madeira nesse sistema é grande. Porém, no uso da laje steel deck, nota-se que não houve a necessidade da mão de obra desse profissional.

Uma das vantagens da laje steel deck se dá pelo fato de sua fôrma, após a cura do concreto, servir como armadura para combater o momento positivo da laje, ocasionando em uma redução no consumo de aço. Pode ser visto no Gráfico 8 a influência na mão de obra do armador, pois, com essa redução da armadura, reduziu-se também a mão de obra do profissional responsável. Podemos observar que houve uma queda drástica na mão de obra do armador, em torno de 1.883,43 horas, aproximadamente 96,04%.

Para a laje steel deck, houve a necessidade de mais dois profissionais para execução do serviço: o montador e o serralheiro. O montador será responsável pela montagem das fôrmas de aço incorporado, enquanto o serralheiro será responsável pela instalação das vigas secundárias em perfil W200x47,1.

Tabela 7 - Diferença no quantitativo de mão de obra

Tipo de laje	Mão de obra(h)
Laje maciça de concreto	11.064,35
Laje steel deck	8.205,68
Diferença	2.858,67

Fonte: Autor

No quantitativo total de mão de obra, se analisarmos a sua diferença apresentada na Tabela 7, podemos ver que há uma redução de 2.858,67 horas na mão de obra da laje maciça convencional para a laje steel deck. Isso equivale a uma redução de aproximadamente 25,84%. Logo, pode-se admitir com isso, que, com a redução da mão de obra, temos também a redução do tempo de execução da obra, sendo assim, a laje steel deck trará um ganho de tempo na execução, algo que já era esperado, conforme o referencial teórico abordou.

Um outro fator a ser analisado é a redução dos custos com a diminuição de mão de obra. Este levantamento de custo da mão de obra é apresentado na Tabela 8, que é possível notar que a laje steel deck proporcionará uma redução no custo da mão de obra de R\$ 39.725,28. A redução nos custos da mão de obra vai além desse valor, pois se for considerado que haverá redução de operários na obra, pode-se afirmar que haverá uma redução na quantidade de rescisões de contratos, reduzindo assim valores pagos por rescisão dos mesmos. Esses valores dependendo do porte da obra, podem ser valores consideráveis no custo final da obra.

Tabela 8 - Custo da mão de obra por tipo de laje

Tipo de Laje	Operário Qualificado	Servente Comum	Subtotal
Laje maciça de concreto	R\$ 96.735,68	R\$ 35.508,64	R\$ 132.244,32
Laje steel deck	R\$ 58.178,27	R\$ 34.340,77	R\$ 92.519,04
		Diferença	R\$ 39.725,28

Fonte: Autor

4.4 Composição de custo unitário

Para fazer a comparação dos custos de execução de cada sistema estrutural estudado, faz-se necessário a obtenção das composições analíticas de cada serviço para execução da laje maciça convencional e para laje steel deck. Assim, lançou-se mão da TCPO 13, da empresa PINI, por ser uma Tabela de Composição de Preço reconhecida no mercado da construção civil nacional, para inferir as composições com seus respectivos coeficientes de insumo para cada serviço. Buscou-se no mercado local os preços dos insumos necessários, apresentados no APÊNDICE A. Para os insumos não encontrados em Barreiras, como as fôrmas de aço incorporado, cotados em outra praça, consideraram-se em seu preço o valor do frete.

4.4.1 Custo da mão de obra

Para o valor de mão de obra, adotou-se a Convenção Coletiva do Sindicato dos Trabalhadores Empregados na Indústria da Construção Civil, Mobiliária, Madeira e Assemelhados do Oeste da Bahia – SINDIOESTE, para o ano de 2017.

Para os operários qualificados (pedreiro, carpinteiro, armador, serralheiro e montador) ficou consolidado o salário mensal de R\$ 1.642,70 e, para servente comum, o salário mensal é de R\$ 970,10. Adota-se para, cálculo do custo da hora, que o profissional trabalha 220 horas por mês. Foi considerado, para os encargos sociais incidentes sobre a mão de obra, o valor de 89,86%, conforme planilha SINAPI para trabalhadores horista. Na Tabela 9, é apresentado o resumo do valor da hora com encargos sociais adotado nas composições e presente na relação de preços e insumos no APÊNDICE A.

Tabela 9 - Custo do insumo mão de obra considerado nas composições

Profissional	Salário Mensal	Salário por Hora	Encargos Sociais	Salário por Hora c/ E.S
Ajudante	R\$ 970,10	R\$ 4,41	89,86 %	R\$ 8,37
Pedreiro	R\$ 1.642,70	R\$ 7,47	89,86 %	R\$ 14,18
Carpinteiro	R\$ 1.642,70	R\$ 7,47	89,86 %	R\$ 14,18
Armador	R\$ 1.642,70	R\$ 7,47	89,86 %	R\$ 14,18
Montador	R\$ 1.642,70	R\$ 7,47	89,86 %	R\$ 14,18
Serralheiro	R\$ 1.642,70	R\$ 7,47	89,86 %	R\$ 14,18

Fonte: Autor

4.4.2 Composição para o concreto

A composição do serviço para concretagem está descrita nos Quadro 1 e Quadro 2. Para a composição do concreto, usou-se o concreto com resistência de 25 MPa, conforme solicitação de projeto e, no valor do insumo, não está sendo contemplado o uso da bomba de concreto. Foi considerada a composição de transporte, lançamento e adensamento do Quadro 2, para ser utilizada na laje maciça convencional, não sendo necessário o seu uso na laje steel deck, pois o serviço de concretagem já está incluso na composição do seu serviço.

Quadro 1 - Composição concreto estrutural, fck 25MPa

CODIGO TCPO	DESCRIÇÃO				UNID
03310.8.2.43	CONCRETO estrutural dosado em central, fck 25 MPa				m³
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANT	CUSTO UNITÁRIO	TOTAL
1	Concreto dosado em central convencional brita 1 e 2	m³	1,05	R\$ 300,00	R\$315,00
Fonte: Autor				CUSTO TOTAL	R\$315,00

Quadro 2 - Composição para transporte, lançamento, adensamento do concreto

CODIGO TCPO	DESCRIÇÃO				UNID
03310.8.13.1	TRANSPORTE, lançamento, adensamento e acabamento do concreto estrutural				m³
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANT	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Pedreiro	h	1,62	R\$ 14,18	R\$22,97
2	Ajudante	h	1,62	R\$ 8,37	R\$13,56
3	Vibrador de imersão, elétrico, potência 1 HP	h	0,2	R\$ 3,13	R\$0,63
Fonte: Autor				CUSTO TOTAL	R\$ 37,15

4.4.3 Composição para Aço

Para quantificação dos custos referente a montagem de armadura, usou-se as composições presentes do Quadro 3 ao Quadro 5. Nela nota-se a necessidade de itens como espaçador e arame recozido.

Quadro 3 - Composição armadura de aço para estrutura em geral, CA-50, diâmetro 6.3

CODIGO TCPO	DESCRIÇÃO				UNID
03210.8.1.3	ARMADURA de aço para estrutura em geral, CA-50, diâmetro 6.3, corte e dobra na obra				kg
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANT	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Ajudante de armador	h	0,08	R\$ 8,37	R\$ 0,67
2	Armador	h	0,08	R\$ 14,18	R\$ 1,13
3	Espaçador circular de plástico para pilares, fundo e laterais de vigas, laje	un	11,4	R\$0,19	R\$ 2,13
4	Barra de aço CA-50 1/4" (bitola:6,30mm/ massa linear: 0,248kg/m)	kg	1,10	R\$4,17	R\$ 4,59
5	Arame recozido 18 BWG	kg	0,02	R\$ 6,83	R\$ 0,14
Fonte: Autor				CUSTO TOTAL	R\$ 8,66

Quadro 4 - Composição armadura de aço para estrutura em geral, CA-50, diâmetro 8.0

CODIGO TCPO	DESCRIÇÃO				UNID
03210.8.1.3	ARMADURA de aço para estrutura em geral, CA-50, diâmetro 8.0, corte e dobra na obra				kg
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANT	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Ajudante de armador	h	0,08	R\$ 8,37	R\$ 0,67
2	Armador	h	0,08	R\$ 14,18	R\$ 1,13
3	Espaçador circular de plástico para pilares, fundo e laterias de vigas, laje	un	11,4	R\$ 0,19	R\$ 2,13
4	Barra de aço CA-50 5/16" (bitola:8,00mm/ massa linear: 0,395kg/m)	kg	1,10	R\$ 4,20	R\$ 4,62
5	Arame recozido 18 BWG	kg	0,02	R\$ 6,83	R\$ 0,14
Fonte: Autor				CUSTO TOTAL	R\$ 8,69

Quadro 5 - Composição armadura de aço para estrutura em geral, CA-50, diâmetro 10.0

CODIGO TCPO	DESCRIÇÃO				UNID
03210.8.1.3	ARMADURA de aço para estrutura em geral, CA-50, diâmetro 10.0, corte e dobra na obra				kg
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANT	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Ajudante de armador	h	0,06	R\$ 8,37	R\$ 0,50
2	Armador	h	0,06	R\$ 14,18	R\$ 0,85
3	Espaçador circular de plástico para pilares, fundo e laterias de vigas, laje	um	11,4	R\$ 0,19	R\$ 2,13
4	Barra de aço CA-50 3/8" (bitola:10,00mm/ massa linear: 0,617kg/m)	kg	1,10	R\$ 3,78	R\$ 4,16
5	Arame recozido 18 BWG	kg	0,02	R\$ 6,83	R\$ 0,14
Fonte: Autor				CUSTO TOTAL	R\$ 7,78

4.4.4 Composição para Fôrma da laje maciça convencional.

Como foram usadas para esse trabalho as composições fornecidas pela TCPO 13ª edição, verificou-se que era necessário, usar um conjunto de composições para o levantamento de custos para execução da fôrma de madeira. Sendo necessário adotar composições para a fabricação de fôrma, montagem, desmontagem e escoramento.

No Quadro 6, é apresentada a composição para fabricação das fôrmas, com um valor de R\$ 112,49/m².

Quadro 6 - Composição para fabricação de fôrma para laje

CODIGO TCPO	DESCRIÇÃO	UNID			
03110.8.41.1	Fabricação de fôrma para LAJE, com chapa de madeira compensada plastificada, e = 18 mm	m²			
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANT	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Ajudante de carpinteiro	h	0,3	R\$ 8,37	R\$ 2,51
2	Carpinteiro	h	1,2	R\$ 14,18	R\$ 17,01
3	Chapa compensada plastificada (espessura 18 mm)	m²	1,25	R\$ 47,93	R\$ 59,92
4	Pontaleta 3"x3" (75mmx75mm)	m	2,6	R\$ 9,30	R\$ 24,18
5	Tábua 1"x 8"	m	1,3	R\$ 6,83	R\$ 8,87
Fonte: Autor			CUSTO TOTAL		R\$ 112,49

Para montagem e desmontagem das fôrmas, adotou-se respectivamente a composição do Quadro 7 e Quadro 8. Observa-se que nessas composições o insumo de maior relevância é a mão de obra, tendo de diferente apenas o desmoldante para aplicar nas fôrmas e os pregos para fixa-las. Isso ocorre devido as fôrmas serem fabricadas previamente.

Quadro 7 - Composição para montagem de fôrma pré-fabricada

CODIGO	DESCRIÇÃO	UNID			
03110.8.39.3	MONTAGEM de fôrma pré-fabricada, com chapa de madeira compensada plastificada, e = 18 mm, para lajes	m²			
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANT	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Ajudante de carpinteiro	h	0,074	R\$ 8,37	R\$ 0,62
2	Carpinteiro	h	0,297	R\$ 14,18	R\$ 4,21
3	Desmoldante de fôrma para concreto	l	0,02	R\$ 10,56	R\$ 0,21
4	Prego 15x15 com cabeça	kg	0,02	R\$ 5,85	R\$ 0,12
Fonte: Autor			CUSTO TOTAL		R\$ 5,16

Quadro 8 - Composição para desmontagem de fôrma pré-fabricada

CODIGO TCPO	DESCRIÇÃO	UNID			
03110.8.40.3	DESMONTAGEM de fôrma pré-fabricada, com chapa de madeira compensada plastificada, e = 18 mm, para lajes	m²			
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANT	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Ajudante de carpinteiro	h	0,032	R\$ 8,37	R\$ 0,27
2	Carpinteiro	h	0,127	R\$ 14,18	R\$ 1,80
Fonte: Autor			CUSTO TOTAL		R\$ 2,07

No Quadro 9, é apresentado a composição para o serviço de escoramento de laje. Foi considerada nessa composição escoras metálicas alugadas, sendo a escora o valor mais alto na composição.

Quadro 9 - Composição para escoramento metálico para lajes

CODIGO	DESCRIÇÃO				UNID
03110.8.40.3	ESCORAMENTO METÁLICO para lajes				m²
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANT	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Ajudante de carpinteiro	h	0,2	R\$ 8,37	R\$ 1,67
2	Escora metálica	loc/ un /mês	0,85	R\$ 24,00	R\$ 20,40
3	Pontalete 3"x3" (75mmx75mm)	m	1,1	R\$ 9,30	R\$ 10,23
Fonte: Autor			CUSTO TOTAL		R\$ 32,30

4.4.5 Composição Perfil de Aço.

Para o perfil metálico, por não encontrar na TCPO 13 uma composição para o serviço, foi utilizado o ORSE para obter uma composição compatível com o serviço. No Quadro 10, é apresentado a composição adotada.

Quadro 10 - Composição para perfil de aço W 200X47,1

CODIGO ORSE	DESCRIÇÃO				UNID
11496	PERFIL de aço W 200X47,1				kg
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANT	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Serralheiro	h	0,013	R\$ 14,18	R\$ 0,18
2	Ajudante	h	0,013	R\$ 8,37	R\$ 0,11
3	Perfil de aço GERDAU W200X47,1	kg	1	R\$ 6,14	R\$ 6,14
Fonte: Autor			CUSTO TOTAL		R\$ 6,43

4.4.6 Composição das fôrmas para laje steel deck

Na composição das fôrmas para laje steel deck, assim como nos demais itens, foi usada a TCPO. Na edificação em análise, serão necessárias três espessuras de fôrma com 0,80 mm, 0,95mm e 1,25mm. A fôrma adotada na composição foi a MF-75, como a utilizada para o dimensionamento da estrutura, por motivos já explanados no subitem 3.3. Para o levantamento do custo unitário da fôrma de aço incorporado, por não

encontrar na cidade e pela fôrma adotada ser fabricada especificamente pela empresa METFORM, cotou-se com a empresa o custo da fôrma e com uma transportadora o valor do frete. Logo, no custo unitário relacionado a fôrma, já está considerado o custo do frete para a obra. No APÊNDICE B é apresentado o orçamento enviado pela empresa e o custo do frete.

As composições para laje steel deck estão sendo apresentadas nos Quadro 11, Quadro 12 e Quadro 13. É importante observar que a composição adotada já está considerando a mão de obra e insumos necessários também para a concretagem da laje, com transporte, lançamento e adensamento do concreto.

Quadro 11 - Composição para fôrma de laje steel deck com chapa metálica MF-75, e= 0.80mm

CODIGO TCPO	DESCRIÇÃO	UNID			
03415.8.6	LAJE PRÉ-FABRICAÇÃO STEEL DECK com chapa metálica MF-75, e= 0.80mm com capa de concreto FCK=25MPa, h=13cm	m²			
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANT	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Montador	h	0,17	R\$ 14,18	R\$ 2,41
2	Pedreiro	h	0,68	R\$ 14,18	R\$ 9,64
3	Ajudante	h	0,85	R\$ 8,37	R\$ 7,12
4	Telha Forma MF 75, #0,80mm, largura útil 820mm, confeccionado em aço ASTM A653 grau 40 (ZAR 280, tensão de escoamento de 280 MPa).	m²	1	R\$ 61,76	R\$ 61,76
5	Concreto Dosado em central 25 MPa	m³	0,0925	R\$ 300,00	R\$ 27,75
6	Tela de aço CA-60 soldada tipo Q75 (diâmetro do fio: 3,80 mm/ dimensões da trama: 150 x 150 mm/tipo da malha:quadrangular)	kg	1,05	R\$ 5,24	R\$ 5,50
Fonte: Autor			CUSTO TOTAL		R\$ 114,18

Quadro 12 - Composição para fôrma de laje steel deck com chapa metálica MF-75, e= 0.95mm

CODIGO TCPO	DESCRIÇÃO	UNID			
03415.8.6	LAJE PRÉ-FABRICAÇÃO STEEL DECK com chapa metálica MF-75, e= 0.95mm com capa de concreto FCK=25MPa, h=13cm	m²			
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANT	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Montador	h	0,2	R\$ 14,18	R\$ 2,84
2	Pedreiro	h	0,68	R\$ 14,18	R\$ 9,64
3	Ajudante	h	0,88	R\$ 8,37	R\$ 7,37
4	Telha Forma MF 75, #0,95mm, largura útil 820mm, confeccionado em aço ASTM A653 grau 40 (ZAR 280, tensão de escoamento de 280 MPa).	m²	1	R\$ 68,65	R\$ 68,65
5	Concreto Dosado em central 25 MPa	m³	0,0925	R\$ 300,00	R\$ 27,75
6	Tela de aço CA-60 soldada tipo Q75 (diâmetro do fio: 3,80 mm/ dimensões da trama: 150 x 150 mm/tipo da malha:quadrangular)	kg	1,05	R\$ 5,24	R\$ 5,50
Fonte: Autor				CUSTO TOTAL	R\$ 121,74

Quadro 13 - Composição para fôrma de laje steel deck com chapa metálica MF-75, e= 1.25mm

CODIGO TCPO	DESCRIÇÃO	UNID			
03415.8.6	LAJE PRÉ-FABRICAÇÃO STEEL DECK com chapa metálica MF-75, e= 1.25mm com capa de concreto FCK=25MPa, h=13cm	m²			
ITEM	DESCRIÇÃO	UND	QUANT	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Montador	h	0,25	R\$ 14,18	R\$ 3,54
2	Pedreiro	h	0,68	R\$ 14,18	R\$ 9,64
3	Ajudante	h	0,93	R\$ 8,37	R\$ 7,79
4	Telha Forma MF 75, #1,25mm, largura útil 820mm, confeccionado em aço ASTM A653 grau 40 (ZAR 280, tensão de escoamento de 280 MPa).	m²	1	R\$ 92,70	R\$ 92,70
5	Concreto Dosado em central 25 MPa	m³	0,0925	R\$ 300,00	R\$ 27,75
6	Tela de aço CA-60 soldada tipo Q75 (diâmetro do fio: 3,80 mm/ dimensões da trama: 150 x 150 mm/tipo da malha:quadrangular)	kg	1,05	R\$ 5,24	R\$ 5,50
Fonte: Autor				CUSTO TOTAL	R\$ 146,92

4.5 Obtenção e comparação dos custos finais

Um dos fatores mais importante na escolha de um sistema construtivo se baseia no custo e na economia que ele pode gerar. Desse modo, são apresentados nos subitens seguintes o custo para execução da laje maciça convencional e para a laje steel deck e a comparação dos mesmos.

4.5.1 Análise do custo final para laje maciça convencional

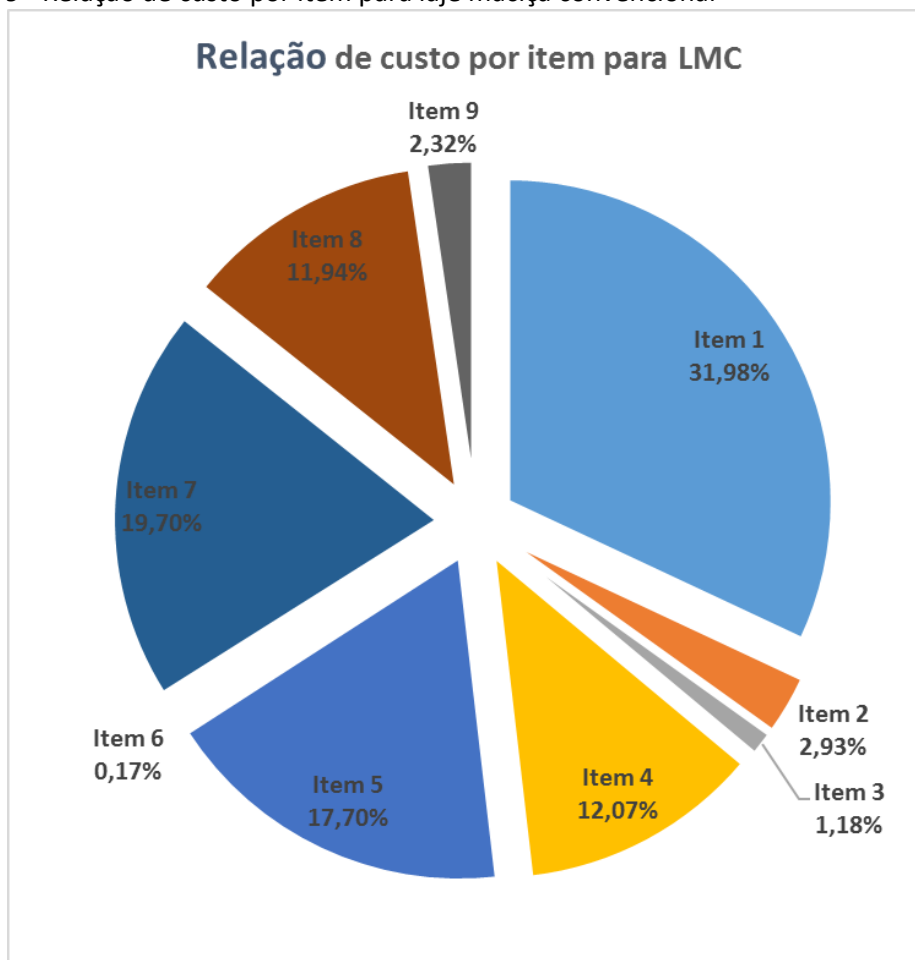
Para a execução da laje maciça convencional, é necessária uma série de serviços para que possa chegar ao resultado final. Todos esses serviços e seus custos foram levantados no subitem 4.4. Com o levantamento de quantitativo dos serviços necessários e de posse da composição dos serviços, montou-se o Quadro 14 que apresenta o orçamento final para execução da laje maciça convencional. No Gráfico 9 é apresentado a representação de cada item em porcentagem no valor final da LMC.

Quadro 14 - Orçamento para laje maciça convencional (LMC)

ITEM	SERVIÇO	UNID	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	Fabricação de fôrma para LAJE, com chapa de madeira compensada plastificada, e = 18 mm	m ²	2021,64	R\$ 112,49	R\$ 227.420,28
2	MONTAGEM de fôrma pré-fabricada, com chapa de madeira compensada plastificada, e = 18 mm, para lajes	m ²	4043,27	R\$ 5,16	R\$ 20.855,42
3	DESMONTAGEM de fôrma pré-fabricada, com chapa de madeira compensada plastificada, e = 18 mm, para lajes	m ²	4043,27	R\$ 2,07	R\$ 8.362,77
4	ARMADURA de aço para estrutura em geral, CA-50, diâmetro 6.3mm, corte e dobra na obra	kg	9910,50	R\$ 8,66	R\$ 85.795,17
5	ARMADURA de aço para estrutura em geral, CA-50, diâmetro 8.0mm, corte e dobra na obra	kg	14485,20	R\$ 8,69	R\$ 125.849,45
6	ARMADURA de aço para estrutura em geral, CA-50, diâmetro 10.0mm, corte e dobra na obra	kg	158,40	R\$ 7,78	R\$ 1.232,18
7	CONCRETO estrutural dosado em central, fck 25 MPa	m ³	444,76	R\$ 315,00	R\$ 140.099,31
8	ESCORAMENTO METÁLICO para lajes	m ²	2628,13	R\$ 32,30	R\$ 84.900,00
9	TRANSPORTE, lançamento, adensamento e acabamento do concreto estrutural	m ³	444,76	R\$ 37,15	R\$ 16.524,38
				VALOR TOTAL	R\$ 711.038,97

Fonte: Autor

Gráfico 9 - Relação de custo por item para laje maciça convencional



Fonte: Autor

É notório que a fabricação da fôrma é o serviço de maior custo para execução da laje maciça convencional (LMC), no valor de R\$ 227.420,28, representando 31,98% do valor total do serviço. Na execução desse serviço, foi considerado que a concretagem de toda a área de laje se daria em duas etapas, na primeira seria concretado todo o primeiro pavimento, e na segunda etapa seria feito o reaproveitamento da fôrma utilizada no primeiro pavimento para concretagem da laje da cobertura. Sendo necessário a fabricação de apenas 2021,64 m² de fôrma.

Para os itens de montagem e desmontagem das fôrmas, foi considerada a fôrma de todo o edifício, porém, por se tratarem de serviços que necessitem basicamente de mão de obra, os dois juntos representam apenas 4,11% do valor total da laje maciça convencional.

Os itens 4, 5 e 6, para armadura da laje, representam o segundo maior custo para execução da LMC. Os três itens juntos custam R\$ 212.876,80, e representam 29,94% do valor final da laje. Destes itens, o que representa um maior custo é a armadura de 8 mm de diâmetro, seguido pela armadura de 6.3 e 10mm, respectivamente. Esse custo da armadura, ocorre devido a necessidade de armadura positiva e negativa para resistir aos esforços da laje.

Para concretagem da laje maciça convencional (item 7), foi necessário contemplar na planilha o concreto usinado de 25MPa e o seu transporte, lançamento e adensamento (item 9). O valor do item 7 de R\$ 140.099,31 corresponde a 19,70% do preço da laje e o item 9 de R\$ 16.524,38, corresponde a 2,32%.

Para o levantamento de custo do item das escoras metálicas (item 8), considerou-se a necessidade de se ter escoras para o primeiro pavimento e mais 30% de escoramento para área da laje da cobertura. Isso porque, após a concretagem da laje do primeiro pavimento, a laje deverá ficar escorada durante o processo de cura do concreto. Enquanto isso, será executado os serviços do pavimento seguinte, como montagem e concretagem de fôrma de pilar e escoramento de viga. Admitiu-se que esses 30%, seria quantidade de escoras necessárias para começar o serviço de escoramento da laje da cobertura, enquanto ocorre a cura do concreto do primeiro pavimento, para que sejam retiradas as escoras e reaproveitadas para laje da cobertura. Com base nisso, os custos para o escoramento ficaram em R\$ 84.900,00, representando 11,84% do valor total da laje.

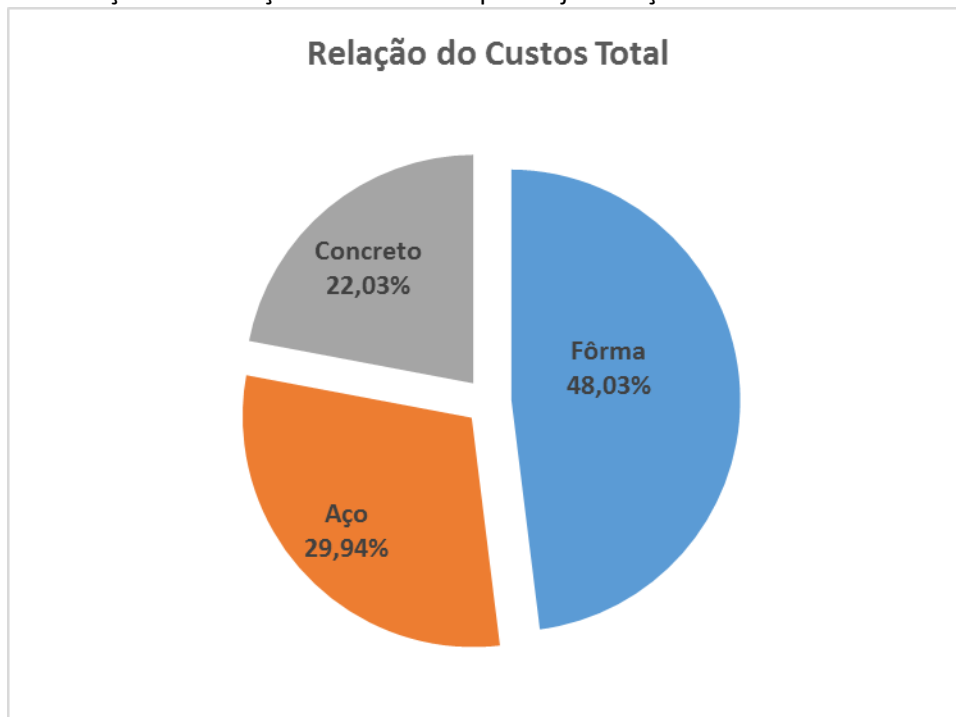
Na Tabela 10, é apresentado uma tabela resumo com custo totais para fôrma (fabricação, montagem, desmontagem e escoramento), concreto (concreto e lançamento) e aço (aço 6.3, 8.0 e 10.0mm).

Tabela 10 - Resumo de custo para laje maciça convencional

Material ou serviços	Valor
Fôrma	R\$ 341.538,47
Aço	R\$ 212.876,81
Concreto	R\$ 156.623,69

Fonte: Autor

Gráfico 10 - Relação dos serviços no custo total para laje maciça convencional



Fonte: Autor

Analisando o Gráfico 10 podemos ver que os serviços referentes a execução da fôrma, representam um total de 48% do valor para execução da laje maciça convencional, um total de R\$ 341.538,47. Esse custo elevado se deve ao custo da chapa de madeira ter um valor elevado, sendo mais barato apenas que o concreto.

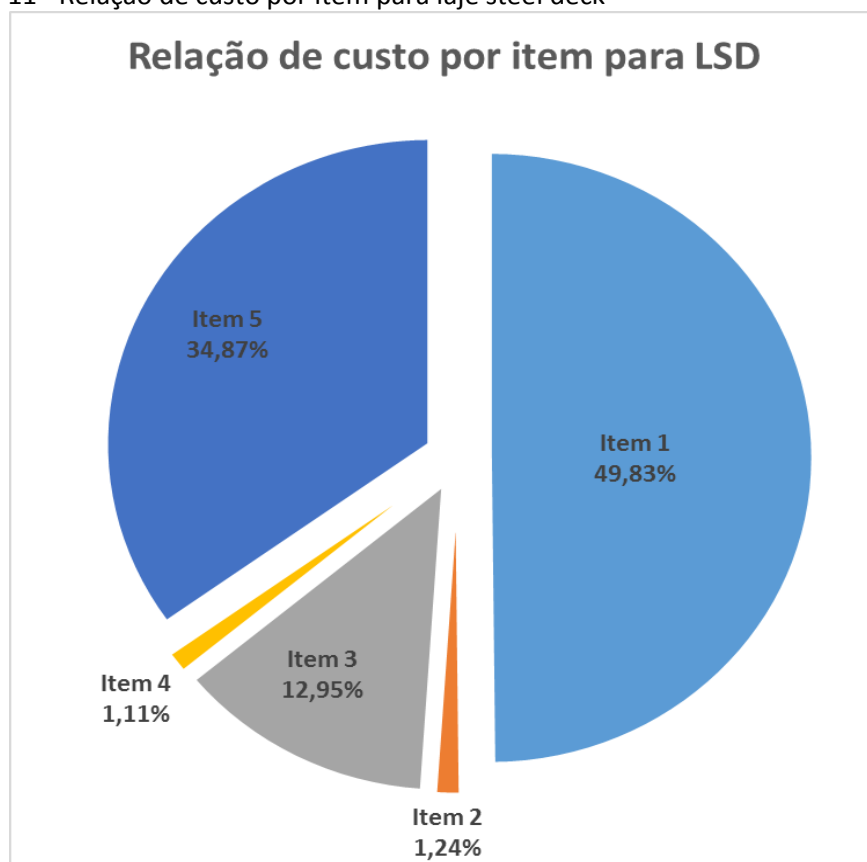
4.5.2 Análise do custo final para laje steel deck

Assim como para a execução da laje maciça convencional, na laje steel deck é necessária uma série de serviços para que possa chegar ao resultado final. Com o levantamento quantitativo dos serviços necessários e de posse da composição dos serviços, elaborou-se o Quadro 15, que apresenta o orçamento final para execução da laje steel deck. No Gráfico 11 é apresentada a representação de cada item em porcentagem no valor final da LSD.

Quadro 15 - Orçamento para laje steel deck (LSD)

ITEM	SERVIÇO	UNID	QUANT.	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	LAJE PRÉ-FABRICAÇÃO STEEL DECK com chapa metálica MF-75, e= 0.80mm com capa de concreto FCK=25MPa, h=13cm	m²	3299,75	R\$ 114,18	R\$ 376.762,71
2	LAJE PRÉ-FABRICAÇÃO STEEL DECK com chapa metálica MF-75, e= 0.95mm com capa de concreto FCK=25MPa, h=13cm	m²	76,97	R\$ 121,74	R\$ 9.370,42
3	LAJE PRÉ-FABRICAÇÃO STEEL DECK com chapa metálica MF-75, e= 1.25mm com capa de concreto FCK=25MPa, h=13cm	m²	666,55	R\$ 146,92	R\$ 97.931,01
4	ARMADURA de aço para estrutura em geral, CA-50, diâmetro 6.3mm, corte e dobra na obra	kg	971,60	R\$ 8,66	R\$ 8.411,14
5	PERFIL de aço W 200X47,1	kg	40977,00	R\$ 6,43	R\$ 263.610,37
Fonte: Autor				VALOR TOTAL	R\$ 756.085,65

Gráfico 11 - Relação de custo por item para laje steel deck



Fonte: Autor

Nos itens 1, 2 e 3 do Quadro 15 está contemplado, além da montagem, o custo referente a concretagem da laje.

A fôrma de 0,80mm é a que apresenta o maior custo para execução da laje steel deck, com o valor de R\$ 376.762,71, que equivale a quase 50% do total dos serviços, sendo que desse valor, o custo do insumo fôrmas de aço incorporado foi de R\$203.800,06.

Pode ser notado também que o gasto com armadura foi baixo, no montante de R\$8.411,14, que equivale a 1,11% do gasto total. Porém, devido a necessidade de diminuir os vãos, colocou-se vigas secundárias com perfis GERDAU W200X47,1, onde o serviço para instalação desses perfis custou um total de R\$ 263.610,37, ou seja 34,87% do valor final para execução da laje.

O maior custo está nos serviços de montagem e concretagem na laje steel deck, com um valor total de R\$ 484.064,14, equivalendo a um total de aproximadamente 64% do valor da LSD.

4.5.3 Comparativo do custo final entre a laje maciça convencional e laje steel deck

Por fim, para análises dos custos para o uso dos sistemas estruturais adotados, é feito uma comparação entre eles, de forma que possa ser mostrado qual tem um menor custo de implantação. Buscando as informações do Quadro 14 e do Quadro 15, montou-se a Tabela 11 com o custo final de cada sistema e a diferença entre eles.

Tabela 11 - Custo final dos sistemas

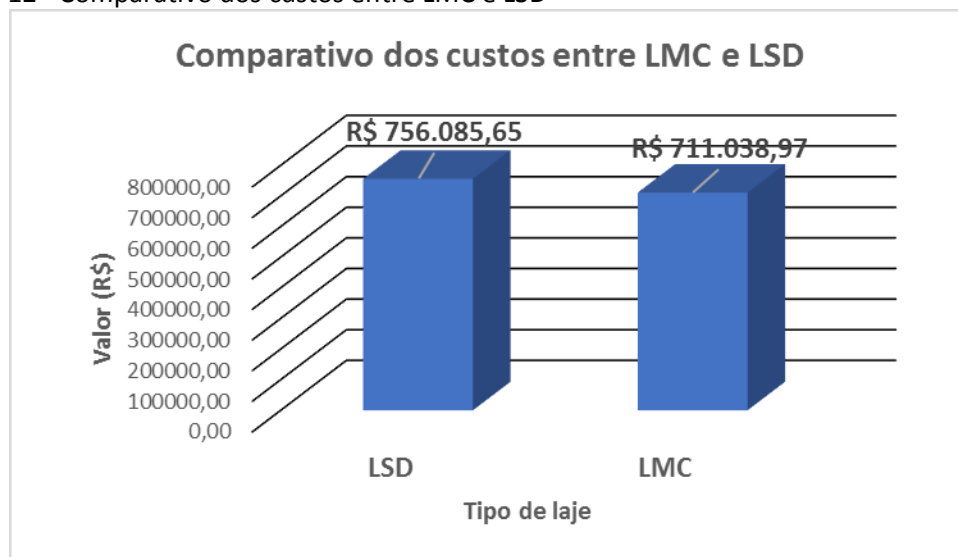
Sistema de laje	Valor
Laje Maciça Convencional	R\$ 711.038,97
Laje Steel Deck	R\$ 756.085,65
Diferença	R\$ 45.046,68

Fonte: Autor

Na Tabela 11 podemos ver que a laje maciça convencional tem um custo menor do que a laje steel deck, tendo uma diferença de R\$ 45.046,68. Isso representa uma economia de aproximadamente 5,96% do custo da laje. Deste valor, R\$13.400,00 são devido ao frete necessário para transportar as fôrmas de aço, representando aproximadamente 30% do valor da diferença.

Ao analisar em conjunto o Quadro 14, Quadro 15 e a Tabela 11, percebemos que necessidade de instalação de vigas secundárias elevou o custo da laje steel deck. A concepção estrutural com grandes vãos não favoreceu seu uso, é possível que, caso houvessem vãos menores, não seria necessário o uso das vigas secundárias, ou seria necessária uma quantidade menor, e, assim, os custos das lajes poderiam se equiparar, ou até a LSD ter um custo menor.

Gráfico 12 - Comparativo dos custos entre LMC e LSD



Fonte: Autor

Por fim, no Gráfico 12 são apresentados os dados da Tabela 11 em forma de gráfico, para uma melhor visualização. Observa-se que, para esse estudo de caso, a laje maciça convencional apresentou um custo mais baixo, sendo assim, no quesito custo, uma melhor opção que a laje steel deck.

4.6 Geração de resíduos na construção.

A geração de resíduos e seu devido descarte é um dos principais assuntos discutidos no âmbito da construção civil. Optou-se por fazer um comparativo da geração de resíduos entre os dois sistemas estudados.

Considerou-se resíduos da construção, os materiais que não seriam incorporados ao produto final e que necessitaria de um descarte posterior. Fazendo a análise, observou-se que tal material seria a madeira. Isso porque os materiais como aço, fôrmas

steel deck, perfil metálico e concreto seriam materiais que estariam incorporados ao produto final.

Para a laje maciça convencional, dentre todos os serviços apresentados e suas composições, notou-se que os únicos serviços que apresentariam resíduos seria a fabricação da fôrma de madeira e o escoramento metálico. Na Tabela 12 é apresentada a quantidade de resíduo de madeira gerada em cada serviço.

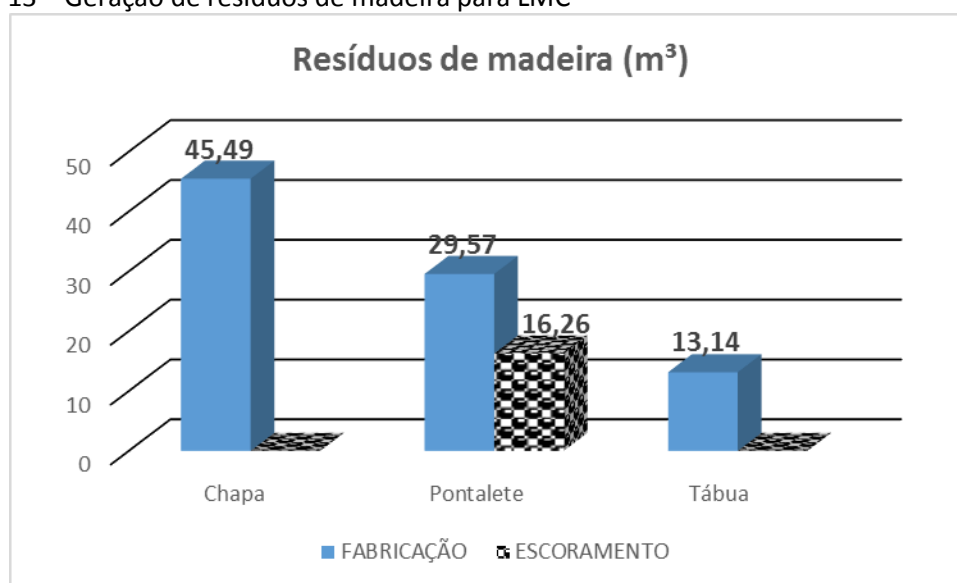
Tabela 12 - Geração de resíduos de madeira para LMC

Serviço para LMC	Chapa Compensada	Pontalete 3"x3"	Tábua 1"x8"
Fabricação de fôrma	45,49 m ³	29,57 m ³	13,14m ³
Escoramento	-	16,26 m ³	-
Total	45,49 m³	45,83 m³	13,14 m³

Fonte: Autor

A Tabela 12 é representada no Gráfico 13, para uma melhor visualização dos dados.

Gráfico 13 – Geração de resíduos de madeira para LMC



Fonte: Autor

Vemos através da Tabela 12 e do Gráfico 13 que a fabricação de fôrmas é o serviço responsável pela maior geração de resíduos. Esse serviço apresenta uma alta dependência da madeira, já que precisa de vários insumos como chapa, pontalete e tábua. Ao totalizarmos os quantitativos, temos uma quantidade de 104,46 m³ de madeira.

Desse quantitativo 43,55%, é devido as chapas de madeira plastificada, 43,87% aos pontaletes e 12,58% às tábuas.

Para laje steel deck, observou-se que não houve geração de resíduos na execução do serviço. Isso ocorre porque as fôrmas de aço utilizadas, após a concretagem, permanecem incorporada ao concreto, de modo que desempenham o papel da armadura positiva da laje.

Através desses resultados, é nítido que a laje steel deck seria uma escolha que traria menor geração de resíduos e, conseqüentemente, um menor gasto com descarte desses resíduos.

4.7 Resumo dos parâmetros das taxas de concreto, mão de obra, custo e resíduo

Para concluir a comparação dos materiais e custo, é apresentado um resumo dos parâmetros avaliados, conforme subitem 3.5.

Tabela 13 - Resumo dos parâmetros analisados

Sistema Estrutural	Taxa Concreto	Taxa Mão de obra	Taxa Custo	Taxa Resíduos
Laje Maciça Convencional	0,11 m ³ /m ²	2,74 h/m ²	175,86 R\$/m ²	0,03 m ³ /m ²
Laje Steel Deck	0,092 m ³ /m ²	2,03 h/m ²	187,00 R\$/m ²	-

Fonte: Autor

Analisando a Tabela 13 e fazendo o comparativo entre os parâmetros, podemos ver que a laje steel deck apresentou resultados melhores que a laje maciça convencional em três dos quatro parâmetros analisados.

Em resumo, temos que a taxa de concreto é menor na laje steel deck, que ocorreu devido a diminuição dos vãos e o menor consumo de concreto por metro quadrado de laje.

Para a taxa de mão de obra, nota-se também que a laje steel deck apresenta também uma menor taxa, isso se deve pela facilidade de montagem da fôrma e a retirada de alguns serviços, como: fabricação, montagem e desmontagem de fôrmas; que serão necessários na laje maciça e não são na laje steel deck.

Para a taxa de custo, a laje maciça, por sua vez, apresenta um custo de execução menor. A necessidade de frete para transportar as fôrmas da laje steel deck e a

necessidade de perfis metálicos para vigas secundárias e o preço das fôrmas para laje steel deck que ainda são mais elevados, contribuem para que isso ocorra.

Por fim, verifica-se a taxa de resíduos que aparece somente na laje maciça, devido a necessidade do uso da madeira para execução dos serviços de fôrma e escoramento da laje.

CONCLUSÕES

Com os resultados analisados pode-se perceber que o estudo comparativo entre sistemas estruturais, juntamente com o auxílio de um software para agilizar no processamento da estrutura, pode ser um diferencial no momento da escolha do método construtivo. Esse trabalho em conjunto permite analisar e escolher um sistema que atenda a necessidade do cliente, seja a escolha condicionada por um sistema mais leve, rápidos, limpos ou barato.

Verificou-se que a mudança da tipologia da laje, traria diferentes respostas quanto ao consumo de materiais, rapidez e custo da edificação. Constatando que a escolha entre a laje maciça convencional e a laje steel deck, influenciam diretamente no custo e tempo da obra.

A comparação dos parâmetros, permite que possa ser escolhido um sistema estrutural que atenda a necessidade da obra. Caso seja necessária uma obra com um menor carregamento, a taxa de concreto nos mostra que a laje steel deck proporciona um menor consumo de concreto, em torno de 16% menor que a LMC, e consequentemente uma edificação com um peso próprio menor, o que acarretará em um gasto menor com vigas, pilares e fundação.

A taxa de mão de obra, nos mostra que o sistema com laje maciça apresenta uma maior quantidade de mão de obra, em torno de 25% maior que a laje steel deck. A necessidade de mais mão de obra implica diretamente no prazo da obra, logo conclui-se que será maior na laje maciça convencional. Além de maior tempo de execução, a laje maciça convencional, acarretará em um maior custo com mão de obra.

Em termos de diminuição nos resíduos da construção civil, é possível concluir que a taxa de resíduos a escolha pela laje steel deck, ocasionará uma menor geração de resíduos, o que seria de grande valia, tendo em vista que na cidade de Barreiras-Ba não há um local apropriado para descarte desses resíduos. Com isso, é possível ter uma obra mais limpa, que poderá ser revertido em produtividade dentro do canteiro.

O preço é algo que está muitas vezes entre o principal motivo da escolha entre sistemas estruturais. Para esse estudo de caso, com a taxa de custo permitiu-se concluir que o uso da laje maciça representará um menor valor de execução, em torno de 6% mais barato, isso pode ocorrer pelo fato das fôrmas para laje steel deck ainda terem um alto valor e por Barreiras-Ba estar longe dos grandes centros, sendo necessário um gasto elevado com frete. Porém a redução nos gastos com fundação, vigas e pilares ocasionado pela redução do peso próprios das lajes, poderão equiparar os custos das lajes.

Com essas considerações podemos concluir que a laje steel deck, para a obra do estudo de caso, proporcionará uma obra mais leve, rápida e limpa. A laje maciça por sua vez, proporcionará uma obra mais econômica, que na maioria dos casos é o que busca o cliente. O ponto de maior peso para escolha da laje steel deck estaria no fato de ser algo mais específico, que não é encontrado na região o material necessário para a sua execução, além de necessitar de uma mão de obra mais qualificada.

Por fim, sugere-se para trabalhos futuros uma análise da influência na escolha dos tipos de lajes aqui abordados, nos custos das vigas, pilares e fundações. Igualmente, pode-se avaliar os custos para uma mudança dos sistemas construtivos dos pilares e vigas, adotando o uso também de estrutura mista ou metálicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIA

_____. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. **NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações.** Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

_____. **NBR 7480: Aço destinada a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

_____. **NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifício.** Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____. **NBR 10520: Informação e documentação - Citações em documentos - Apresentação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

_____. **NBR 14323: Dimensionamento de estruturas de aço e de estruturas mistas aço-concreto de edifícios em situação de incêndio - Procedimentos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ARAÚJO, José Milton de. **Curso de Concreto Armado Volume 2.** 4ª ed. Rio Grande: Editora Dunas, 2014.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Estrutura de concreto armado I: lajes de concreto.** Universidade Estadual Paulista. Bauru. 2015. Notas de aula.

BONINI, Stefane do Nascimento. **Lajes Mistas Steel Deck: estudo comparativo com lajes maciças de concreto armado quanto ao dimensionamento estrutural.** Porto Alegre. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Engenharia. 2013.

BORGES, N. **Curso Prático de Cálculo em Concreto Armado.** 1ª ed. Rio de Janeiro: IMPERIAL NOVO MILÊNIO, 2013

CARMO, Eduardo João Zanotto do. **Fôrmas e escoramentos.** Itatiba Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco. Curso de Engenharia Civil. 2007.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado Segundo a NBR 6118:2014**. 4ª ed. São Carlos: EdUFSCar, 2015

CARVALHO, Roberto Chust; PINHEIRO, Libânio Miranda. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado Volume 2**. 2ª ed. São Paulo: PINI, 2009.

CLÍMACO, J. C. T. D. S. **Estrutura de concreto armado**: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação. 3ª ed. Brasília: Elsevier, 2016.

FAKURY, Ricardo Hallal; SILVA, Ana Lydia Reis de Castro e; CALDAS, Rodrigo Barreto. **Dimensionamento de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto**. 1ª ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

FIGEROLA, Valentina. Fôrma. In: _____. **Construção passo-a-passo vol 1**. São Paulo: PINI, 2009. Cap. 11, p.67-73.

JAVARONI, Carlos Eduardo. **Estruturas de aço: dimensionamento de perfis formados a frio**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

Manual SH: de fôrmas para concreto e escoramento metálico. 1ª ed. São Paulo: PINI, 2008.

MARTINS,. Laje steel deck. **Equipe de Obra**, 05 Maio 2013. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/59/laje-steel-deck-conheca-os-elementos-que-fazem-parte-284524-1.aspx>>. Acesso em: 06 junho 2017.

MEDEIROS, João Bosco. **Redação científica: a prática de fichamentos, resumos, resenhas**. 12ª ed. São Paulo: Atlas, 2014.

NAZAR, Nilton. **Fôrmas e escoramento para edifícios: critérios para dimensionamento e escolha do sistema**. 1ª ed. São Paulo: PINI, 2007

QUEIROZ, G.; PIMENTA, R. J.; MARTINS, A. G. **Estruturas mistas – vol 1**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/ CBCA, 2012.

PINHEIRO, Antonio Carlos da Fonseca Bragança. **Estruturas metálicas: cálculo, detalhamento, exercícios e projetos**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, 2005.

SIEG, Ana Paula Antonello. **Estudo de um sistema de laje com fôrma de aço incorporada**. São Carlos. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. 2015

SILVA, Valdir Pignatta; PANNONI, Fabio Domingos. **Estruturas de aço para edifícios: aspectos tecnológicos e de concepção**. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2010.

SILVA, Guilherme Antônio Pereira da; LOVIZOTTO FILHO, Murilo de Andrade. **Análise comparativa entre softwares de cálculo estrutural: estudo de caso.** Curitiba. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Paraná. Setor de Tecnologia. 2015

TCPO. **Tabela de Composição de Preços para Orçamento.** 13ª ed. São Paulo: PINI, 2010

TISAKA, Maçahico. **Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução.** 1ª ed. São Paulo: PINI, 2006.

VIZOTTO, Itamar; SARTORTI, Artur Lenz. **Soluções de lajes maciças, nervuradas com cuba plástica e nervuradas com vigotas treliçadas pré-moldadas: análise comparativa:** Revista: Teoria e Prática na Engenharia Civil, São Paulo, ano 10, nº 15. 2010. ISSN 1677-3047

APÊNDICE A

1 - RELAÇÃO DE INSUMOS E PREÇO COM COTAÇÃO DO MERCADO LOCAL (SETEMBRO 2017)

ITEM	DESCRIÇÃO	COTAÇÃO 01	COTAÇÃO 02	COTAÇÃO 03	UND	CUSTO UNITÁRIO
1	Concreto Unisado 25 Mpa	MASSAFORT	-	-	R\$/m³	R\$ 300,00
		R\$ 300,00	R\$ -	R\$ -		
2	Prego 15x15 com cabeça	ARCELOMITAL	-	-	R\$/kg	R\$ 5,85
		R\$ 5,85	R\$ -	R\$ -		
3	Chapa de madeira compensada plastificada para forma de concreto, de 2,20 x 1,10 m, e = 18 mm	FERMACON	C. MARCENEIRO	M. AZEVEDO	R\$/m²	R\$ 47,93
		R\$ 57,16	R\$ 47,93	R\$ 47,84		
4	Tábua 1"x 8"	M. AZEVEDO	M. SANTA LUZIA		R\$/m	R\$ 6,83
		R\$ 6,75	R\$ 6,90	R\$ -		
5	Desmoldante protetor para formas de madeira, de base oleosaemulsionada em água (FERMACON:LATA 18L/MARCONI: GALÃO/)	FERMACON	MARCONI	M. AZEVEDO	R\$/l	R\$ 10,56
		R\$ 9,33	R\$ 15,83	R\$ 10,56		
6	Locação de escora metálica telescópica (mês)	OBRAMAX	-	-	R\$/und	R\$ 24,00
		R\$ 24,00	R\$ -	R\$ -		
7	Pontaleta 3"x3" (75mmx75mm)	M. SANTA LUZIA			R\$/m	R\$ 9,30
		R\$ 9,30	R\$ -	R\$ -		
8	Aço ca-50, 6,3 mm, vergalhão	FERMACON	GERDAL	CONSTRUCENTER	R\$/kg	R\$ 4,17
		R\$ 4,17	R\$ 3,91	R\$ 4,32		
9	Aço ca-50, 8,0 mm, vergalhão	FERMACON	GERDAL	CONSTRUCENTER	R\$/kg	R\$ 4,20
		R\$ 4,41	R\$ 3,86	R\$ 4,20		
10	Aço ca-50, 10,0 mm, vergalhão	FERMACON	GERDAL	CONSTRUCENTER	R\$/kg	R\$ 3,78
		R\$ 4,15	R\$ 3,78	R\$ 3,65		
11	Arame recozido 18 bwg, 1,25 mm (0,01 kg/m)	CONSTRUCENTER	FERMACON	GERDAL	R\$/kg	R\$ 6,83
		R\$ 6,83	R\$ 8,00	R\$ 5,90		
12	Locação de vibrador de imersão (hora)	OBRAMAX	-	-	R\$/h	R\$ 3,13
		R\$ 3,13	R\$ -	R\$ -		
13	Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão *4,2 a 12,5* mm, cobrimento 20 mm. (PCT 1000 UM = 186,80 + FRETE)	MAQBLOCOS	-	-	R\$/und	R\$ 0,19
		R\$ 0,19	R\$ -	R\$ -		
14	Tela de aço CA-60 soldada tipo Q75 (diâmetro do fio: 3,80 mm/ dimensões da trama: 150 x 150 mm/tipo da malha:quadrangular - 17,8kg)	ARCELOMITAL	-	-	R\$/kg	R\$ 5,24
		R\$ 5,24	R\$ -	R\$ -		
15	Perfil de aço GERDAU W200X47,1	GERDAU	-	-	R\$/kg	R\$ 6,14
		R\$ 6,14	R\$ -	R\$ -		
16	Carpinteiro com Encargos sociais 89,86%	CONVENÇÃO COLETIVA 2017 (R\$ 7,47 / hora)			R\$/h	R\$ 14,18
17	Ajudante 89,86%	CONVENÇÃO COLETIVA 2017 (R\$ 4,41 / hora)			R\$/h	R\$ 8,37
18	Pedreiro com Encargos sociais 89,86%	CONVENÇÃO COLETIVA 2017 (R\$ 7,47 / hora)			R\$/h	R\$ 14,18
20	Armador com Encargos sociais 89,86%	CONVENÇÃO COLETIVA 2017 (R\$ 7,47 / hora)			R\$/h	R\$ 14,18
21	Montador com Encargos sociais 89,86%	CONVENÇÃO COLETIVA 2017 (R\$ 7,47 / hora)			R\$/h	R\$ 14,18

2 - RELAÇÃO DE INSUMOS E PREÇO COM COTAÇÃO EM OUTRAS PRAÇAS (SETEMBRO 2017)

ITEM	DESCRIÇÃO	METFORM	FRETE	UND	CUSTO UNITÁRIO
1	Telha Forma MF 75, #0,80mm, largura útil 820mm, confeccionado em aço ASTM A653 grau 40 (ZAR 280, tensão de escoamento de 280 MPa). (PREÇO COM FRETE)	R\$ 58,11	R\$ 3,65	R\$/m²	R\$ 61,76
2	Telha Forma MF 75, #0,95mm, largura útil 820mm, confeccionado em aço ASTM A653 grau 40 (ZAR 280, tensão de escoamento de 280 MPa). (PREÇO COM FRETE)	R\$ 68,22	R\$ 0,43	R\$/m²	R\$ 68,65
3	Telha Forma MF 75, #1,25mm, largura útil 820mm, confeccionado em aço ASTM A653 grau 40 (ZAR 280, tensão de escoamento de 280 MPa). (PREÇO COM FRETE)	R\$ 87,22	R\$ 5,48	R\$/m²	R\$ 92,70

APÊNDICE B

1. Orçamento para fôrmas de aço incorporado com a empresa METFORM.

Razão Social:					
CNPJ:					
Contato: Pedro Itacarambi Moraes <pi-moraes@uol.com.br> (77) 9 9975-2919		06/09/2017			
ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS		ÁREA	QUANTIDADE	PREÇO R\$	R\$ TOTAL
Telha forma					
Fornecimento de Telha Forma MF 75, #0,80mm, largura útil 820mm, confeccionado em aço ASTM A653 grau 40 (ZAR 280, tensão de escoamento de 280 MPa).		3.300 m²	4.024,39 ml	R\$ 47,65 ml	R\$ 191.762,20
Fornecimento de Telha Forma MF 75, #0,95mm, largura útil 820mm, confeccionado em aço ASTM A653 grau 40 (ZAR 280, tensão de escoamento de 280 MPa).		76,97 m²	93,87 ml	R\$ 55,94 ml	R\$ 5.250,86
Fornecimento de Telha Forma MF 75, #1,25mm, largura útil 820mm, confeccionado em aço ASTM A653 grau 40 (ZAR 280, tensão de escoamento de 280 MPa).		185,53 m²	226,26 ml	R\$ 71,52 ml	R\$ 16.181,84
TOTAL GERAL				213.194,89	
CONDIÇÕES BÁSICAS DE FORNECIMENTO:					
Proposta válida por 10 dias					
ICMS incluso nos preços unitários das telhas - Faturamento MG					
IPI reduzido a alíquota 0% para telhas, conforme TIPI - (Classificação Fiscal NCM 73089090)					
Frete: FOB Metform - Betim/MG					
Pagamento: 100% antecipado (Pagamentos faturados somente mediante aprovação de cadastro financeiro)					
Prazo de entrega: 15 dias					

2. Orçamento para o frete das fôrmas de aço incorporado.

Fwd: Cotação de frete Barreirinhas/BA

De: Wardley Peterson
 Para: pi-moraes@uol.com.br , frank@etmlog.com.br
 Cópia:
 Cópia oculta:
 Assunto: Fwd: Cotação de frete Barreirinhas/BA
 Data: 08/09/2017 14:12

Pedro, boa tarde.

Conforme solicitado o valor do frete para 2 carretas para Barreirinhas/BA conforme descrição abaixo, fica em R\$ 13.400,00 (Treze mil e quatrocentos reais).

*Valor unitário: R\$ 6.700,00 (Seis mil e setecentos reais).

**Condição de pagamento: 21 dias após aprovação do cadastro.

Descrição:

Material: **formas Steel Deck**

Origem: **METFORM Betim/MG**

Destino: **Barreirinhas/BA (CEP 47808-021)**

Peso total aproximado: **34.478,45 kg**

Maior peça: **4 metros**

Att,



Wardley P. Silva
 Comercial

31 - 99193-2228
 31 - 3362-3732 / 8056 - Ramal 5
 Rua Josias Machado 164 - Inconfidentes
 Cep: 32.260-520 - Contagem/MG
 WardleyP
 www.etmlog.com.br

CUSTO TOTAL FÔRMA = R\$ 213.194,89 + R\$ 13.400,00 = R\$ 226.594,89