

ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTO ENTRE LAJE MACIÇA E LAJE TRELIÇADA EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

STEFFANI CALEGARO PEREIRA¹
PAULA JANAINA SOUZA FARTO²

RESUMO: Existem, atualmente, diversos sistemas construtivos de lajes no mercado, com o mesmo propósito, o de sustentação. Tanta diversidade visa atender os mais variados projetos e orçamentos. O objetivo deste trabalho foi apresentar ao leitor o conhecimento desses diferentes métodos apresentados neste estudo, envolvendo a execução de cada modelo, os materiais envolvidos, as vantagens e as desvantagens, analisando e comparando qualidade e custo entre os sistemas de laje maciça convencional, laje treliçada com EPS (poliestireno expandido) e laje treliçada com lajota cerâmica unidirecional, utilizadas para projetos de residências unifamiliar. A engenharia busca, cada vez mais, inovar e aperfeiçoar os sistemas estruturais, visando, por meio de processos eficientes, a melhoria na execução e a qualidade da obra. A partir desta análise, concluiu-se que o sistema com enchimento de EPS foi o mais eficiente, eficaz e mais econômico em comparação aos outros sistemas, pois além de tornar a estrutura mais leve, melhorou também a acústica, utilizando menos material que os demais sistemas.

Palavras-chave: Estrutura; Laje; Qualidade; Sistemas.

COMPARATIVE COST ANALYSIS BETWEEN MASSIVE SLAB AND LATTICE SLAB IN A SINGLE-FAMILY RESIDENCE

ABSTRACT: Currently, there are several slab construction systems on the market, with the same purpose, that of support. Such diversity aims to meet the most varied projects and budgets. The objective of this work was to present the reader with the knowledge of these different methods presented in this study, involving the execution of each model, the materials involved, the advantages and disadvantages, analyzing and comparing quality and cost between the systems of conventional solid slab, lattice slab with EPS (expanded polystyrene) and lattice slab with unidirectional ceramic tile, used for single-family home projects. Engineering seeks, each time, to innovate and improve structural systems, aiming, through efficient processes, to improve the execution and the quality of the work. From this analysis, it was concluded that the EPS filling system was the most efficient, effective and most economical compared to the other systems, because in addition to making the structure lighter, it also improved the acoustics, using less material than the others systems.

Keywords: Structure; Slab; Quality; Systems.

¹ Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, UNIFASPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: steffanichen67@gmail.com;

² Professora, Curso de Engenharia Civil, UNIFASPE Centro Universitário, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: paulajanaina_engcivil@hotmail.com.

1. INTRODUÇÃO

Vivemos um cenário de crise, parte disso foi provocado pela pandemia provocada pelo novo corona vírus (COVID-19) e, de acordo com os meios jornalísticos, existe a possibilidade de uma queda, podendo variar de 3% a 5%, no PIB brasileiro, que afetará entre outras áreas, o mercado imobiliário, pois só a indústria da construção civil já corresponde a 4% do total do Produto Interno Bruto no país (REUTERS, 2020). Porém, apesar da crise na construção civil brasileira, novas empresas do setor da construção surgem, e a competitividade, proveniente deste movimento, fornece ao consumidor a variedade em soluções mais econômicas para a construção civil.

As edificações mais antigas adotavam o uso de madeira no forro, pois este sistema construtivo era muito comum, hoje é mais usual a escolha pelas lajes maciças e lajes treliçadas. Com toda a tecnologia e avanços no ramo da engenharia, os materiais como o concreto e o aço ganharam maior resistência e aumentaram sua eficiência, possibilitando ter peças de dimensões reduzidas, vencendo vãos cada vez maiores, como indica Nervo (2012).

O mercado da construção civil torna-se cada vez mais exigente, buscando atender as necessidades dos clientes, visando a redução de problemas que possam acarretar em prejuízos futuros, que lesam clientes e construtoras.

As evoluções na engenharia propiciaram utilizar os conhecimentos científicos e técnicos para a resolução de problemas, baseadas em estudos de fenômenos físicos e estudos matemáticos, permitindo assim, a criação de projetos audaciosos e esteticamente mais chamativos, com custos reduzidos.

O custo total da superestrutura pode variar entre 12% a 20% do montando total da obra, em média (VARGAS ,2020). O emprego de novas técnicas na construção das lajes colabora para reduzir as perdas na construção, contribuindo com a economia e segurança do usuário.

A laje é o componente estrutural que é encarregado por transportar a ações do peso da estrutura para as vigas e, conseqüentemente, destas para os pilares. Na construção de residências, a laje pode ser utilizada por sua alta taxa de resistência e isolamento termoacústico, favorecendo a agilidade na realização da obra.

Nos últimos anos, o uso de lajes tem sido intensificado, o que colaborou para a realização desta pesquisa, que por sua vez tem intenção de informar ao leitor sobre os tipos de lajes disponíveis no mercado.

O presente trabalho teve por objetivo realizar um comparativo de custos de materiais, juntamente com mão-de-obra, da laje maciça, da laje treliçada com EPS e treliçada com cerâmica, através do dimensionamento de uma residência unifamiliar, em Sinop-MT.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Laje

Segundo Pinheiro et al. (2007), geralmente as lajes são componentes horizontais e planos, onde a espessura tem duas dimensões muito maiores que a terceira. Tendo como uma das funções principais das lajes, receber os carregamentos atuantes e transferi-los para a estrutura.

Em resumo, uma laje é um elemento construtivo que atua como o piso ou o teto de uma construção, geralmente dividindo os diferentes pisos de um edifício e distribuindo a carga por colunas ou vigas. As lajes podem fornecer várias propriedades, como resistência, isolamento acústico e peso próprio, dependendo de seus constituintes (DORNELES, 2014). De acordo com Martins (2014), as lajes se encontram na parte da supra estrutura.

2.2 Tipos de lajes: maciça, treliçada com EPS e treliçada com lajota cerâmica

2.2.1 Laje maciça

A laje maciça é uma estrutura horizontal, composta por concreto em toda a sua espessura, que inclui reforço (armadura) de flexão longitudinal e, eventualmente, armaduras transversais, sendo apoiadas nas vigas ou paredes ao longo das bordas, de acordo com Bastos (2015a). Há muito tempo a laje maciça é utilizada, logo sua mão-de-obra é mais fácil de ser encontrada.

A laje maciça não pode vencer vãos de grandes comprimentos, devido ao seu peso próprio. É mais usual, neste caso, adotar vãos das lajes num valor entre 3,5m e 5m, pois esses vãos médios são mais econômicos (ALBUQUERQUE, 1999).

As lajes maciças podem ser utilizadas nos mais variados tipos de construção, como casas, prédios de pequeno porte, reservatórios, indústrias, etc. As lajes maciças tem suas extremidades apoiadas, já outras tem suas bordas livres, não possuindo apoio. Os materiais que são utilizados na fabricação da laje maciça são o concreto (composto por cimento, areia, brita, água e aditivos), o aço (armaduras) e as formas, que podem ser de madeira ou metálicas.

É moldada *in loco*, pelo lançamento do concreto fresco nas formas lisas e seu custo é diretamente ligado à sua espessura, se houver variações na espessura, há variação também de custo e peso próprio. Caso sejam muito esbeltas, apesar de econômicas, terão pouco efeito de isolamento acústico, podendo causar desconforto aos usuários. Também está ligada à economia o tamanho do vão, assim as lajes maciças, com espessuras esbeltas e vãos circundando os 4,0 metros, chegando a 15 a 20m² de áreas, tornam-se mais econômicas.

2.2.2 Laje treliçada com EPS

De acordo com Merlin (2006), a laje treliçada é composta por elementos pré-moldados lineares (nervuras) unidirecionais, ficando o EPS disposto entre a capa de concreto e as nervuras.

A laje treliçada surgiu na Europa com o intuito de ser uma solução mais econômica que outras lajes, sendo, atualmente, um dos sistemas construtivos mais utilizados ao redor do mundo. Viabilizam vencer vãos maiores com menor peso próprio e mão-de-obra reduzida durante sua execução (BASTOS, 2015b).

Para Silva (2012), as lajes treliçadas demonstram perda de material baixa no período de montagem. Esse mesmo sistema apresenta flexibilidade na sua aplicação, constituindo seu uso em diversas finalidades, como em residências térreas, sobrados, edifícios de pequeno porte, etc. Sendo um meio econômico, seguro e de fácil execução, cujo resultado final é bastante eficiente, completo e satisfatório.

A NBR 14859-1 (2016) descreve que a laje pré-fabricada é um sistema ordenado por vigotas com armadura treliçada pré-fabricada, composta por concreto, que é realizada industrialmente fora do local onde será executada a estrutura, sob condições severas de controle de qualidade. A armadura de tração inferior é abrangida total ou parcial, englobando a nervura longitudinal de concreto fracionária. Conforme Cunha (2012), as vigotas são compostas pela base do concreto e armação treliçada e, conforme Nakao et al. (2005), o EPS, que é a sigla internacional do poliestireno expandido (isopor), serve como agente aliviante de peso e para reduzir o volume de concreto, por isso são utilizados elementos como este. O EPS, assim como

outros elementos de preenchimento, é componente pré-fabricado que utiliza vários materiais inertes que, como dito anteriormente, além de sua capacidade de reduzir o volume de concreto e o peso adequado das lajes, é colocado entre vigas e atua como confragem para concreto.

2.2.3 Laje treliçada com cerâmica

As lajes treliçadas, que podem ser pré-moldadas ou moldadas no local, tem situadas em suas nervuras os momentos positivos da área de tração, no qual poderá ser colocado o material inerte, sendo eles citados aqui EPS e cerâmica. Giongo (2007), expressa que o uso dessas lajes reduz os custos em formas para as vigas, sendo somente necessário para as lajes e pilares.

Cruz (2019), refere-se à blocos cerâmicos como material de enchimento de fácil execução e normalmente aplicado em lajes com vigotas pré-moldada, sendo melhores em isolamento térmico comparados à laje maciça. Existindo várias empresas fabricantes do material cerâmico com dimensões padronizadas.

De acordo com Machado (2015), as vigotas são formadas por uma base de concreto, armação treliçada de fios de aço CA-60, chumbada por eletro-fusão, dispostas no banzo inferior, superior e diagonais. Spohr (2008a) cita que os fios superiores longitudinais (banzo superior) podem garantir mais rigor, podendo também, no momento fletor negativo, contribuir como armadura, após a remoção das escoras e, além disso, também contribui no período de montagem e consolidação do conjunto da treliça. Ainda de acordo com Spohr (2008b), as diagonais auxiliam, não só como armadura que suporta a força cortante, mas ajudam também na união perfeita do concreto pré-moldado e capeamento. O banzo inferior (fios longitudinais) contribuem para resistir ao momento fletor positivo conforme Marçal (2014).

Sobre o conjunto das vigotas e da cerâmica, é realizado uma capa de concreto com espessura mínima de 3cm, que suporta e resiste aos esforços da laje em serviço e ao alastrar as cargas nas nervuras, que tem como função evitar os efeitos de retração, realizar um controle de fissuras abertas, distribuir as cargas pontuais e enrijecer a estrutura da nervura com a capa, como cita Belgo (2010).

2.2.4 Projeto

A análise de custo de um projeto de laje implica saber projetar, incluindo também o conhecimento necessário para saber utilizar softwares, como AutoCad e Eberick, para quantificar materiais e, através da quantificação, realizar o orçamento com base em pesquisa local dos materiais a serem utilizados e, por meio da pesquisa, saber onde terá os melhores produtos com melhores preços e qualidade.

Por meio dos softwares utilizados, pode-se trazer ao cliente/usuário maior segurança, pois o projeto estará dentro das normas, evitando erros de dimensionamento, facilitando a elaboração do quantitativo dos materiais utilizados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para elaborar este projeto e alcançar os objetivos propostos, foi necessário primeiramente definir a planta baixa de uma casa situada na região de Sinop-MT e através dela, dimensionar com o mesmo projeto arquitetônico os três tipos de lajes que foram propostos neste trabalho.

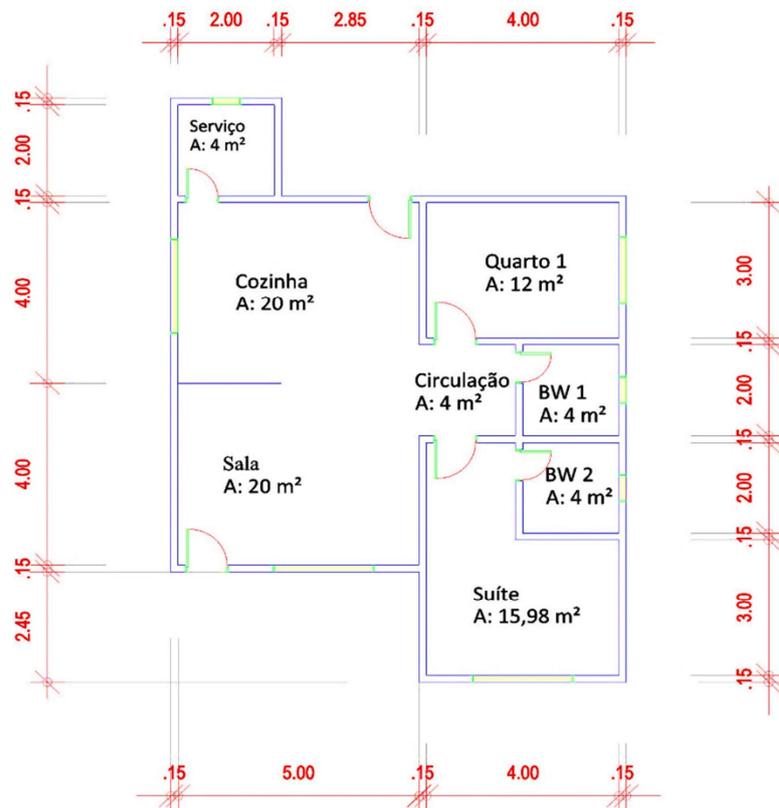
A metodologia deste estudo se baseou na análise prática e comparativa de todos os elementos que compõem uma laje e por meio dessa análise, estabelecer qual é a melhor escolha entre a laje maciça, laje treliçada com EPS e laje treliçada com lajota cerâmica a ser utilizada em um projeto arquitetônico residencial composto por 01 quarto, 01 banheiro social, 01 suíte (quarto principal e banheiro), 01 sala, 01 cozinha e 01 lavanderia, conforme detalhamento arquitetônico demonstrado na figura 1.

As ações verticais, tanto permanentes quanto variáveis, foram definidas em conformidade com as recomendações propostas na ABNT NBR 6120:1980a. Para ações permanentes, têm-se peso próprio da estrutura em concreto armado, considerando-se peso específico de 25 kN/m^3 ; paredes com espessura de 15cm, compostas por tijolos furados, com peso específico de 13 kN/m^3 , peso próprio do acabamento do piso e forro (incluindo revestimento cerâmico, argamassa de assentamento e regularização), equivalente a $0,93 \text{ kN/m}^2$. As ações variáveis, em conformidade com a ABNT NBR 6120:1980b, foram compostas por sobrecargas de utilização, divididas em $0,5 \text{ kN/m}^2$ - forros sem acesso para pessoas.

A análise é toda baseada no dimensionamento da estrutura desse projeto arquitetônico, utilizando a ferramenta de cálculo estrutural Eberick, versão demonstrativa, que é configurado para dimensionar as estruturas conforme as normas, calculando e quantificando materiais por meio de um relatório que é gerado pelo programa. Após a fase do dimensionamento, foram elaboradas três tabelas com a quantificação dos materiais (tabelas 1, 2 e 3), com as respectivas descrições dos materiais e custos de cada item do material. A tabela 1 é baseada no dimensionamento da laje maciça com 12cm de espessura de laje, já a tabela 2, dimensionada com o elemento de enchimento EPS, sendo 12cm de laje com EPS de espessura de 8cm e capa de concreto de 4cm, por fim, a tabela 3, dimensionada com laje de 12cm de espessura, com a lajota cerâmica de 8cm de espessura e capa de concreto de 4cm. Essas análises foram feitas com pesquisa de mercado e com a planilha SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices, sendo a pesquisa de preço dos materiais realizada em mercados da região, para a mão-de-obra também foram usados os dados fornecidos pela planilha SINAPI.

Na figura 1 estão representados os ambientes descritos anteriormente, com suas respectivas medidas, como demonstrado a seguir:

Figura 1- Planta baixa utilizada para o dimensionamento das lajes.



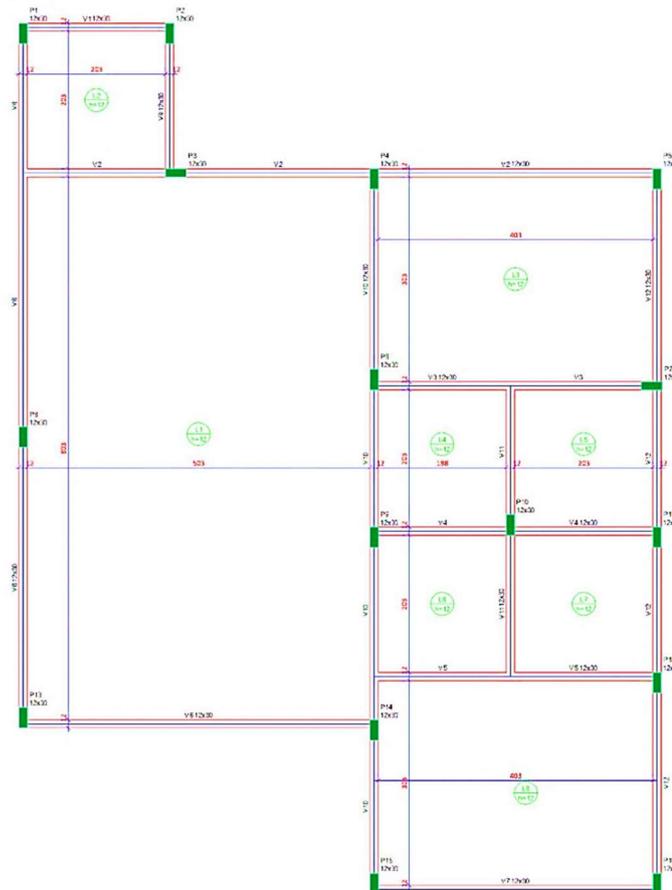
Fonte: Própria (2020).

Vale salientar que todo o dimensionamento considerou as cargas atuantes na laje e foi a partir desse projeto arquitetônico que foram gerados os relatórios de materiais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente foi realizado o desenvolvimento da planta baixa no software AutoCAD, contendo as medidas necessárias para poder ser transferida para o software Eberick. Após concluído o projeto arquitetônico e utilizando da planta baixa, foi transferido e dimensionado o projeto da laje maciça convencional, tendo como resultado de materiais o concreto C-25, formas de madeirite, aços CA-50 e CA-60, de diversas bitolas, para a distribuição das armaduras da laje. A mão-de-obra para a confecção dessa laje necessita de carpinteiro, ajudante de carpinteiro para locar os madeirites, pedreiro e servente para locar as armaduras e de conduítes, que passarão pela laje e do lançamento do concreto. A seguir, nas figuras 2 e 3 estão representados os detalhamentos da laje maciça na planta de forma e detalhe isométrico:

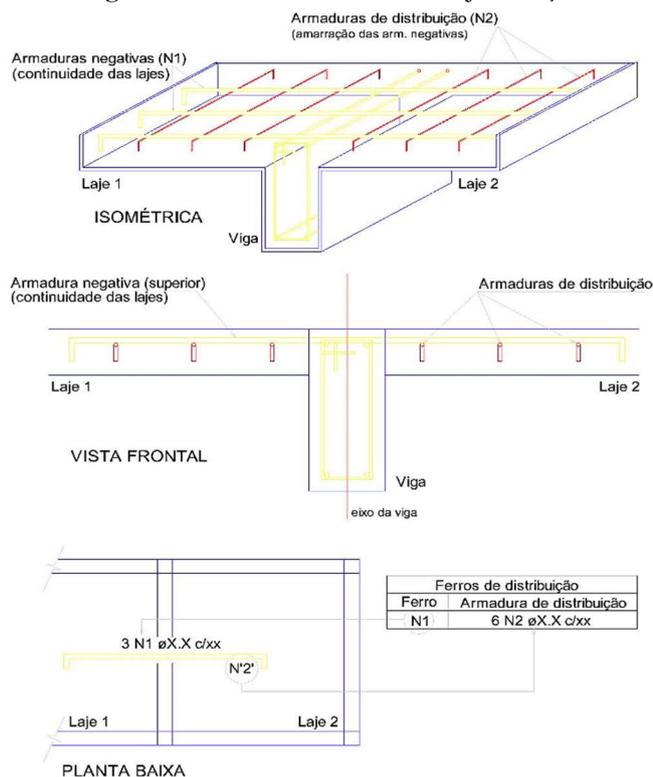
Figura 2 – Detalhe da laje maciça na planta de forma.



Fonte: Própria (2020).

A laje maciça foi distribuída em 8 regiões da casa, sendo uma dessas regiões, um vão maior, localizado na sala e cozinha, logo, devido à resistência do concreto de 25 Mpa, as bitolas de aço corretas e a espessura das vigas e paredes, essa laje pode resistir e suportar esse vão. A laje maciça indica um grau de peso maior sobre a estrutura, pois toda a sua composição é de concreto maciço e aço, tendo espessura de 12cm, sendo descarregado o peso para as paredes e, por fim, nas vigas e sapatas.

A figura 3 demonstra o detalhamento isométrico da laje maciça, podendo visualizar como se situam as armaduras de distribuição e as armaduras negativas (localizadas na parte superior da laje na menor direção, servindo de resistência a tração).

Figura 3 – Detalhe isométrico da laje maciça.

Fonte: Própria (2020).

A seguir, na tabela 1, está descrito todo o resumo do material da laje maciça.

Tabela 1 – Resumo dos materiais da laje maciça.

LAJE MACIÇA					
Descrição/item	Unidade de medida	Quantidade/Peças	Unidade/Peças	Preço Uni. (R\$)	Total
Aço CA-50 de 6,3 mm	Kg	227,7	76	26,7	2.029,80
Aço CA-50 de 8,0 mm	Kg	12,3	3	43	129
Aço CA-50 de 10,0 mm	Kg	219,1	30	63,3	1.908,00
Aço CA-60 de 5,0 mm	Kg	4,1	2	18,4	36,80
Vol. Concreto C-25 para 12 cm de laje, E=8 cm e Capeamento=4 cm	m ³	10,2	--	461,177	4.704,00
Área de forma Madeirite	m ²	85	36	68,48	2.405,28
Carpinteiro	h	30,10	2	19,67	1.184,13
Ajudante de carpinteiro	h	10,88	1	16,52	179,73
Pedreiro	h	5,23	1	19,81	103,60
Servente	h	5,98	1	15,91	95,14
TOTAL					12.775,48

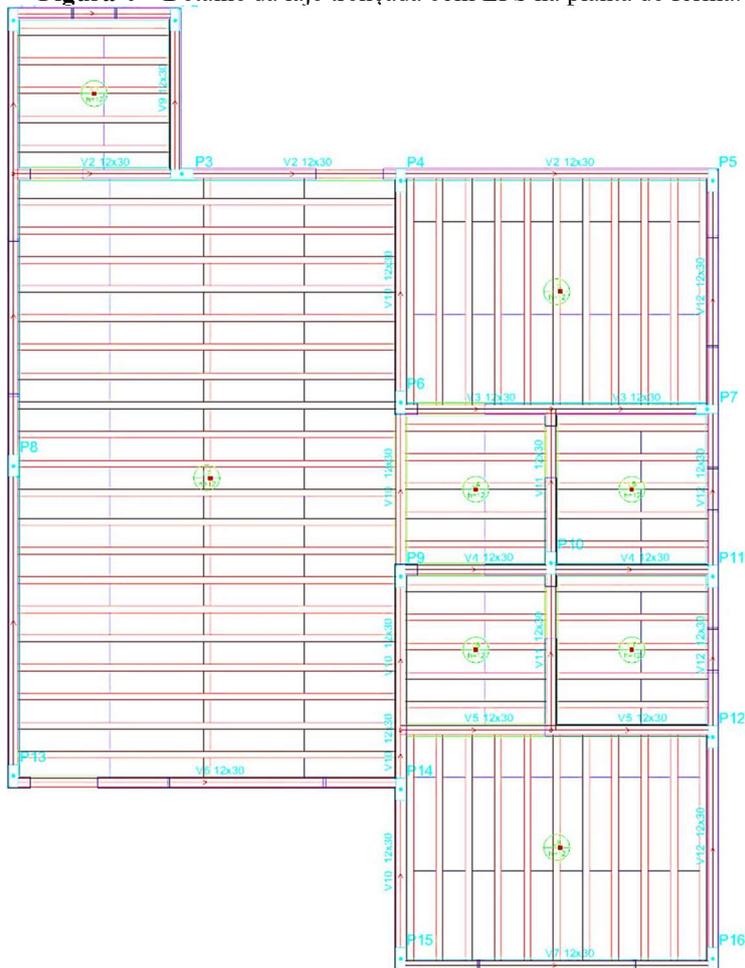
Fonte: Própria (2020).

Logo após foi realizado o dimensionamento utilizando o mesmo projeto arquitetônico para a laje treliçada com EPS, tendo como resultado de materiais o concreto C-25, aço CA-50 na armadura de distribuição e CA-60 utilizado na treliça, sendo a treliça TR 08645 TG8 da vigota, com as vigotas armadas na menor direção e o EPS. A mão-de-obra para a confecção dessa laje necessita de carpinteiro para confeccionar os caibros, pedreiro e servente

para locar as vigotas, os EPS's, as armaduras de distribuição, os conduítes que passarão pela laje, o escoramento e lançamento do concreto na laje.

As armaduras de distribuição ficam localizadas entre o EPS e a capa de concreto que a engloba, servem para distribuir as tensões, evitando fissurações. A seguir, nas figuras 4 e 5 estão representados os detalhamentos da laje treliçada com EPS na planta de forma e detalhe da laje treliçada com EPS:

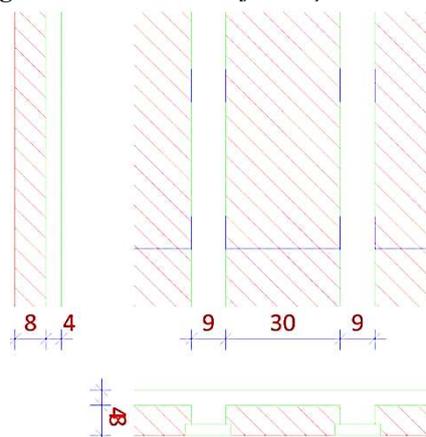
Figura 4 – Detalhe da laje treliçada com EPS na planta de forma.



Fonte: Própria (2020).

A laje treliçada, com poliestireno expandido (EPS), indicou uma redução no peso da estrutura, pois o EPS é isopor e serve como enchimento, logo, neste projeto, se pode observar, por meio da figura 4, que o EPS com as medidas que foram usadas, ocupam um grande espaço entre as vigotas e a capa de concreto, isso faz com que reduza a quantidade de concreto utilizada nessa laje, conseqüentemente, com menor volume de concreto, a estrutura se torna mais leve.

A figura 5 demonstra o detalhamento da laje com o EPS, sendo 8cm a espessura do EPS, 4cm a capa de concreto, completando 12cm de laje, sendo 9cm a base da vigota e 30cm a base do EPS, sendo o EPS de 30cm x 125cm.

Figura 5 – Detalhe da laje treliçada com EPS.

Fonte: Própria (2020).

A tabela 2, a seguir, descreve todo o material utilizado na laje treliçada com EPS.

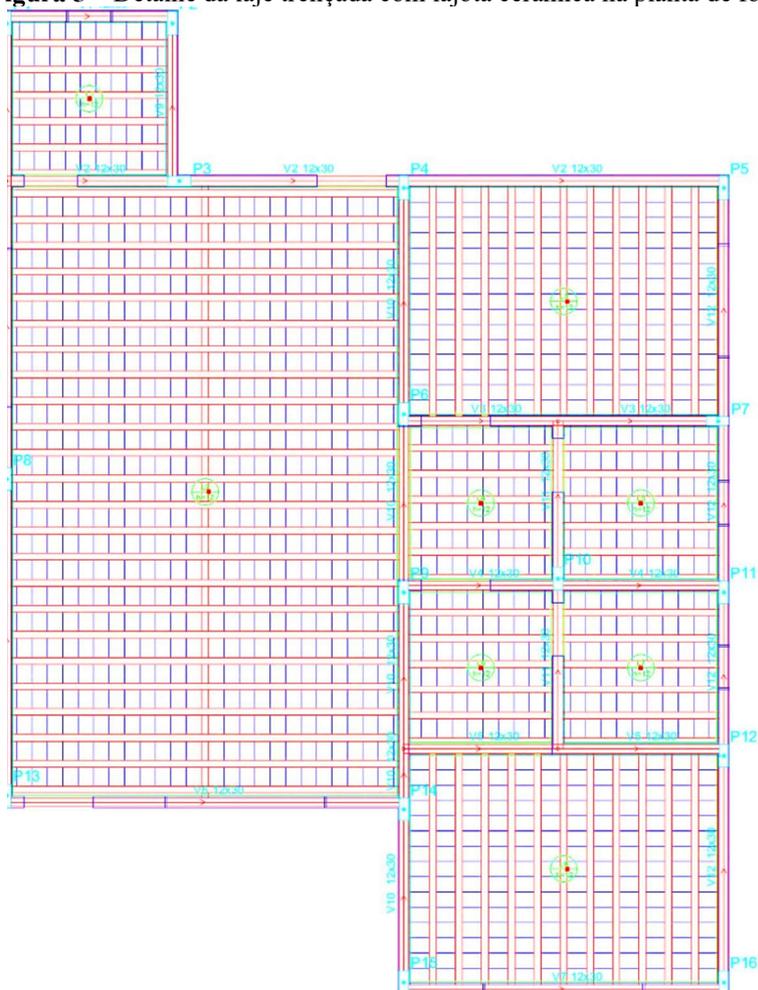
Tabela 2 – Resumo dos materiais da laje treliçada com EPS.

LAJE TRELIÇADA COM EPS					
Descrição/item	Unidade de medida	Quantidade	Unidade/Peças	Preço Uni. (R\$)	Total
Aço CA-50 de 10,0 mm	Kg	11,1	2	63,6	127,20
Volume de concreto C-25 para 12 cm de laje, E=8 cm e Capeamento=4 cm	m ³	4,4	--	461,177	2.029,18
Treliça TR 08645 TG8, Aço CA-60, CA-50 8,0 mm	ml	245,20	--	16,20	3.972,24
Bloco de EPS Unidirecional, B8/30/125	Unid	194	194	7,60	1.474,40
Carpinteiro	h	16,15	1	19,67	317,67
Pedreiro	h	29,75	1	19,81	589,34
Servente	h	36,125	2	15,91	1.149,50
TOTAL					9.659,53

Fonte: Própria (2020).

E, por fim, foi realizado o dimensionamento do projeto da laje treliçada com lajota cerâmica, tendo como resultado de materiais o concreto C-25, aço CA-50 e CA-60 na armadura de distribuição e CA-60 utilizado na treliça, sendo a treliça TR 08645 TG8 da vigota, com as vigotas armadas na menor direção e as lajotas cerâmicas. A mão-de-obra para a confecção dessa laje necessita de carpinteiro para confeccionar os caibros, pedreiro e servente para locar as vigotas, as lajotas cerâmicas, as armaduras de distribuição, os conduítes que passarão pela laje, o escoramento e lançamento do concreto na laje. A seguir, nas figuras 5 e 6, estão representados os detalhamentos da laje com cerâmica na planta de forma e detalhe da laje treliçada com lajota cerâmica.

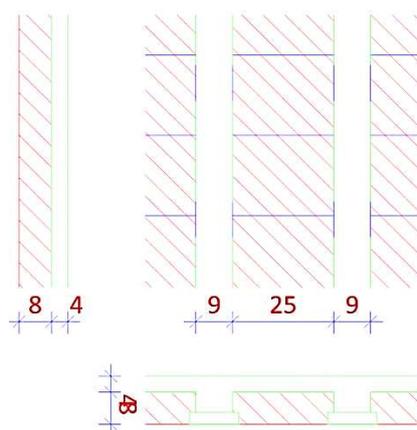
Figura 5 – Detalhe da laje treliçada com lajota cerâmica na planta de forma.



Fonte: Própria (2020).

A figura 5 demonstra o detalhamento da laje treliçada com lajota cerâmica, sendo possível observar na figura a disposição das lajotas e das vigotas. As lajotas cerâmicas não podem ser fabricadas com dimensões muito extensas, devido a sua composição ser de material argiloso, o que o torna pesado, também é conhecido por tabelas.

A figura 6 apresenta as dimensões das lajotas com espessura de 8cm e 4cm de capa de concreto, completando 12cm de laje, com 9cm na base da vigota e 25cm na base da lajota (tabela), sendo as lajotas de 25cm x 20cm. Esse espaço ocupado pela lajota possibilita reduzir a quantidade de concreto, pois onde seria concreto está sendo ocupado por esse material de enchimento. Devido à dimensão da lajota, a quantidade de lajotas é muito maior que o número de EPS, como dito anteriormente, a lajota é composta por um material argiloso, tornando-se mais pesada que o material do EPS.

Figura 6 – Detalhe da laje treliçada com lajota cerâmica.

Fonte: Própria (2020).

A tabela 3, a seguir, apresenta o resumo do material da laje treliçada com lajota cerâmica.

Tabela 3 – Resumo dos materiais da laje treliçada com lajota cerâmica.

LAJE TRELIÇADA COM LAJOTA CERÂMICA					
Descrição/item	Unidade de medida	Quantidade	Unidade/Peças	Preço Uni. (R\$)	Total
Aço CA-50 de 10,0 mm	Kg	11,1	2	63,6	127,20
Aço CA-60 de 5,0 mm	Kg	37,5	21	18,38	386,00
Volume de concreto C-25 para 12 cm de laje, E=8 cm e Capeamento=4 cm	m ³	4,6	--	479,13	2.029,18
Treliça TR 08645 TG8, aço CA-60, aço CA-60 5,0 mm	ml (m)	246,07	--	16,20	3.986,33
Bloco de lajota cerâmica B8/25/20	Unid	1182	1182	2,20	2.600,40
Carpinteiro	h	16,15	1	19,67	317,67
Pedreiro	h	29,75	1	19,81	589,34
Servente	h	36,125	2	15,91	1.149,50
TOTAL					11.185,62

Fonte: Própria (2020).

Toda a estrutura foi dimensionada e processada pelo software Eberick V21, versão demonstrativa, e como dito anteriormente, está dentro das normas e atendendo aos critérios de segurança, sendo assim, configura-se um meio quantitativo seguro para fornecer os materiais e, por meio dele, foi possível fazer o levantamento de custos dos materiais utilizados.

O levantamento de preço dos materiais foi local e a mão-de-obra baseou-se na planilha SINAPI – Não desonerada (Caixa, 2020), sendo calcula em horas, divididas em mão-de-obra para a confecção das formas pelo carpinteiro e mão-de-obra pra a locação de materiais de enchimento, concretagem e demais funções.

A laje maciça custou em média R\$12.775,48, a laje com EPS fornece o valor de R\$9.659,53 e com lajota cerâmica o valor de R\$11.185,62. Valores estes utilizados para o cálculo desta edificação. O custo aproximado por metro quadrado de laje para a laje maciça, laje treliçada com EPS e laje treliçada com lajota cerâmica expressa ficou em R\$150,29/m², R\$113,64/m² e R\$131,59/m² respectivamente.

Conforme o estudo comparativo de dimensionamento e custo de lajes pré-moldadas com bloco cerâmico e com EPS, Cruz (2019) conclui que a utilização do bloco cerâmico torna a estrutura mais pesada e um custo mais elevado do que com a utilização de EPS. E também conforme a análise comparativa de custos de diferentes tipos de lajes sendo elas a laje maciça, nervurada e treliçada, Guesser e Deborloti (2019) concluem que a laje maciça teve um custo muito mais elevado que os outros sistemas de lajes.

Por meio do levantamento de preço para a execução dos três tipos de lajes, pode-se verificar que a laje com enchimento de poliestireno (EPS) foi a laje que consumiu menos material e tornou a estrutura mais leve, pois o EPS é mais leve e pode ser colocado com mais facilidade e, devido a sua leveza, possibilitou uma redução de tempo de mão-de-obra considerável em relação a colocação das lajotas cerâmicas, pois conforme a tabela SINAPI, ela consta como horas de mão-de-obra semelhantes, porém na prática, o trabalho para a confecção da laje com EPS pode ser muito mais acelerado.

5. CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi realizar uma análise comparativa de custos entre laje convencional (maciça) e lajes pré-moldadas (treliçada com EPS e treliçada com lajota cerâmica unidirecional) a partir de um projeto arquitetônico base de uma residência unifamiliar. Considerando os dados extraídos do software Eberick e os dados dos relatórios, podemos verificar que a laje que utilizou menos material foi a laje treliçada com EPS. A laje maciça e laje treliçada com cerâmica exercem um peso maior sobre a estrutura e utilizam mais material para serem executadas, constatou-se também que a laje maciça utilizou o dobro de aço e concreto que a laje com EPS e a laje com cerâmica.

A laje treliçada com EPS foi mais econômica que as demais, mais leve, com mão-de-obra semelhante a da lajota cerâmica, mas como dito anteriormente, devido a leveza de seu material, pode ser confeccionada com um tempo inferior à maciça e de lajota cerâmica e suas características, quanto a segurança para a colocação, isolamento térmico e acústico, garantem ser a melhor opção para obras residenciais. Portanto, considerando as características de cada laje, materiais e mão-de-obra, conclui-se que a economia da laje treliçada com EPS em relação a maciça é de 24,39% em relação a de cerâmica, que é de 13,64% mais barata. Logo, a laje treliçada com EPS é a mais econômica, a laje treliçada com lajota cerâmica é a segunda mais econômica, e em terceiro está a laje maciça.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14859-1: laje pré-fabricada de concreto – Parte 1: Vigotas, minipainéis e painéis-requisitos**. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: cargas para o cálculo de projetos de edificações**. Rio de Janeiro, 1980.

ALBUQUERQUE, A.T. **Análise de alternativas estruturais para edifícios em concreto armado.** Orientador: Prof. Dr. Libânio Miranda Pinheiro. 1999. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1999. Versões impressa e eletrônica.

BASTOS, P, S, S. **Lajes de Concreto: Trabalho para a disciplina de Estruturas de Concreto 1.** 2015. 86 f. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2015. Versões impressa e eletrônica.

BELGO. **Manual Técnico de Lajes Treliçadas.** 40f. Grupo Arcelor. 2010. Disponível em: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/14280/material/Lajes%20Trelisadas%20-%20Manual%20Lajes%20Trelisadas%20-%20BELGO.pdf>. Acesso em: 10 set 2020.

CRUZ, K, L. **Estudo comparativo de dimensionamento e custos entre projetos estruturais com utilização de laje pré-moldadas com bloco cerâmico e EPS como elementos de enchimento.** Revista Especialize, Goiânia, ano 10, vol. 01, 17. ed. 2019. Disponível em: <https://assets.ipog.edu.br/wp-content/uploads/2019/12/07015622/kleyton-lisboa-da-cruz-1913111215.pdf>. Acesso em: 14 set 2020.

CUNHA, M.O. **Recomendações para projeto de lajes formadas por vigotas com armação Treliçada.** Orientador: Mounir Khalil El Debs. 2012. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Versões impressa e eletrônica.

DORNELES, D, M. **Lajes na construção civil brasileira: Estudo de caso em edifício residencial em Santa Maria-RS.** Orientador: Prof. Joaquim C. Pizzutti dos Santos (UFSM). 2014. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Versões impressa e eletrônica.

GIONGO, J. S. **Concreto armado: projeto estrutural de edifícios.** Apostila, São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, Departamento de Engenharia de Estruturas, 2007, 184p.

GUESSER, L, J; DEBORTOLI, M, F. **Análise comparativa entre diferentes tipos de lajes quanto as cargas geradas e consumo de materiais.** 2019. 74f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2019. Versões impressa e eletrônica.

MACHADO, T, F. **Estudo da continuidade de lajes de nervuras pré-fabricadas.** Orientador: Daniel Domingues Loriggio. 2015. 99f. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

MARÇAL, A, R. **Estudo de lajes de concreto armado: comparativo de cálculo entre lajes treliçadas e maciças, utilizando método elástico.** Orientador: Prof. Dr. Marcos Alberto Oss Vaghetti. 2014. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Versões impressa e eletrônica.

MARTINS, A, B, T. **Orçamento e programação de uma edificação residencial multifamiliar.** Orientador(a): Prof^a. Dr. Fernanda Fernandes Marchiori. 2014. 96 f. Trabalho

de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Versões impressa e eletrônica.

MERLIN, A, J. **Análise probabilística do comportamento ao longo do tempo de elementos parcialmente pré-moldados com ênfase em flechas de lajes com armação treliçada.** Orientador: Mounir Khalil El Debs. 2006. 205f. Tese de Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006. Versões impressa e eletrônica.

NAKAO, R; CORREA, E, P; ROCHA, F, P; SILVA, J, N; JUNIOR, N, C; CARDOSO, C, S. **Lajes pré-fabricadas treliçadas: Uma análise experimental regional segundo a NBR 14859.** 2005. 11f. Artigo - Análise experimental, 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado, São Carlos, 2005. Versões impressa e eletrônica.

NERVO, R. **Análise comparativa dos sistemas estruturais de lajes convencionais e lajes nervuradas.** Orientador: José Antonio Rohlfs Jr. 2012. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2012. Versões impressa e eletrônica.

PINHEIRO, L, M; MUZARDO, C, D; SANTOS, S, P. **Fundamentos do concreto e Projeto de edifícios.** 2007. 380 f. Trabalho dedicado a alunos de graduação e a iniciantes em Engenharia Estrutural. Universidade de São Paulo- EESC/Departamento de Engenharia de Estruturas, São Carlos, 2007. Disponível em: http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/Apost_EESC_USP_Libanio.pdf. Acesso em: 07 out 020.

REUTERS, **Coronavírus interrompe recuperação do mercado imobiliário e suspende IPOs,** Exame, 01 Abril 2020. Disponível em: <https://exame.com/economia/coronavirus-interrompe-recuperacao-do-mercado-imobiliario-e-suspende-ipos/>. Acesso em 03 mar 2020.

SPOHR, V, H. **Análise comparativa: sistemas estruturais convencionais e estruturas de lajes nervuradas.** Orientador: Prof. Dr. Eduardo Rizzatti. 2008. 91f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008. Versões impressa e eletrônica.

VARGAS, I, M. **PIB brasileiro deve cair 5% em 2020 por coronavírus, diz Banco Mundial,** UOL, 12 Abril 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2020/04/pib-brasileiro-deve-cair-5-em-2020-por-coronavirus-diz-banco-mundial.shtml>. Acesso em: 03 mar 2020.

SILVA, B. R. **Contribuições à análise estrutural de lajes pré-fabricadas com vigotas treliçadas.** Orientador: Prof. Dr. Gerson Moacyr Sisniegas Alva. 2012. 150 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012. Versões impressa e eletrônica.