

**T8. Análise, projeto e modelagem estrutural**

**ESTUDO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS ESTRUTURAIS PARA LAJES  
DE EDIFÍCIOS EM CONCRETO ARMADO**

Anthony Matheus Cavalcante de Melo <sup>1</sup>; Gabriel Souza Pereira <sup>2</sup>;  
Vinicius Costa Correia <sup>3</sup>.

---

**RESUMO**

A execução de estruturas de concreto armado é algo já consolidado no mercado da construção civil e com o avanço de diversos métodos construtivos tornaram-se amplas as alternativas estruturais possíveis, onde o projetista, através de uma adequada análise estrutural, pode definir qual o sistema mais adequado para cada tipo de situação, levando em consideração consumos de materiais e custos de cada sistema analisado. Com isso, esse estudo pretende realizar um comparativo entre o uso de três diferentes tipos de lajes (maciça, nervurada moldada in loco e pré-moldada) em um edifício residencial de 5 pavimentos. O projeto estrutural do edifício foi realizado com o auxílio do software Eberick 2020. Em seguida, foram analisados os quantitativos de materiais de cada modelo estrutural e posteriormente foram calculados os custos de concreto, fôrma e aço de cada um deles. Os resultados mostraram que para o edifício analisado, o sistema estrutural composto por lajes maciças foi o que apresentou maior custo e o sistema estrutural composto por lajes pré-moldadas foi o mais econômico.

---

**Palavras-Chave:** Concreto Armado; Alternativas Estruturais; Consumo de Materiais; Custos.

---

---

<sup>1</sup> Afiliação: Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão  
Email: anthonymatheusufal@gmail.com

<sup>2</sup> Afiliação: Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão  
Email: gabriel\_souzapereira@hotmail.com

<sup>3</sup> Afiliação: Universidade Federal de Alagoas – Campus do Sertão  
Email: vinicius.correia@delmiro.ufal.br

# 1 INTRODUÇÃO

Quando se fala em projeto estrutural, diversas são as possibilidades existentes, tanto para concepção estrutural, como para a escolha dos métodos construtivos utilizados na execução. Com a diversidade de alternativas estruturais, torna-se mais desafiadora a tarefa do engenheiro estrutural que, independentemente da situação, deve estar sempre atento para estudar a viabilidade de cada tipo de projeto que pode ser adotado em sua análise estrutural, visto que as opções são diversas, tais como: estruturas com lajes maciças, lajes nervuradas e pré-moldadas, por exemplo.

Além de desenvolver um projeto que garanta a segurança, o projetista deve buscar opções que sejam econômicas e que atendam às necessidades do projeto arquitetônico, visando assim escolher a melhor opção possível. Para que isso ocorra, é necessário conhecer, além das alternativas estruturais, os diversos métodos construtivos, bem como os custos dos materiais utilizados na construção da estrutura.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre diferentes modelos estruturais de concreto armado para um mesmo edifício residencial, utilizando lajes maciças, lajes nervuradas moldadas *in loco* e lajes pré-moldadas formadas por vigotas treliçadas, sendo utilizada a mesma distribuição de vigas e pilares para as três concepções e comparando ao final os quantitativos de materiais e custos das lajes de cada projeto, visando assim identificar, dentre os modelos adotados, qual é o tipo de laje mais viável economicamente para o edifício analisado.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Lajes de Concreto Armado

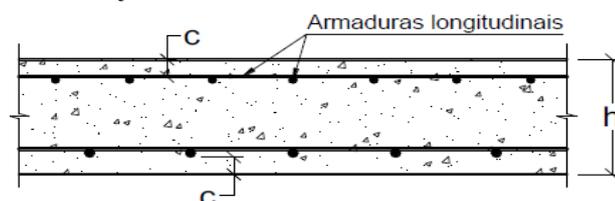
Segundo Pinheiro (2007), as lajes são elementos planos, também denominadas como placas de concreto armado, com duas dimensões muito maiores que a terceira, sendo a terceira dimensão denominada espessura. As lajes têm como principal função receber os carregamentos atuantes no andar, provenientes do uso da construção (pessoas, móveis e equipamentos), e transferi-los para os apoios, que podem ser vigas ou pilares.

Diante das inúmeras realidades e necessidades apresentadas pelas estruturas, diversos tipos de lajes de concreto armado foram criados. O tipo de laje a ser empregado deve ser avaliado pelo projetista estrutural de acordo com a finalidade da edificação. Dessa forma, as lajes podem ser divididas em dois grupos principais referentes ao método de execução, que são as lajes moldadas *in loco*, onde podemos citar as lajes que são construídas em sua totalidade no local da obra, como é o caso das lajes maciças e as lajes nervuradas e o segundo grupo que é das lajes pré-fabricadas, ou seja, lajes que têm algumas de suas partes construídas fora do canteiro de obras, industrialmente, como é o caso das lajes nervuradas formadas por vigotas treliçadas.

### 2.2 Lajes Maciças

As lajes maciças de concreto armado são do tipo moldadas *in loco*. A Figura 1 ilustra a seção transversal, onde é possível visualizar a localização e disposição das armaduras, bem como a espessura do cobrimento e espessura total.

**Figura 1:** Seção transversal de uma laje.



**Fonte:** Bastos, 2015.

Silva (2005) define as lajes maciças como sendo constituídas por placas de concreto armado com sua espessura mantida constante ao longo de toda a superfície, sendo que as mais usuais são as que se apoiam em vigas, ou seja, são mais comuns que as lajes lisas (lajes maciças que se apoiam direto nos pilares).

Uma classificação importante apresentada por Bastos (2015) refere-se à direção ou às direções da armadura principal, pois as lajes maciças podem ser armadas em uma ou em duas direções. O critério para se definir o caso em que a laje está depende apenas das medidas dos vãos efetivos dela. Se a relação entre o maior e menor vão for superior a dois, então a laje será armada em uma direção, pois considera-se que ela trabalha em apenas uma direção; do contrário a laje será armada em duas direções. Pinheiro (2007) destaca que as lajes armadas em uma direção, na realidade, também têm armaduras nas duas direções. A armadura principal, na direção do menor vão, é calculada para resistir o momento fletor nessa direção, obtido ignorando-se a existência da outra direção. Portanto, a laje é calculada como se fosse um conjunto de vigas-faixa na direção do menor vão.

### 2.3 Lajes nervuradas moldadas *in loco*

As lajes nervuradas são definidas pela NBR 6118 (2014, p. 97) como “... lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos esteja localizada nas nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte”, este material inerte, mais conhecido como material de enchimento, não contribui na resistência da laje nervurada.

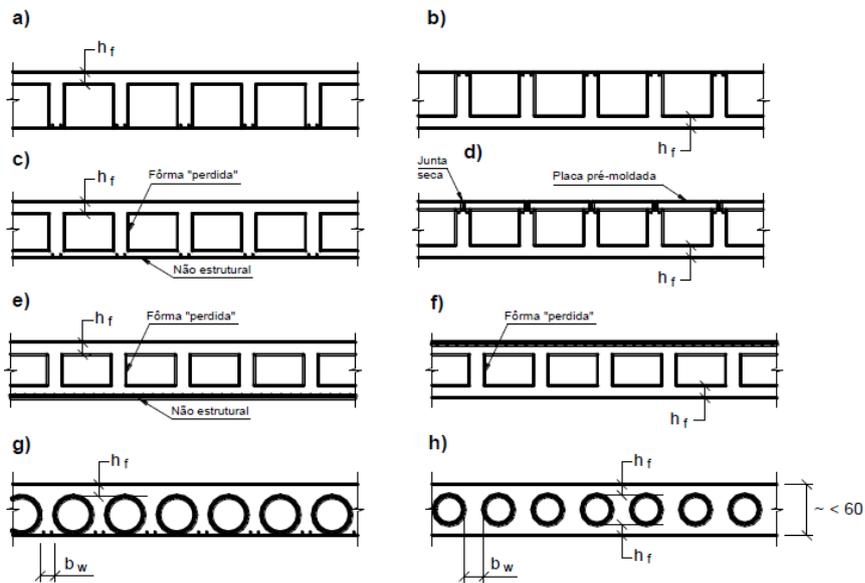
“Uma laje nervurada é constituída por um conjunto de vigas que se cruzam, solidarizadas pela mesa. Esse elemento estrutural terá comportamento intermediário entre a laje maciça e o de grelha.” (RAZENTE, 2003, p. 01).

Semelhante às lajes maciças, as lajes nervuradas podem ser armadas em uma direção ou em duas direções, em função da existência de nervuras em uma ou em duas direções.

Segundo BASTOS (2015, p. 65), a laje nervurada é indicada para se vencer grandes vãos ou resistir a altas ações verticais. Com o aumento do comprimento dos vãos, o número de pilares e vigas diminuem, mostrando que a adoção deste tipo de laje é indicada para ambientes espaçosos, como por exemplo museus, hospitais, escolas, escritórios e para residências, dando assim, um ar de modernidade.

Os materiais de enchimento podem ser constituídos por diversos materiais, como: tijolo cerâmico; caixas de fibrocimento, papelão ou madeira; blocos de concreto poroso, blocos de concreto celular, blocos de madeira compensada; placas de gesso; placas de Eucatex; telas Deployé; EPS (poliestireno expandido/isopor); formas especiais industrializadas (plástico/polipropileno). Devido à disposição e forma do material de enchimento, há diversas possibilidades para a execução das lajes nervuradas, conforme é ilustrado pela Figura 2.

**Figura 2:** Disposições possíveis para lajes nervuradas.



Fonte: Bastos, 2015.

## 2.4 Lajes pré-moldadas formada por vigotas treliçadas

BASTOS (2015, p. 75) define como laje pré-moldada, “a laje que tem suas partes constituintes fabricadas em escala industrial no canteiro de uma fábrica. Pode ser de concreto armado ou de concreto protendido”.

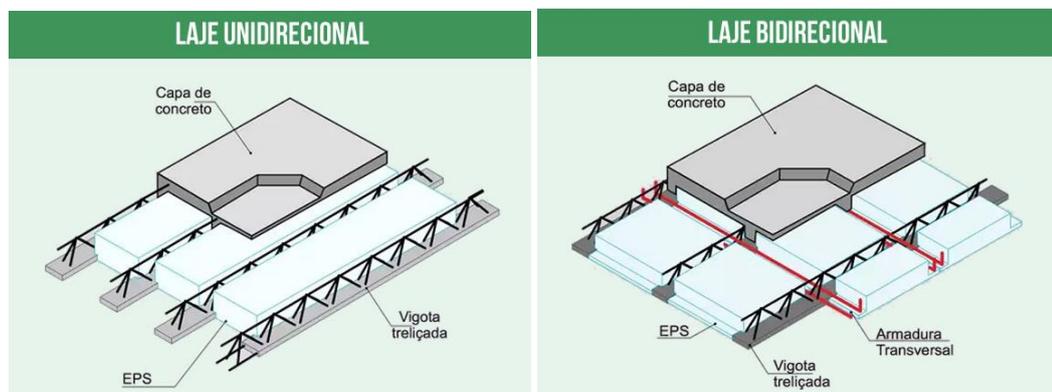
As lajes pré-moldadas do tipo treliçada são classificadas por Bastos (2015) como:

**Laje pré-fabricada unidirecional:** são as lajes constituídas por nervuras principais longitudinais, dispostas em uma única direção. Podem ser empregadas algumas nervuras transversais, perpendiculares às nervuras principais;

**Laje pré-fabricada bidirecional:** laje nervurada, constituída por nervuras principais nas duas direções;

As lajes pré-moldadas são compostas por vigotas de concreto e aço (armadura), blocos de enchimento, que podem ser lajotas ou EPS, conforme a Figura 3 apresenta, e capeamento superior de concreto.

**Figura 3:** Laje pré-fabricada do tipo treliçada.



Fonte: Amazonlaje, 2019.

## 2.5 Dados de Projeto

O dimensionamento das lajes para todos os casos analisados será realizado por meio do programa computacional Eberick 2020. Com isso, foram utilizados os seguintes dados de projeto: Classe de agressividade ambiental II; concreto armado C-25; velocidade do vento de 30 m/s; cobrimento nominal para laje = 2,5 cm e viga/pilar = 3 cm; aço CA-50; peso próprio da laje de 25 kN/m<sup>3</sup>; revestimento do teto de 2 cm de espessura e peso específico de 19 kN/m<sup>3</sup>, sendo aplicado 0,38 kN/m<sup>2</sup> sobre a área útil; piso cerâmico de 0,85 kN/m<sup>2</sup> sobre a área útil; contrapiso de 3 cm de espessura e peso específico de 21 kN/m<sup>3</sup>, sendo aplicado 0,63 kN/m<sup>2</sup> sobre a área útil; paredes com 2,8 m de altura compostas pelo reboco (argamassa de cimento e areia com peso específico de 19 kN/m<sup>3</sup> e espessura de 1,5 cm para cada lado) e tijolo furado (peso específico de 13 kN/m<sup>3</sup> e espessura de 12 cm); vigas com seções: 12 x 40 cm e 20 x 50 cm; carga acidental de 1,5 kN/m<sup>2</sup> para dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro de edifícios residenciais; carga acidental de 2,0 kN/m<sup>2</sup> para despensa, área de serviço e lavanderia de edifícios residenciais; carga acidental de 1,5 kN/m<sup>2</sup> para corredores dentro de unidades autônomas (residências); carga acidental de 0,1 kN/m<sup>2</sup> para forros sem acesso ao público; carga acidental de 2,5 kN/m<sup>2</sup> para varandas sem acesso ao público.

O edifício é composto por 5 pavimentos-tipo, sendo dois apartamentos residenciais por pavimento. A planta de fôrma do pavimento-tipo se assemelha à planta de fôrma da cobertura do edifício, contendo as mesmas dimensões de vigas e pilares. Cada pavimento-tipo possui uma área útil de 722 m<sup>2</sup> e os apartamentos possuem individualmente uma área útil de 320 m<sup>2</sup>. A altura de piso a piso entre os pavimentos é de 2,88 m, tendo o edifício uma altura total de 14,40 m até a cobertura. Acima da cobertura contém uma casa de máquinas, espaço para barrilete e caixa de água, como é mostrado na Figura 4.

**Figura 4:** Modelagem 3D do edifício residencial.



**Fonte:** Autores, 2020.

## 2.6 Procedimentos e análise dos dados

Seguindo as recomendações da NBR 6118 (2014), foram determinadas as espessuras das lajes em cada situação. Para o caso do edifício projetado com lajes maciças, as respectivas lajes foram todas dimensionadas com espessura igual a 10 cm.

Para as lajes nervuradas, as alturas adotadas foram variáveis, como é mostrado na Tabela 1, sendo esses valores determinados conforme as exigências apresentadas durante a concepção estrutural. O material de enchimento utilizado no dimensionamento foi o bloco de EPS Painel, dos tipos B10/40/40 (dimensões 10x40x40 cm) e B16/40/40 (dimensões 16x40x40 cm).

De maneira análoga às lajes nervuradas, as alturas das lajes pré-moldadas também foram variáveis, como é possível observar na Tabela 2. O bloco de enchimento considerado foi o EPS Bidirecional, dos tipos B10/40/40 e B16/40/40, e a vigota pré-moldada do tipo TR 08644, que tem a sapata com altura igual a 3 cm e largura de 13 cm.

**Tabela 1:** Altura das lajes nervuradas (cm).

Laje	$h_{\text{mesa}}$	$h_{\text{nervura}}$	$h_{\text{Total}}$
L1	4	10	14
L2	4	16	20
L3	4	10	14
L4	4	10	14
L5	4	10	14
L6	4	16	20
L7	4	16	20
L8	4	10	14
L9	4	10	14
L10	4	10	14
L11	4	16	20
L12	4	16	20
L13	4	10	14
L14	4	10	14
L15	4	16	20
L16	4	10	14
L17	4	10	14

Fonte: Autores, 2020.

**Tabela 2:** Altura das lajes pré-moldadas (cm).

Laje	$h_{\text{mesa}}$	$h_{\text{nervura}}$	$h_{\text{Total}}$
L1	4	10	14
L2	4	10	14
L3	4	10	14
L4	4	10	14
L5	4	10	14
L6	4	16	20
L7	4	16	20
L8	4	10	14
L9	4	10	14
L10	4	10	14
L11	4	16	20
L12	4	16	20
L13	4	10	14
L14	4	10	14
L15	4	10	14
L16	4	10	14
L17	4	10	14

Fonte: Autores, 2020.

Após a modelagem de cada projeto estrutural, foram obtidos os quantitativos de materiais e custos referentes às lajes. Vale ressaltar que, neste estudo não foi considerado o custo da mão de obra.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Quantitativo de materiais

Após a modelagem da estrutura no programa Eberick, foi obtido o quantitativo de materiais e com auxílio do banco de dados do Sistema Nacional de Pesquisa e Índices da Construção Civil (SINAPI), foram obtidos os custos unitários conforme é expresso pelas Tabelas 3 a 7, onde as Tabelas 3, 4 e 7 apresentam os materiais moldados *in loco* e as Tabelas 5 e 6 apresentam os materiais pré-moldados (exclusivamente das lajes pré-moldadas).

Foram retirados do SINAPI (2020) os custos da composição de concretagem de lajes com concreto C-25, a composição de montagem e desmontagem de fôrmas de lajes maciças e a composição de montagem e desmontagem de fôrmas de lajes nervuradas, conforme é expresso pela Tabela 3.

Para a composição do valor unitário do enchimento, foram utilizados os valores de Amorim (2018), conforme apresentado na Tabela 4.

**Tabela 3:** Consumo e custo unitário da concretagem e da montagem e desmontagem de fôrmas das lajes.

Tipo de Laje	Concreto C-25		Fôrma	
	Volume (m <sup>3</sup> )	Valor Unitário (R\$/m <sup>3</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	Valor Unitário (R\$/m <sup>2</sup> )
Maciça	72,8	389,86	727,7	180,62
Nervurada	62,6	389,86	732,7	117,8
Pré-moldada	55,5	389,86	0	-

Fonte: Autores, 2020.

O custo unitário do aço das peças pré-moldadas foi retirado do SINAPI (2020) utilizando a composição de armação de lajes para seus respectivos diâmetros e classes de aço, conforme é expresso na Tabela 5.

Para a composição do custo unitário das vigotas treliçadas, foram utilizados os valores de PUMA (2002), conforme apresentado na Tabela 6.

Os custos unitários das barras de aço das lajes foram retirados do SINAPI (2020), utilizando a composição de armação para seus respectivos diâmetros e classes de aço, conforme é mostrado na Tabela 7.

**Tabela 5:** Consumo e custo unitário de aço nas lajes pré-moldadas (pré-fabricados).

Aço	Diâmetro (mm)	Peso + 10% (kg)	Valor Unitário (R\$/kg)
CA50	6.3	29,1	8,26
CA50	8.0	111,7	7,85
CA50	10.0	7,7	7,08
CA60	5.0	209,3	9,87

Fonte: Autores, 2020.

**Tabela 6:** Consumo e custo unitário de vigotas treliçadas nas lajes pré-moldadas (pré-fabricados).

Aço	Tipo	Peso + 10% (kg)	Valor Unitário (R\$/kg)
CA60	TR 06644	8,1	24,97
CA60	TR 08644	1211,9	24,97

Fonte: Autores, 2020.

**Tabela 4:** Consumo e custo unitário dos enchimentos das lajes.

Tipo de laje	Tipo de enchimento	Quantidade (UN)	Valor Unitário (R\$/UN)
Maciça	-	-	-
Nervurada	B10/40/40	1500	3,93
	B16/40/40	2070	4,72
Pré-moldada	B10/40/40	2010	3,93
	B16/40/40	1530	4,72

Fonte: Autores, 2020.

**Tabela 7:** Consumo e custo unitário de aço para as lajes.

Tipo de Laje	Aço	Diâmetro (mm)	Peso + 10% (kg)	Valor Unitário (R\$/kg)
Maciça	CA50	6.3	1587,3	8,26
	CA50	8.0	556,7	7,85
	CA50	10.0	98,2	7,08
	CA60	5.0	1823,6	9,87
Nervurada	CA50	6.3	491,1	8,26
	CA50	8.0	354,7	7,85
	CA50	10.0	395,6	7,08
	CA60	5.0	346	9,87
Pré-moldada	CA50	6.3	214,5	8,26
	CA50	8.0	275,4	7,85
	CA50	10.0	359,9	7,08
	CA60	5.0	97,9	9,87

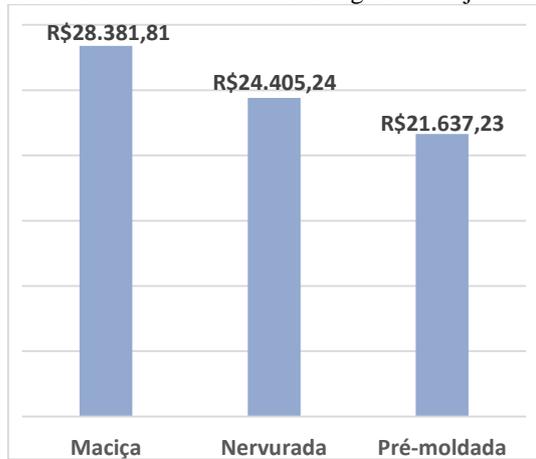
Fonte: Autores, 2020.

### 3.2 Comparativo do custo total da concretagem e da montagem e desmontagem das fôrmas das lajes

Com auxílio das informações da Tabela 3, os Gráficos 1 e 2 são gerados. Ao analisar os valores contidos no Gráfico 1, percebe-se que as lajes maciças apresentam um custo 16,29% maior que as lajes nervuradas moldadas *in loco*, e cerca de 31,17% maior que as lajes pré-moldadas. Na análise dos valores contidos no Gráfico 2, percebe-se que as lajes maciças apresentam um custo 52,28% maior que as lajes nervuradas moldadas *in loco*, devido ao custo unitário da montagem e desmontagem de fôrmas de lajes maciças ser maior que as nervuradas,

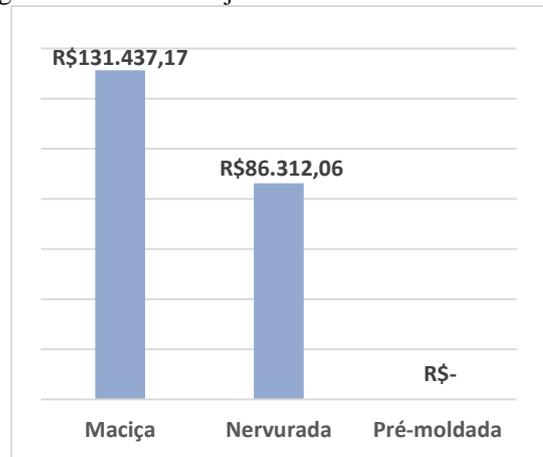
mesmo a nervurada tendo uma área maior de fôrma. Em contrapartida, como a laje pré-moldada não utiliza fôrmas, logo, seu custo para este quesito é nulo.

**Gráfico 1:** Custo total da concretagem das lajes.



Fonte: Autores, 2020.

**Gráfico 2:** Custo total da montagem e desmontagem de fôrmas das lajes.

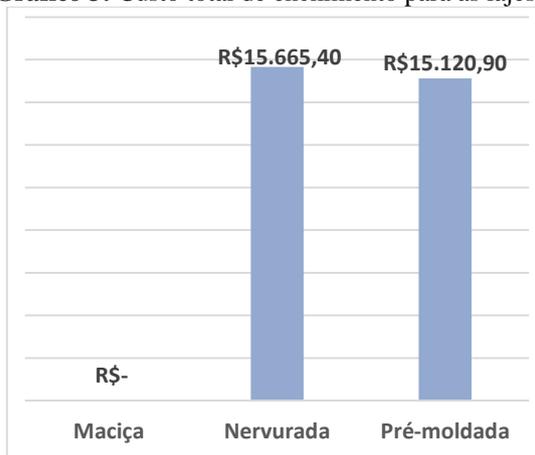


Fonte: Autores, 2020.

### 3.3 Comparativo do custo total de enchimento para as lajes e do custo total dos elementos pré-moldados das lajes

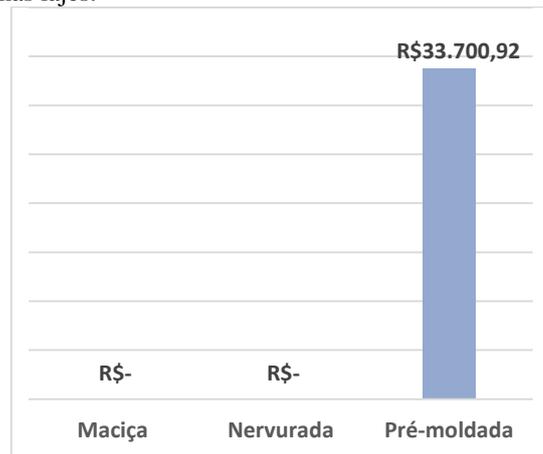
Com auxílio das informações da Tabela 4, o Gráfico 3 é gerado e com ajuda das Tabelas 5 e 6, o Gráfico 4 é gerado. Ao analisar os valores contidos no Gráfico 3, percebe-se que as lajes nervuradas moldadas *in loco* apresentam um custo 3,6% maior que as lajes pré-moldadas. Nas lajes maciças, seu custo é zero, por não utilizar enchimento em sua construção. Na análise dos valores contidos no Gráfico 4, percebe-se que as lajes pré-moldadas são as únicas a terem, pois utilizam elementos pré-moldados em sua construção.

**Gráfico 3:** Custo total de enchimento para as lajes.



Fonte: Autores, 2020.

**Gráfico 4:** Custo total dos elementos pré-moldados nas lajes.

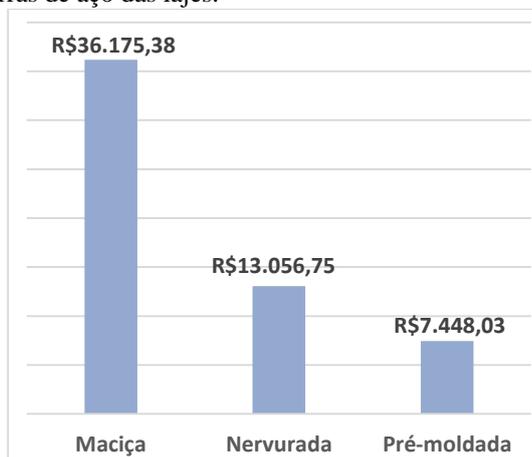


Fonte: Autores, 2020.

### 3.4 Comparativo do custo total das barras de aço das lajes

Com auxílio das informações da Tabela 7, o Gráfico 5 é gerado. Ao analisar os valores contidos no Gráfico 5, percebe-se que as lajes maciças apresentam um custo 177,06% maior que as lajes nervuradas moldadas *in loco*, e cerca de 385,70% maior que as lajes pré-moldadas.

Gráfico 5: Custo total das barras de aço das lajes.

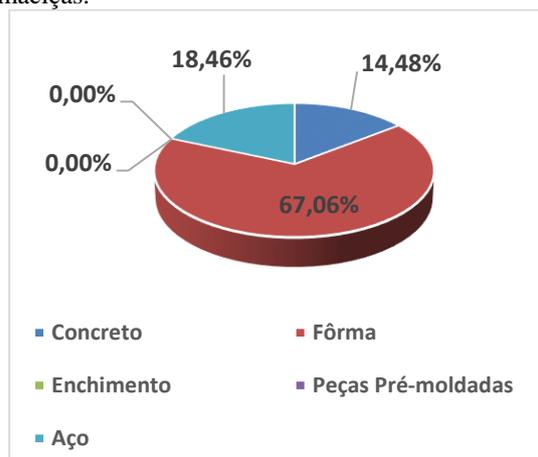


Fonte: Autores, 2020.

### 3.5 Comparativo de custos de cada alternativa estrutural para lajes

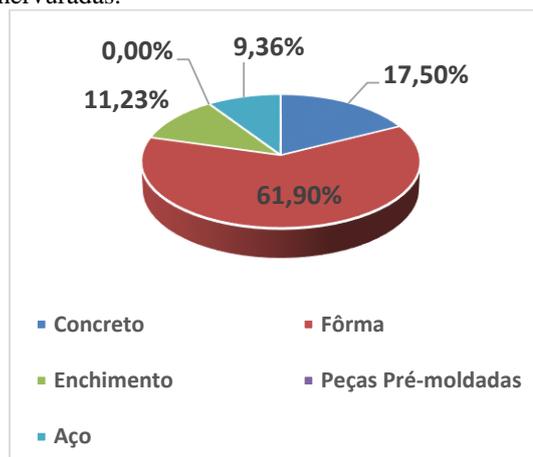
Com ajuda dos Gráficos 1 a 5, os Gráficos 6 e 7 são gerados. Ao analisar os valores contidos no Gráfico 6, percebe-se que o maior custo das lajes maciças se refere à montagem e desmontagem das fôrmas, sendo responsável por 67,06% de seu custo total. Na análise dos valores contidos no Gráfico 7, percebe-se que o maior custo das lajes nervuradas é da montagem e desmontagem das fôrmas, sendo responsável por 61,90% de seu custo total.

Gráfico 6: Comparativo entre os custos das lajes maciças.



Fonte: Autores, 2020.

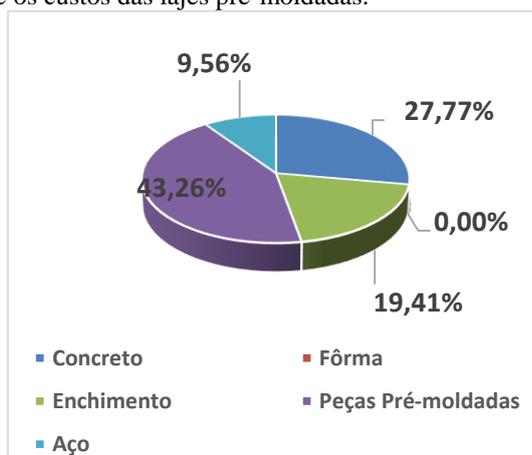
Gráfico 7: Comparativo entre os custos das lajes nervuradas.



Fonte: Autores, 2020.

Com ajuda dos Gráficos 1 a 5, o Gráfico 8 é gerado. Ao analisar os valores contidos no Gráfico 8, percebe-se que o maior custo das lajes pré-moldadas é das peças pré-moldadas, sendo responsável por 43,26% de seu custo total.

**Gráfico 8:** Comparativo entre os custos das lajes pré-moldadas.

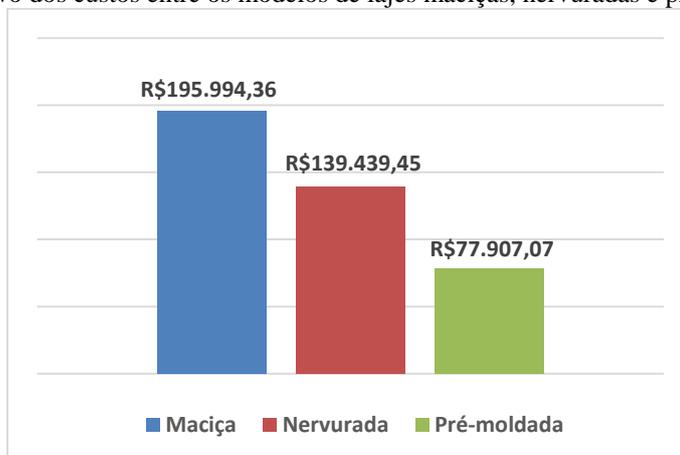


Fonte: Autores, 2020.

### 3.6 Comparativo dos custos entre os sistemas estruturais

Com auxílio das informações dos Gráficos 1 a 5, o Gráfico 9 é gerado. Na análise dos valores contidos no Gráfico 9, percebe-se que as lajes maciças apresentam um custo 40,56% maior que as lajes nervuradas moldadas *in loco*, e cerca de 151,57% maior que as lajes pré-moldadas, mostrando assim, a discrepância entre os valores das lajes maciças para as lajes nervuradas e pré-moldadas, sendo principalmente responsável pela diferença o custo da montagem e desmontagem das fôrmas.

**Gráfico 9:** Comparativo dos custos entre os modelos de lajes maciças, nervuradas e pré-moldadas.



Fonte: Autores, 2020.

## 4 CONCLUSÕES

Este trabalho analisou o quantitativo de materiais e seus custos em três edificações idênticas (exceto em suas lajes) de concreto armado, sendo comparados os sistemas estruturais com lajes maciças, lajes nervuradas moldadas *in loco* e lajes pré-moldadas. Diante dos resultados obtidos através dos comparativos, foi possível identificar o modelo com laje pré-moldada como o modelo mais econômico entre os analisados, tendo uma redução de cerca de 60,25% em relação ao modelo de lajes maciças e redução de cerca de 44,13% do custo total do modelo de lajes nervuradas moldadas *in loco*.

O modelo de lajes nervuradas moldadas *in loco* apresentou o segundo menor custo, apresentando uma redução de cerca de 28,86% em relação ao modelo de lajes maciças, sendo

esta última a que apresentou o maior custo dentre os três modelos estruturais analisados. Nos comparativos de concreto, fôrma e aço, o modelo de lajes maciças apresentou o maior custo. Em contrapartida, o modelo de lajes pré-moldadas apresentou o menor.

Nos comparativos de enchimento e elementos pré-moldados, as lajes maciças apresentaram valor nulo, devido à inexistência desses materiais. Por outro lado, as lajes pré-moldadas apresentaram o maior custo no comparativo das peças pré-moldadas e as lajes nervuradas apresentaram o maior valor no comparativo do enchimento.

Estes resultados podem ser explicados pelo fato da montagem e desmontagem das fôrmas das lajes maciças corresponderem a mais da metade de seu custo total, sendo este custo de R\$ 131.437,17 e a diferença entre os custos totais dos modelos de lajes maciças e pré-moldadas serem de R\$ 118.087,29, ficando claro que modelos de lajes que utilizam fôrmas podem encarecer o projeto. Como também é o caso da edificação com lajes nervuradas moldadas in loco, com custo de R\$ 86.312,06 em montagem e desmontagem de fôrmas e a diferença entre os custos totais dos modelos de lajes nervuradas moldadas in loco e pré-moldadas serem de R\$ 61.532,37. Os demais critérios considerados como concretagem, enchimento, elementos pré-fabricados e armação das lajes, acabam desempenhando um pequeno papel na comparação dos resultados.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, Diego da Silva. **Estudo comparativo de quantitativos de insumos e custos totais entre soluções estruturais de laje para um determinado projeto arquitetônico**. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto armado – procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

BASTOS, P. S. S. Lajes de concreto. **Universidade Estadual Paulista, São Paulo**, 2015.

PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do concreto e projetos de edifícios**. Universidade de São Paulo: São Carlos, 2007.

PUMA, Armação Treliçada. **Lajes Treliçadas**: armação treliçada puma. Armação Treliçada Puma. 2002. Disponível em: <http://www.treliart.com.br/downloads/Manual%20de%20Fabricacao.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2020.

RAZENTE, J. A.; PINHEIRO, L. M. **Estrutura de concreto**: capítulo 17. p. 251 – 267. Departamento de Engenharia de Estruturas - escola de engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. USP, 2003.

SILVA, M. A. F. **Projeto e construção de lajes nervuradas de concreto armado**. Universidade Federal de São Carlos: São Carlos, 2005.

SINAPI, Caixa. **Sistema Nacional de Pesquisa e Índices da Construção Civil**. 2020. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 17 ago. 2020.