

CUSTO COMPARADO DE ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO: PRÉ-LAJE PROTENDIDA X LAJE ALVEOLAR PROTENDIDA.

Adriano Mariot da Silva (1), Mônica Elizabeth Daré (2)

*UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
(1)adrianomariot@hotmail.com(2)dare@terra.com.br*

RESUMO

O presente trabalho demonstra um estudo de custo comparado considerando soluções de pavimentos em lajes alveolares protendidas e pré-lajes protendidas, em edificações de concreto pré-fabricado. Para a obtenção deste comparativo considerou-se dois projetos de edificações distintas com características que permitiram a aplicação das duas tipologias de lajes e a realização do orçamento dos custos diretos que envolvem o processo, identificando dessa forma qual das duas soluções terá o maior custo para a execução do pavimento e também para os custos totais diretos das obras da pesquisa. Com os resultados obtidos observou-se o comportamento dos custos de cada tipologia de laje nos custos diretos totais das edificações e nos custos do pavimento. Os resultados apontam que a adoção da tipologia pré-laje protendida, para ambas as edificações, proporcionam o menor custo no custo direto total e no custo direto do pavimento.

Palavras-Chave: Custo Comparado, Orçamento, Pré-fabricados, Laje Alveolar Protendida, Pré-laje Protendida.

1. INTRODUÇÃO

“A construção civil é uma atividade industrial caracterizada por um grau elevado de complexidade e que precisa ser bem caracterizado quanto aos seus insumos materiais e mão-de-obra, recursos financeiros e equipamentos.” Ávila & Libretto & Lopes (2003, p. 24). Num regime competitivo como em que vivemos na atualidade, se não tivermos um conhecimento adequado e suficiente na forma de calcular o orçamento ou honorários, corremos o risco de darmos preços excessivamente elevados e fora da realidade de mercado. (TISAKA, 2006, 18).

As lajes de concreto pré-fabricado oferecem uma solução econômica e versátil para pavimentos em qualquer tipo de estrutura. Ao redor do mundo aproximadamente metade dos pavimentos usados em edificações comerciais e domésticas são pré-fabricadas de concreto (ELLIOTT, 2002, p. 05). O mesmo autor ainda afirma que a

quantidade de concreto em uma estrutura pré-fabricada é inferior a 4% do volume total da obra, e que os pavimentos são responsáveis por 2/3 deste valor.

Mesmo hoje com a utilização freqüente dos sistemas pré-fabricados na construção civil ainda nos falta de um modo geral parâmetros pra orçamentação deste sistema. E como o mercado nos oferece tipologias diferenciadas de elementos, como as lajes, a busca por índices que permitam a precificação dos empreendimentos de forma adequada se faz necessária. Sendo assim, justifica-se esta pesquisa por meio de orçamentos analíticos comparando estruturas pré-fabricadas de concreto armado com lajes alveolares protendidas e com pré-lajes protendidas. A pesquisa objetiva identificar quais dos dois tipos de laje, consideradas nesta pesquisa, apresenta o menor custo, e qual a influência do custo da laje no custo direto total dos elementos pré-fabricados dos projetos da pesquisa.

1.1 LAJES ALVEOLARES PROTENDIDAS

De acordo com a Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC, 2010) as lajes alveolares são produzidas em formas fixas (moldada) ou executadas por fôrma deslizante (extrudadas) em longas pistas de concretagem (Figura 1), e com utilização de concreto protendido de elevada resistência. As lajes extrudadas são produzidas no comprimento da pista e, posteriormente, cerradas nos comprimentos desejados. A limitação à modulação da laje fica restrita apenas na largura da pista de protensão, com larguras usuais de 1,00 a 1,25 metros e com espessuras de 12 a 50 centímetros.



Figura 1 - Área de Armazenagem das lajes Alveolares e Pista de concretagem.

As lajes alveolares de piso recebem uma capa estrutural de concreto moldado no local (Figura 2) de espessura mínima de cinco centímetros para formar uma seção composta que trabalha em conjunto com a laje pré-moldada, aumentando a capacidade de resistência à flexão. Desde que exista aderência entre a capa e a superfície da laje junto ao apoio, esta capa também aumenta a capacidade de resistência ao cisalhamento. A capa fornece maior enrijecimento das nervuras e permite a solidarização e o nivelamento do conjunto, devido às diferenças de contra flecha neste tipo de peça.

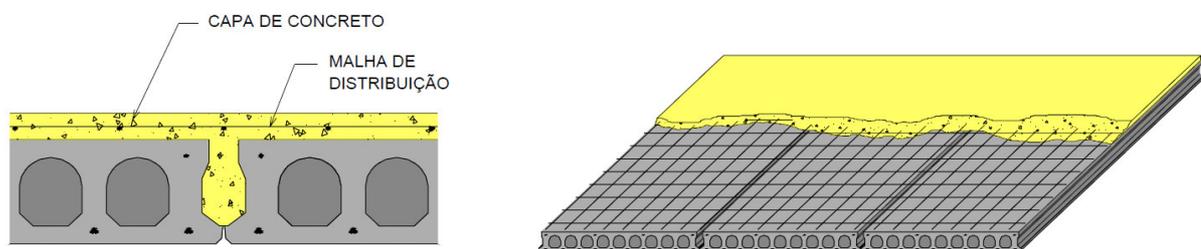


Figura 2 - Capa da laje alveolar e tela de distribuição.

1.2 PRÉ-LAJE PROTENDIDA

O sistema de pré-lajes é um típico piso parcialmente pré-fabricado que consiste de painéis nervurados, os quais são utilizados como formas permanentes para o concreto de preenchimento para formar um piso composto, robusto e sólido. Os comprimentos são ajustados para os vãos do piso. A face inferior dos elementos possui acabamento liso, a Figura 3 apresenta as placas no canteiro de obra.



Figura 3 - Pré lajes protendidas no Canteiro de obras.

Para evitar o consumo elevado de concreto e reduzir o peso da estrutura, são posicionados blocos de “EPS” entre as nervuras como mostrado na Figura 4.

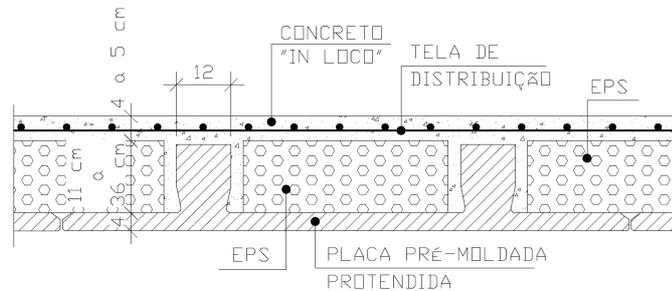


Figura 4 Detalhe da Seção transversal do pavimento utilizando Pré-laje.

As principais vantagens desse sistema, comparadas com os pisos moldados no local, são que, fora o escoramento, não necessita de formas no local e a armadura positiva já está incorporada nos painéis pré-moldados para o “pré-piso”. Conseguise atingir vãos expressivos como as lajes alveolares, a sua altura pode variar de 15 cm a 40 cm com capa e “EPS”. Como é aplicada uma camada de concreto posteriormente a montagem das peças pode-se lançar mão de armadura nos apoios para resistir aos momentos fletores negativos. Desta forma, a laje do piso pode ser projetada como uma laje contínua deixando a estrutura mais rígida.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos nesta pesquisa, adotou-se a seguinte metodologia:

- Revisão bibliográfica: nesta etapa coletou-se o máximo de informações, a cerca dos elementos utilizados em edificações pré-fabricadas e métodos de orçamentação. A partir da utilização de recursos como: acervo da Biblioteca Central da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, acesso a internet, para outras pesquisas, e com empresas locais de pré-fabricados de concreto.
- Caracterização das edificações: identificação dos projetos de edificações utilizando estruturas pré-fabricadas de concreto com características geométricas e carregamentos adequados à utilização das duas tipologias de

lajes consideradas na pesquisa. Os projetos e toda a documentação técnica das edificações utilizadas nessa pesquisa foram cedidos pela empresa BPM Pré-moldados, situada na cidade de Criciúma – SC, representando obras já executadas por esta empresa e se encontram caracterizadas no quadro da Figura 5.

Dados	Edificação 1	Edificação 2
Localização	Itajaí - SC	Novo Hamburgo - RS
Área total da Edificação	720 m ²	2474 m ²
Áreas por pavimento		
Garagem	360 m ²	1105 m ²
Térreo	360 m ²	1105 m ²
Mezanino	...	264 m ²
Elementos Pré-Fabricados		
Pilares	X	X
Vigas de Mezanino	X	X
Vigas Intermediárias	X	X
Vigas de Cobertura	X	X
Vigas de Respaldo	X	X
Terças	X	X
Calha de Concreto	...	X
Lanterim de Concreto	...	X
Ferragens e Outros	X	X
Laje elemento pré-fabricado	X	X

Figura 5 Quadro com a características das Edificações 1 e 2.

- Processo orçamentário: seguindo a discriminação orçamentária fornecida por uma empresa local de pré-fabricados de concreto se extraiu dos projetos os quantitativos para a orçamentação. Utilizou-se as composições de preços unitários próprias desta empresa, obtendo-se assim os valores de custos diretos dos elementos pré-fabricados de concreto, dos serviços de frete, de montagem, de capeamento das lajes, da fabricação e das ferragens utilizadas na ligação dos elementos.
- Resultados e análises: Os custos diretos desta pesquisa são analisados considerando os valores dos elementos pré-fabricados da estrutura como pilares, vigas, ferragens de montagem, etc., somados ao valor do frete e da



montagem da estrutura. A seguir considera-se o custo da laje com os seguintes itens: elemento pré-fabricado, capa, frete, mão-de-obra e montagem da laje. As somas dos custos totais dos componentes de elementos pré-fabricados com os custos totais dos componentes da laje resultam no valor total da edificação pré-fabricada. A partir desta discriminação de custos realiza-se o comparativo dos custos das tipologias de lajes para as duas edificações e estes resultados são apresentados através de tabelas e gráficos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os resultados obtidos por meio das planilhas orçamentárias se elaborou as Tabelas 1 e 2, com os custos totais diretos dos elementos pré-fabricados de concreto com os serviços de montagem e frete e com a ferragem de montagem utilizados nas Edificações 1 e 2 com os seus valores em (R\$ e CUB) respectivamente. Para a conversão de reais para CUB utilizou-se o valor do CUB médio comercial do mês de junho de 2011 tabelado pelo Sindicato da Construção Civil (SINDUSCON) de Florianópolis com o valor de R\$1195,57.

3.1 CUSTOS TOTAIS DIRETOS DAS EDIFICAÇÕES COM PRÉ-LAJE PROTENDIDA.

Na Tabela 1 estão relacionados os custos diretos dos elementos pré-fabricados de concreto e os serviços de frete e montagem para a Edificação 1 e 2 utilizando Pré-lajes protendidas. Mediante a análise dos dados observou-se que os três itens mais participativos para as duas edificações são os pilares, o material da capa da laje e as vigas de mezanino, que quando somados totalizam uma participação no custo total direto de 43% na Edificação 1 e 54% na Edificação 2.

Ainda com os resultados da Tabela 1 nota-se um comportamento semelhante no valor percentual das duas edificações da pesquisa, no subtotal dos elementos da estrutura entre 61% e 60% e no Subtotal da laje entre 39% e 40%.

Tabela 1: Resultado dos custos totais dos elementos pré-fabricados e serviços para a Edificação – 1 e 2 utilizando Pré-laje

Itens do Orçamento	Edificação 1			Edificação 2		
	Valores (R\$)	Valores (CUB)	(%)	Valores (R\$)	Valores (CUB)	(%)
Pilares	13.698,74	11,46	18	62.385,49	52,17	17
Vigas de Mezanino	7.742,24	6,47	10	60.467,77	50,57	17
Vigas Intermediárias	1.781,43	1,49	2	10.100,92	8,45	3
Vigas de Cobertura	2.659,44	2,22	4	14.344,66	12,00	4
Vigas de Respaldo	1.790,25	1,50	2	5.745,77	4,81	2
Terças	1.269,00	1,06	2	2.959,22	2,47	1
Calha de Concreto	...	...	...	2.045,00	1,71	1
Lanterim de Concreto	...	...	...	293,16	0,25	0
Ferragens e Outros	4.320,00	3,61	6	6.375,00	5,33	2
Montagem Estrutura	5.994,00	5,01	8	26.307,89	22,00	7
Frete da estrutura	6.215,00	5,20	8	29.501,60	24,67	8
Estrutura Sub-Total	45.470,09	38,03	61	220.526,49	184,43	60
Pré-laje elemento pré-fabricado	5.840,00	4,88	8	25.669,39	21,47	7
Material da capa	11.131,03	9,31	15	71.685,90	59,95	20
M.D.O da capa	6.022,50	5,04	8	23.430,00	19,59	6
Frete da laje	4.071,60	3,41	5	14.671,80	12,27	4
Montagem da Laje	1.998,00	1,67	3	9.354,00	7,82	3
Pré-laje Protendida Sub-Total	29.063,13	24,31	39	144.811,09	121,10	40
Totais	74533,21	62,33	100	365337,58	305,53	100

3.2 CUSTOS TOTAIS DIRETOS DAS EDIFICAÇÕES COM LAJE ALVEOLAR PROTENDIDA.

Na Tabela 2 estão relacionados os custos diretos dos elementos pré-fabricados de concreto e os serviços de frete e montagem para a Edificação 1 e 2 utilizando lajes alveolares protendidas. Mediante a análise dos resultados se observou que os três itens mais participativos para as duas edificações são os pilares, as vigas de mezanino, e a laje alveolar que quando somados totalizam uma participação no custo total direto de 52% na Edificação 1 e 53% na Edificação 2.

Tabela 2: Resultado dos custos totais dos elementos pré-fabricados e serviços para a Edificação – 1 e 2 utilizando Laje Alveolar

Itens do Orçamento	Edificação 1			Edificação 2		
	Valores (R\$)	Valores (CUB)	(%)	Valores (R\$)	Valores (CUB)	(%)
Pilares	13.698,74	11,46	17	62.385,49	52,17	14
Vigas de Mezanino	7.742,24	6,47	10	66.003,50	55,20	14
Vigas Intermediárias	1.781,43	1,49	2	10.100,92	8,45	2
Vigas de Cobertura	2.659,44	2,22	3	14.344,66	12,00	3
Vigas de Respaldo	1.790,25	1,50	2	5.745,77	4,81	1
Terças	1.269,00	1,06	2	2.959,22	2,47	1
Calha de Concreto	...	...	...	2.045,00	1,71	0
Lanternim de Concreto	...	...	...	293,16	0,25	0
Ferragens e Outros	4.320,00	3,61	5	6.375,00	5,33	1
Montagem Estrutura	5.994,00	5,01	8	26.307,89	22,00	6
Frete da estrutura	6.215,00	5,20	8	29.501,60	24,67	6
Estrutura Sub-Total	45.470,09	38,03	57	226.062,22	189,05	49
Laje Alveolar elemento pré-fabricado	19.848,70	16,60	25	115.849,17	96,88	25
Material da capa	6.598,30	5,52	8	43.260,44	36,18	9
M.D.O da capa	3.577,00	2,99	5	13.916,00	11,64	3
Frete da laje	1.934,50	1,62	2	52.071,40	43,55	11
Montagem da Laje	1.998,00	1,67	3	9.354,00	7,82	2
Laje Alveolar Sub-Total	33.956,50	28,40	43	234.451,02	196,07	51
Totais	79.426,59	66,42	100	460.513,24	385,13	100

3.3 COMPARATIVOS DOS CUSTOS DIRETOS TOTAIS POR EDIFICAÇÕES PARA CADA TIPOLOGIA DE LAJE

3.3.1 Custos Diretos Totais para Edificação 1

O custo direto total da Edificação 1 com a utilização de laje alveolar protendida apresentou-se 6.56 % maior que com a utilização da pré-laje protendida. Isso implica em um aumento do custo total da Edificação em R\$ 4.893,38. A Figura 6 representa graficamente este comparativo.

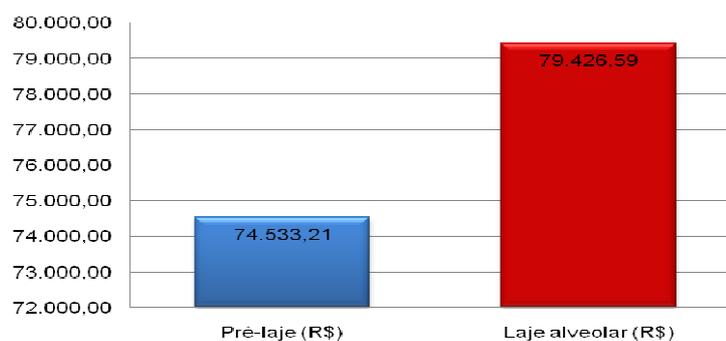


Figura 6 Gráfico Comparativo do Custo Total Direto da Edificação-1 Com as Diferentes Tipologias de Lajes da Pesquisa.

A Figura 7 demonstra que os custos diretos dos elementos pré-fabricados (exceto laje) na Edificação 1 tem o mesmo valor para as duas tipologias de lajes, e apresenta um valor de R\$ 33956,5 no custo da laje alveolar enquanto na Pré-laje esse valor cai para R\$ 29063,13.

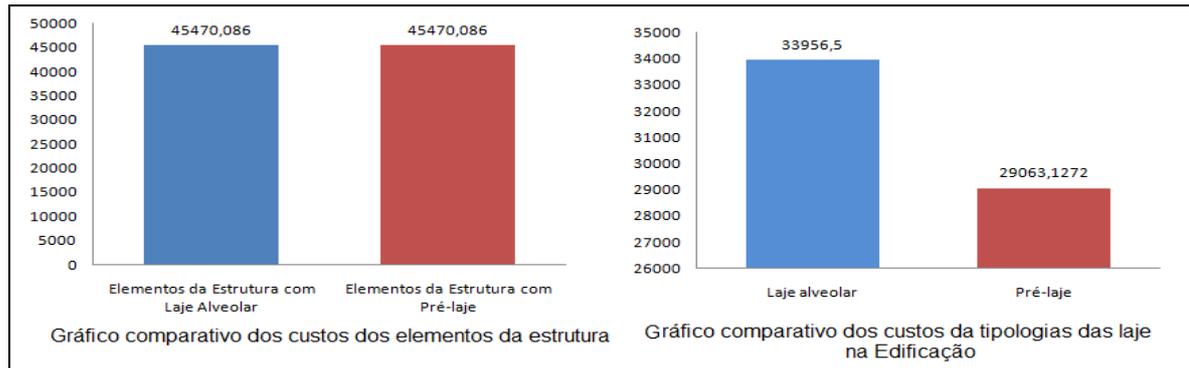


Figura 7 - Gráfico Comparativo do custo dos elementos que compõem o custo total da Edificação 1

No gráfico da Figura 8 se observa que a participação percentual dos custos dos elementos estruturais, denominado no gráfico de estrutura, e a participação dos custos totais com as lajes apresenta um comportamento muito parecido utilizando a Laje alveolar ou a Pré-laje.

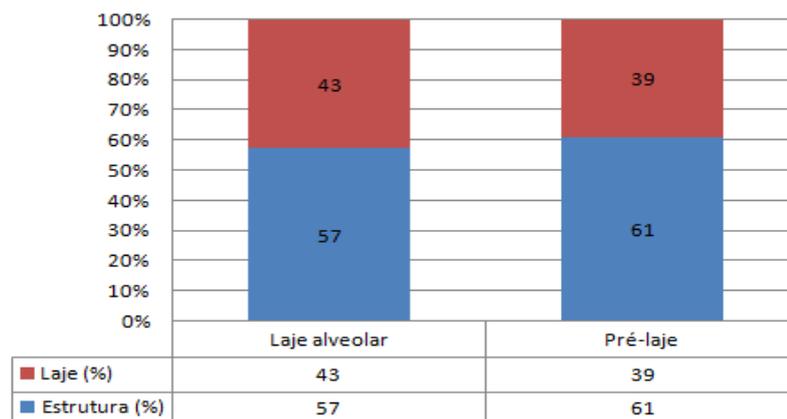


Figura 8 Gráfico da participação percentual dos Elementos da estrutura e das tipologias de laje

3.3.2 Custos Diretos Totais para Edificação 2

O custo direto total da Edificação 2 com a utilização de laje alveolar pretendida apresentou-se 26,05 % maior que com a utilização da pré-laje pretendida. Isso

implica em um aumento do custo total da Edificação em R\$ 95175,66 de acordo com a Figura 9.

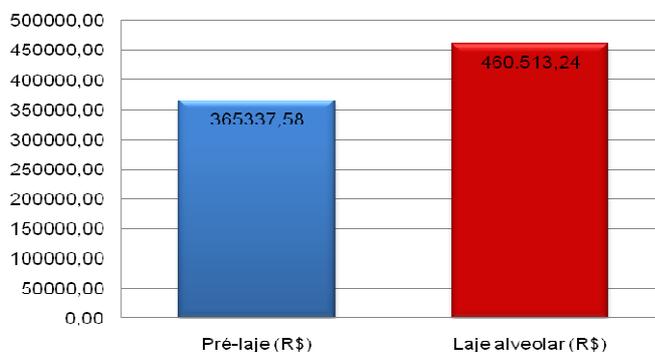


Figura 9 - Gráfico Comparativo do Custo Total Direto da Edificação-2 Com as Diferentes Tipologias de Lajes da Pesquisa.

A Figura 10 demonstra que os custos diretos dos elementos pré-fabricados (exceto laje) na Edificação 2 apresenta um valor de R\$226062,22 utilizando Laje Alveolar e R\$ 220526,49 utilizando Pré-laje, e apresenta um valor de R\$ 243451,01 no custo da laje alveolar enquanto na Pré-laje esse valor cai para R\$ 144811,08.

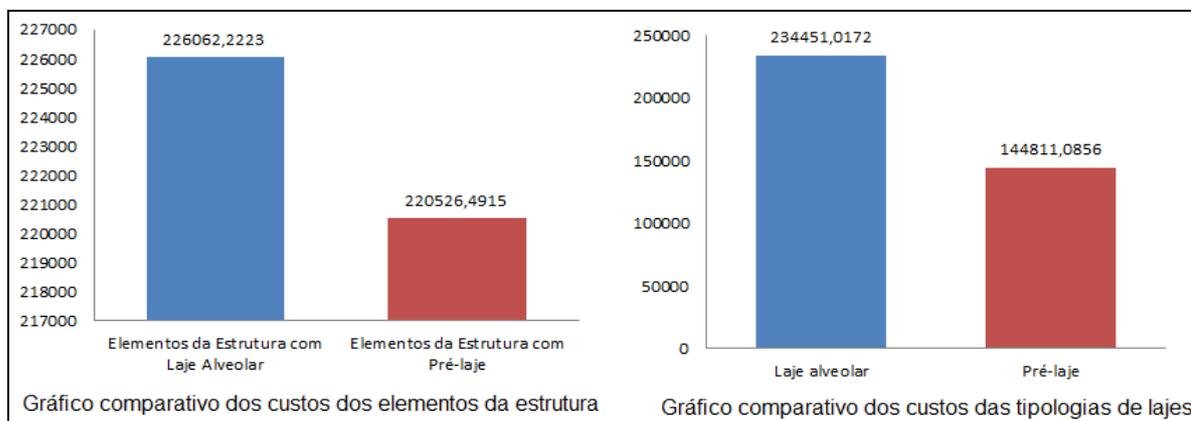


Figura 10 - Gráfico Comparativo do custo dos elementos que compõem o custo total da Edificação 2

A variação no custo dos elementos ocorreu por conta da alteração das vigas de mezanino que servem de apoio para as lajes, estas tiveram sua forma geométrica alterada para respeitar o apoio mínimo de 10 cm necessários para as lajes alveolares (Figura 11) gerando um aumento no custo da estrutura de 2,5%.

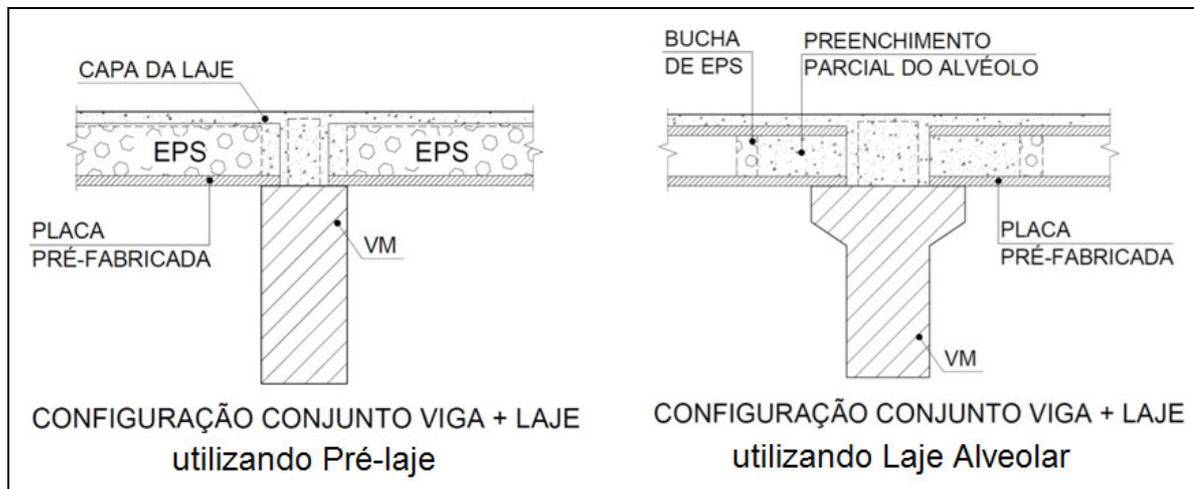


Figura 11 - Formas geométricas das vigas de mezanino para as duas tipologias de lajes

No gráfico da Figura 12 se observa que a participação percentual da laje alveolar, no custo total da Edificação 2, é maior que a participação dos elementos da estrutura quando é utilizada esta tipologia de laje. No entanto participação percentual da Pré-Laje, no custo total da Edificação, fica abaixo da participação dos elementos da estrutura quando utilizada esta tipologia de laje.

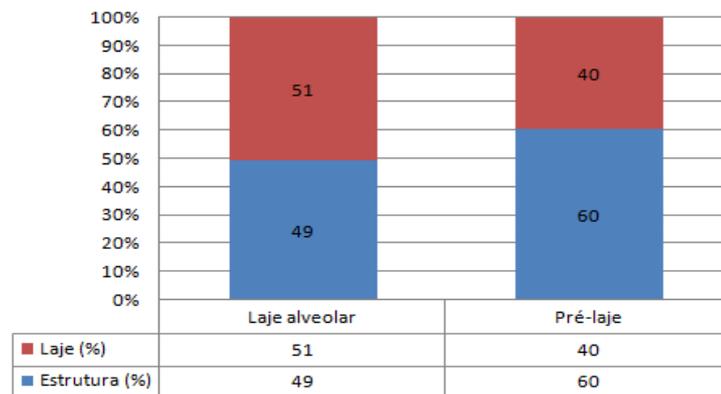


Figura 12 - Gráfico da participação percentual dos Elementos da estrutura e das tipologias de laje na Edificação 2

3.3.3 Comparativo dos custos diretos totais entre a Edificação 1 e 2

Comparando os custos totais das Edificações 1 e 2 se observa que o comportamento da participação percentual do conjunto laje e estrutura nas duas edificações e com as duas tipologias de lajes utilizadas nesta pesquisa é muito semelhante, ficando entre 40% para a laje e 60% para a estrutura, exceto quando se

considera a hipótese de laje alveolar na Edificação 2, como mostrado no gráfico da Figura 13.

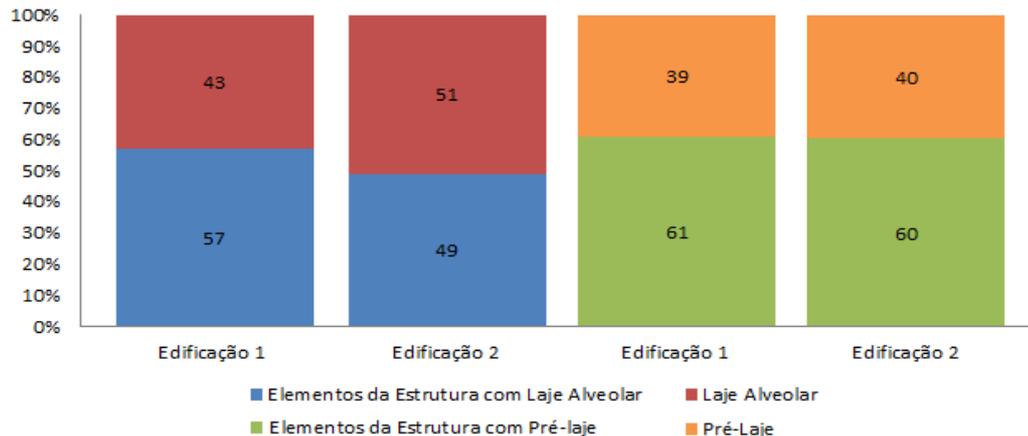


Figura 13 - Gráfico Comparativo da participação percentual dos custos totais

3.4 COMPARATIVO DOS CUSTOS DIRETOS ENTRE AS TIPOLOGIAS DE LAJES

Através dos resultados obtidos utilizando as planilhas orçamentárias elaboraram-se as Tabelas 3 e 4, que fazem a discriminação de todos os itens que compõem os custos das tipologias de lajes para as Edificações 1 e 2.

Tabela 3: Resultado dos Custos Diretos dos Insumos e Serviços Para a Laje das Edificações – 1 e 2 Utilizando Laje Alveolar

Itens do Orçamento	Edificação 1		Edificação 2	
	Valores (R\$)	(%)	Valores (R\$)	(%)
Laje Alveolar elemento pré-fabricado	19.848,70	58	115.849,17	49
Concreto Bombeado 30 Mpa	3.853,50	11	19.719,00	8
Aço	2.744,80	8	23.541,44	10
M.D.O da capa	3.577,00	11	13.916,00	6
Frete da laje	1.934,50	6	52.071,40	22
Montagem da Laje	1.998,00	6	9.354,00	4
Total	33.956,50	100	234.451,02	100

Tabela 4: Resultado dos Custos Diretos dos Insumos e Serviços Para a Laje das Edificações – 1 e 2 Utilizando Pré-Laje

Itens do Orçamento	Edificação 1		Edificação 2	
	Valores (R\$)	(%)	Valores (R\$)	(%)
Pré-laje elemento pré-fabricado	5.840,00	20	25.669,39	18
Concreto Bombeado 30 Mpa	5.040,00	17	29.400,00	20
Aço	3.522,73	12	24.872,70	17
EPS	2.568,30	9	17.413,20	12
M.D.O da capa	6.022,50	21	23.430,00	16
Frete da laje	4.071,60	14	14.671,80	10
Montagem da Laje	1.998,00	7	9.354,00	6
Total	29.063,13	100	144.811,09	100

3.4.1 Custos diretos das Lajes para a Edificação 1

Para melhorar a análise dos resultados da Tabela 3 foi criado o gráfico da Figura 14 onde são comparados os custos dos elementos que compõem a laje alveolar e a pré-laje na Edificação-1.

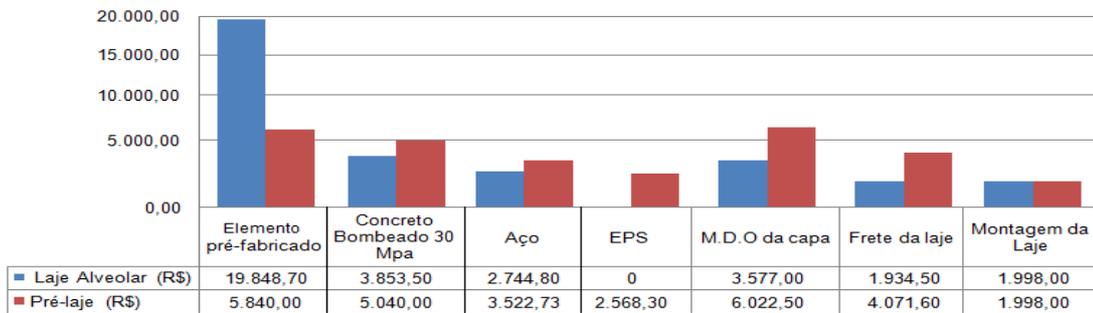


Figura 14 - Gráfico Comparativo do Custo dos Elementos que Compõem as Lajes na Edificação 1

Observa-se que na maior parte dos itens que compõem custo do pavimento com laje alveolar tem valores menores do que os itens que compõem o custo do pavimento com a pré-laje, contudo a diferença 239,87% do elemento pré-fabricado torna o preço total do pavimento com laje alveolar maior.

Nas duas tipologias de lajes o custo da Montagem é igual, pois o equipamento utilizado e o tempo de realização deste serviço foram os mesmos.

O custo da mão-de-obra na Pré-laje teve um aumento de 68,35% em relação ao custo da mão-de-obra na laje alveolar, porque na laje Alveolar não é utilizado material de enchimento na capa da laje, tornando o processo de preparo do pavimento para o lançamento do concreto mais simples e rápido. O custo da mão-de-obra é o item que tem maior participação no custo total do pavimento com pré-laje com 21% como é mostrado na Figura 15.

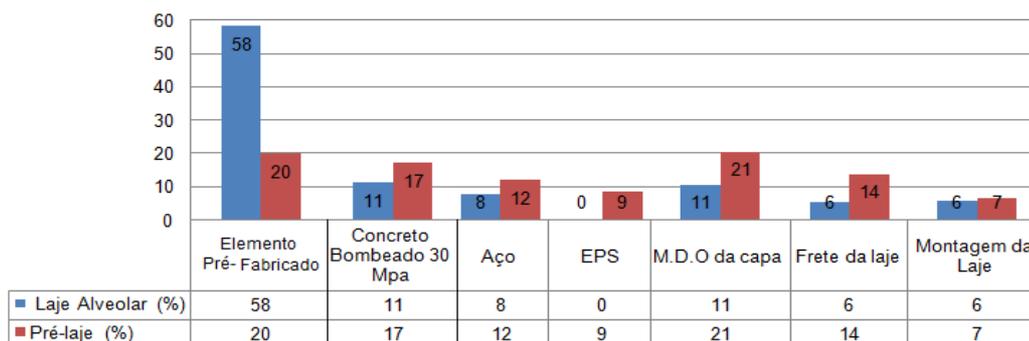


Figura 15 - Gráfico Comparativo da Participação Percentual dos Elementos que Compõem as Lajes na Edificação 1

3.4.2 Custos diretos das Lajes para a Edificação 2

Para melhorar a análise dos dados da Tabela 4 foi criado o gráfico da Figura 16 onde são comparados os custos dos elementos que compõem a laje alveolar e a pré-laje na Edificação-2.

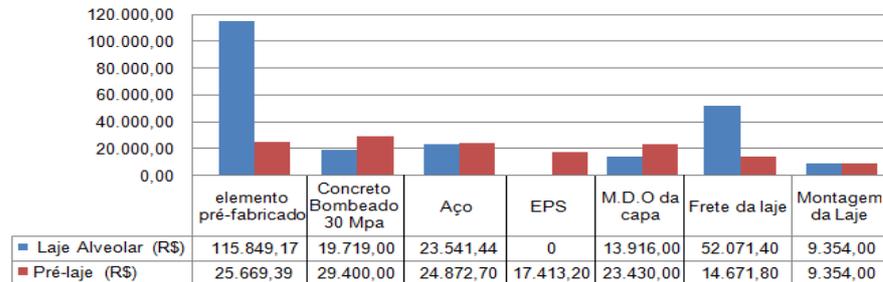


Figura 16 - Gráfico Comparativo do Custo dos Elementos que Compõem as Lajes na Edificação 2

Observa-se que na maior parte dos itens que compõem custo do pavimento com laje alveolar tem valores menores do que os itens que compõem o custo do pavimento com a pré-laje, contudo a diferença 351.31% do elemento pré-fabricado torna o preço total do pavimento com laje alveolar maior.

Outro item com grande participação no custo do pavimento com laje Alveolar nesta edificação é o frete da placa, colaborando com 22% do custo total do pavimento (Figura 17), uma diferença de 254.9% maior que o frete da Pré-laje.

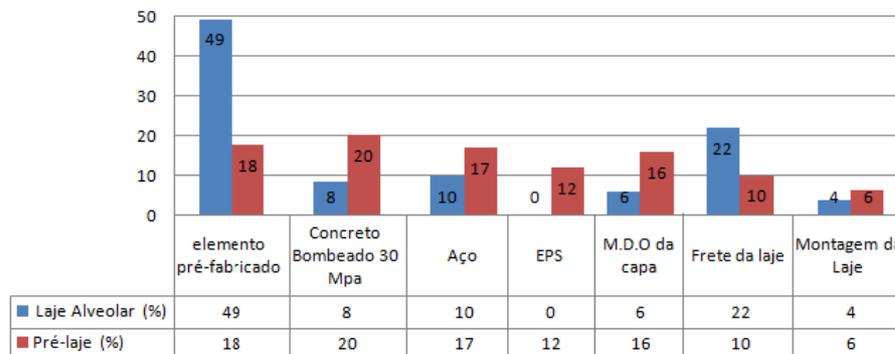


Figura 17 - Gráfico Comparativo da Participação Percentual dos Elementos que Compõem as Lajes na Edificação 2

Isso porque fabrica do fornecedor de Laje alveolar se encontra a aproximadamente 446 km do local da obra enquanto a fabrica do fornecedor de pré-laje se encontra a 270 km tornando desta maneira o custo do frete maior.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo de caso aplicam-se exclusivamente aos projetos das edificações e suas respectivas localizações, objetos deste estudo.



Os resultados apontam que a tipologia de laje que proporciona o menor custo total direto para as edificações da pesquisa é a pré-laje protendida. O custo direto total da edificação 1 com a utilização de laje alveolar protendida apresentou-se 6,56% maior que com a utilização da pré-laje protendida. Para a edificação 2 a pesquisa indicou um custo 26,05% maior com laje alveolar protendida quando comparado ao custo total direto com pré-laje protendida.

Quando se considera o custo direto do pavimento a pré-laje protendida também apresentou um custo menor. Para a edificação 1 os resultados demonstram que no custo do pavimento o custo da laje alveolar é 16,83% maior em relação ao custo da pré-laje protendida. Os resultados para a edificação 2 revelam um custo do pavimento com laje alveolar 61,90% superior, comparado com o pavimento com pré-laje protendida.

Para edificação 1 o presente estudo indica uma contribuição do elemento laje, no custo direto total em 8% quando se utiliza pré-laje protendida e em 25% para a laje alveolar. Observam-se para a edificação 2 as seguintes participações: pré-laje protendida 7%, laje alveolar protendida 25%.

Recomenda-se para futuros estudos, uma coleta maior de amostras para orçamentação onde se possa chegar a parâmetros de custos diretos que se possam aplicar em outras obras.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA DE CONCRETO (ABCIC). Disponível em http://www.abcic.org.br/artigos_tecnicos.asp. Acesso em 22/04/2011.

AVILA, Antônio Vitorino; LIBRELOTTO, Liziane Ilha; LOPES, Oscar Ciro. **Orçamento de Obras, construção Civil**. Florianópolis: Universidade do sul de Santa Catarina, 2003.

KIM, S. Elliott. **Precast Concrete Structures**. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 2002.

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