

Análise experimental comparativa entre lajes com vigota treliçada e comum

Franci Menegon (1), Alexandre Vargas (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1)menegonfranci@gmail.com, (2)avargas@unesc.net

Resumo: As lajes formadas por vigotas pré-fabricadas são utilizadas com grande frequência, em especial as formadas por vigotas treliçadas. Estas por sua vez, apresentam teoricamente, maior capacidade portante e menor suscetibilidade aos deslocamentos verticais, quando comparadas com lajes com vigotas comuns. O presente estudo tem como objetivo avaliar experimentalmente, as lajes com vigotas treliçadas comparando com as de vigotas comuns. Para tanto, foram moldadas doze lajes pré-fabricadas, divididas em dois grupos (A e B), que possuem as mesmas características de vãos e armadura de combate à flexão, mas se diferem pelo comprimento das amostras. Todas amostras foram submetidas ao ensaio de flexão a quatro pontos, com intuito de avaliar o carregamento no instante do deslocamento máximo permitido pela norma ($L/250$), e as cargas e deslocamentos no momento da ruptura. Como resultados, observou-se no momento do deslocamento limite, que as amostras não apresentaram diferenças significativas nos dois grupos. Quanto às cargas no instante da ruptura, somente para o Grupo A, os resultados apresentaram diferenças significativas. Contudo, quanto ao deslocamento vertical no momento da ruptura, os resultados se mostraram estatisticamente iguais, tanto para o Grupo A como para o B.

Palavras-Chave: Laje pré-fabricada; laje treliçada; vigotas

Comparative experimental analysis between slabs with lattice and common vigota

Abstract: Slabs formed by prefabricated beams are used with great frequency, especially those formed by lattice beams. These, in turn, present, theoretically, higher bearing capacity and less susceptibility to vertical displacements, when compared with slabs with common beams. The present study has as objective to evaluate experimentally, the slabs with lattice beams comparing with those of common beams. For this purpose, twelve prefabricated slabs were divided into two groups (A and B), which have the same characteristics of spans and flexural reinforcement, but differ in the length of the samples. All samples were submitted to the four point bending test, in order to evaluate the loading at the moment of the maximum displacement allowed by the standard ($L / 250$), and the loads and displacements at the moment of rupture. As results, it was observed at the moment of limit displacement, that the samples did not present significant differences in the two groups. As for the loads at the moment of rupture, only for Group A, the results presented significant differences. However, regarding the vertical displacement at the moment of rupture, the results were statistically the same for both Group A and B.

Keywords: Prefabricated slab; latticed slab; beams

Introdução

As lajes pré-fabricadas são compostas por elementos pré-fabricados lineares chamados de vigotas, espaçados de maneira uniforme por elementos de enchimento e cobertas por uma camada de concreto moldado em obra (capa de compressão) (SILVA, 2012). De acordo com a NBR 14859-1:2016, as vigotas pré-fabricadas podem ser do tipo: vigota com armadura simples ou comum (VC), com armadura protendida (VP) e com armadura treliçada (VT). Os elementos de enchimento podem ser lajotas de cerâmica, EPS ou concreto celular autoclavado (NBR 14859-2, 2016). Dentre os tipos mencionados, utiliza-se com maior frequência as vigotas com armadura comum e treliçada. As lajes com vigotas comuns são mais antigas, sendo usualmente no formato de um "T" invertido, com armadura passiva totalmente envolvida pelo concreto (MOREIRA, 2016). As lajes treliças por sua vez, são compostas por vigotas formadas por uma base de concreto que envolve parcialmente a armadura treliçada. Essa armadura é composta por um fio de aço superior (banzo superior), dois fios inferiores (banzo inferior) e diagonais, também chamadas de sinusóides, com fios de aço CA-60 soldados por eletrofusão, compondo assim uma estrutura espacial em forma de treliça. Quando necessário, pode ser complementada com armadura passiva inferior de tração (CUNHA, 2012). Silva (2012) afirma que devido a grande solidarização entre as diagonais da treliça e o concreto moldado no local (concreto de capeamento), as lajes treliças podem ser tratadas como estruturas monolíticas. Desse modo, a estrutura resultante é bastante rígida, trabalhando como uma peça só, que para efeito de cálculo é admitida como tendo a forma de um T (MATTOS, 2009). Segundo Brumatti (2008), as vigotas comuns apresentam superfícies lisas devido a aplicação de óleo desmoldante nas formas a fim de facilitar o processo de desforma das vigotas. Em razão disso, a aderência entre as vigotas e o concreto de capeamento lançado em obra encontra-se comprometido, não podendo assim garantir a monoliticidade da estrutura, ficando suscetível a fissuras. Desse modo, as lajes com vigotas treliçadas apresentam, teoricamente, mais vantagens quando comparadas com as lajes com vigotas comuns, pois reduzem a possibilidade de aparecimento de fissuras e oferecem maior resistência ao cisalhamento devido a presença das diagonais que exercem a função de estribos (desde que o fio superior esteja ancorado acima da linha neutra) (SILVA, 2012). Diniz (2016) pesquisou a influência de treliças eletrossoldadas incorporadas em vigotas pré-fabricadas isoladas, onde destacou que a inércia desses elementos é fator preponderante no combate aos deslocamentos verticais. Grandó (2018) pesquisou a influência de treliças eletrossoldadas em vigotas pré-fabricadas, considerando a parcela da capa de compressão que compõem a seção

T, onde mencionou que a consideração da seção T pode ser feita para estabelecer as distribuições de esforços internos, tensões, deformações e deslocamentos na estrutura. Neste contexto, com a intensificação do uso de lajes treliçadas, tendo em vista a sua propalada maior capacidade portante e menor suscetibilidade aos deslocamentos, este trabalho tem como objetivo avaliar experimentalmente, o suposto acréscimo de inércia em vigotas treliçadas comparando com vigotas comuns, utilizando lajes prontas com as mesmas características de vãos e armadura de combate à flexão conforme determina a NBR 14859-1:2016. São avaliadas, por meio de ensaios de flexão a quatro pontos, as cargas no instante que as lajes atingirem os deslocamentos limites estabelecidas pela NBR 6118:2014 além das cargas e deslocamentos no instante da ruptura.

Materiais e métodos

Para o desenvolvimento deste experimento foram moldadas doze lajes pré-fabricadas unidirecionais, divididas em dois grupos. O primeiro grupo, chamado de Grupo A, composto por seis lajes, sendo três lajes pré-fabricadas com vigotas comuns (LC) e três com vigotas treliçadas (LT), todas com comprimento de cento e noventa centímetros. O segundo grupo, chamado de grupo B, foi alterado apenas o comprimento para trezentos e dez centímetros, sendo mantidas a seção transversal e armaduras. A Tabela 01 apresenta as características dos grupos A e B:

Tabela 01 – Composição do Grupo A e B.

GRUPO A	QUANT.	SEÇÃO (cm)	COMPRIMENTO (cm)
LT	03	98X12	190
LC	03	86X12	190
GRUPO B	QUANT.	SEÇÃO (cm)	COMPRIMENTO (cm)
LT	03	98X12	310
LC	03	86X12	310

MATERIAIS

Vigotas pré-fabricadas

As vigotas pré-fabricadas treliçadas e com armadura comum foram produzidas e fornecidas por uma empresa de artefatos de cimento, localizada em Cocal do Sul (SC). As vigotas

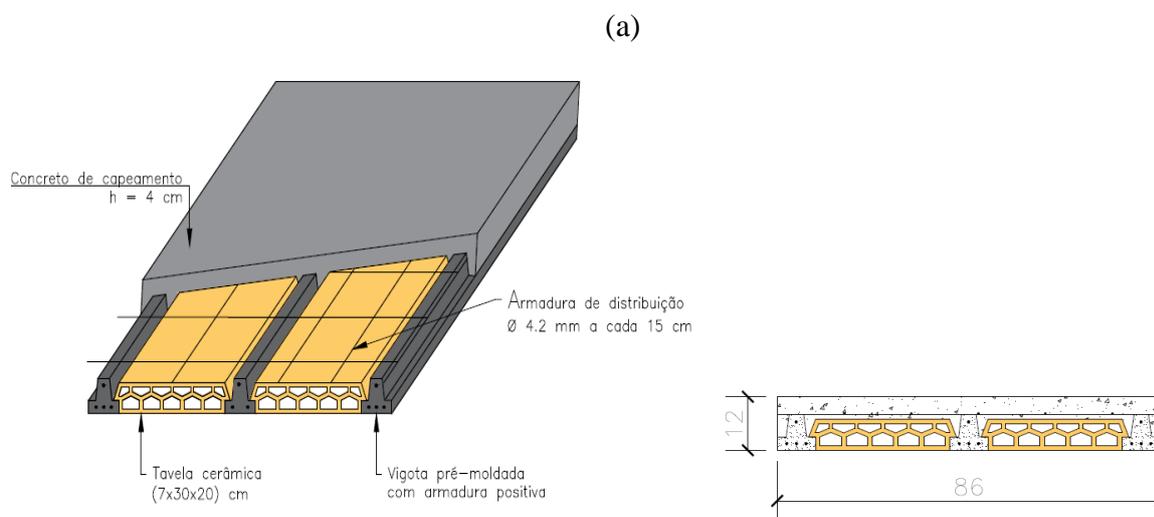
treliçadas foram fabricadas com uma base de concreto de 3 cm de espessura, que envolve parcialmente a armadura treliçada. As treliças utilizadas foram do tipo eletrossoldadas, da marca Gerdau, modelo TB 8L com designação TR 08644, em aço CA-60. Essa armadura era composta por um fio de aço superior com diâmetro de 6.0 mm, dois fios inferiores e diagonais com diâmetro de 4.2 mm, possuindo altura de 80 mm. A distância longitudinal entre os eixos dos nós é de 20 cm. As vigotas comuns foram fabricadas com armadura passiva totalmente envolvida pelo concreto. Utilizaram como armadura positiva três barras de aço CA-60 com diâmetro de 4.2 mm e como armadura construtiva superior, uma barra de aço CA-60 com diâmetro de 4.2 mm. Todas as vigotas foram fabricadas seguindo as recomendações da NBR 14859-1:2016.

Elemento de enchimento

Foram utilizadas lajotas cerâmica como elemento de enchimento, com dimensões de 07x30x20 centímetros (AxLxC), de acordo com as dimensões e tolerâncias descritas na NBR 14859-2: 2016.

Concreto

Na concretagem das vigotas e da capa de compressão das lajes foi utilizado concreto usinado C20. A Figura 1 ilustra o detalhamento dos dois tipos de lajes utilizadas das amostras.



(b)

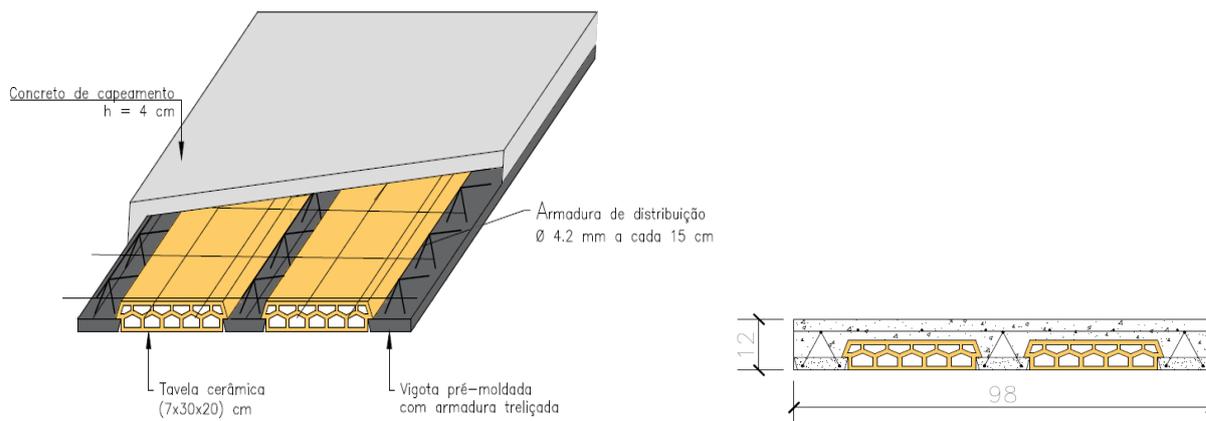


Figura 1. Detalhamento das amostras: (a) laje comum (b) laje treliça.

MÉTODOS

Montagem e concretagem das lajes

Todas as etapas de preparação e concretagem das lajes pré-fabricadas foram executadas em um espaço cedido pela empresa. Foram produzidos quatro conjuntos de formas de madeira com comprimento fixo. Cada conjunto recebeu sarrafos longitudinais que as dividiram em três partes, permitindo assim a execução de três lajes por conjunto. As lajes foram executadas utilizando três vigotas pré-fabricadas com lajotas cerâmicas posicionadas entre elas. Sobre as lajes utilizou-se uma malha de distribuição composta por fios de aço CA-60 com diâmetro de 4.2 mm com espaçamento de quinze centímetros nas duas direções. A espessura da capa de concreto foi definida com quatro centímetros, atendendo critérios da NBR 14859-1:2016, configurando as lajes com espessura final de doze centímetros. No recebimento do concreto usinado foi realizado o ensaio de abatimento e moldados os corpos de prova. As lajes foram concretadas na sequência, utilizando vibrador de imersão para o adensamento do concreto, niveladas com régua metálica e posteriormente usado desempenadeira lisa para acabamento. As Figuras 2 e 3 exibem as etapas de execução das lajes.



Figura 02. (a) Concreto usinado; (b) Formas de madeira; (c) Montagem das lajes treliças e lajes comuns.

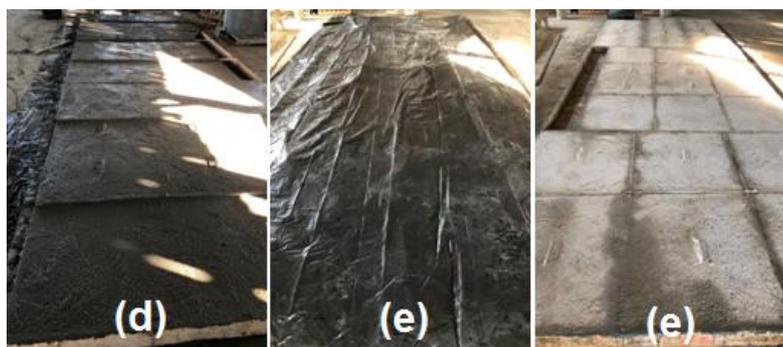


Figura 3. (d) Concretagem das lajes; (e) Processo de cura das lajes.

Controle tecnológico do Concreto

Como controle tecnológico do concreto, foi realizado no recebimento do material o ensaio de abatimento de tronco de cone (slump test), conforme orientação da NBR NM 67:1998, de modo a verificar a consistência do concreto e foram moldados nove corpos de prova ($\varnothing 10 \times 20$ cm) para os ensaios de caracterização. Desta quantidade, seis corpos de prova foram destinados ao ensaio de Resistência à Compressão Axial conforme a NBR 5739:2018 e três corpos de prova para ensaio de Módulo de Elasticidade de acordo com a NBR 8522:2017. Todos os procedimentos de moldagem, cura e estocagem seguiram as determinações da NBR 5738:2015. A Figura 4 apresenta o ensaio de abatimento e os corpos de prova moldados.



Figura 4. (a) Slump test; (b) Verificação do abatimento; (c) Corpos de prova.

Deslocamento máximo de acordo com a NBR 6118:2014

De acordo com a NBR 6118:2014 o deslocamento máximo admitido é de $L/250$, considerando-se L o vão teórico do elemento estrutural. As amostras possuíam vão teórico de 180 e 300 cm. Logo, os deslocamentos máximos prescritos pela Norma correspondem respectivamente a 7,2 e 12 mm, sendo esses os valores avaliados no ensaio, além dos valores na ruptura.

Metodologia de ensaio nas lajes

Aos vinte e oito dias ocorreu a desforma das lajes, e logo após foram transportadas para o LEE Laboratório Experimental de Estruturas, localizado no I-Parque, para realização dos ensaios.

Módulo de Elasticidade

O ensaio de módulo de elasticidade visa relacionar a tensão aplicada com a deformação instantânea obtida no corpo de prova. Os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC), seguindo os procedimentos estabelecidos pela NBR 8522:2017. A prensa utilizada neste ensaio foi a EMIC, modelo SSH200 e os dados foram captados pelo software TESC 3.04.

Ensaio de Resistência a Compressão Axial

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC), aos sete e vinte e oito dias de idade, para obtenção da resistência característica do concreto à compressão axial simples. No ensaio foi utilizado uma prensa hidráulica da marca EMIC, modelo PC200CS, juntamente com um computador com o software TESC - Test Script, que realiza a captação dos dados, leitura e obtenção dos resultados do ensaio. Os ensaios seguiram as orientações da norma NBR 5739:2018.

Ensaio de Flexão a quatro pontos

O ensaio de flexão a quatro pontos consiste na aplicação de carga por meio de um cilindro hidráulico com capacidade de 500 kN, posicionado sobre uma viga metálica, que divide essa carga em duas, transferidas para a laje através de roletes metálicos nos terços médios do vão teórico das mesmas. Na base do cilindro foi instalado uma célula de carga que coletou os valores das cargas aplicadas. Foram utilizados dois transdutores indutivos de deslocamento de 100 mm (LVDT's - Linear Variable Differential Transformer ou Transformador Diferencial Variável Linear), para leitura dos deslocamentos. Para obtenção dos dados, todos os equipamentos foram ligados ao sistema QUANTUM X que através do software Catman Easy realiza a leitura dos dados obtidos (ambos HBM ®). Os ensaios seguiram as orientações da norma NBR 12142:2010. A Figura 5 apresenta o esquema do ensaio de flexão a quatro pontos, a instrumentação e posicionamento dos equipamentos utilizados nas amostras efetivamente.

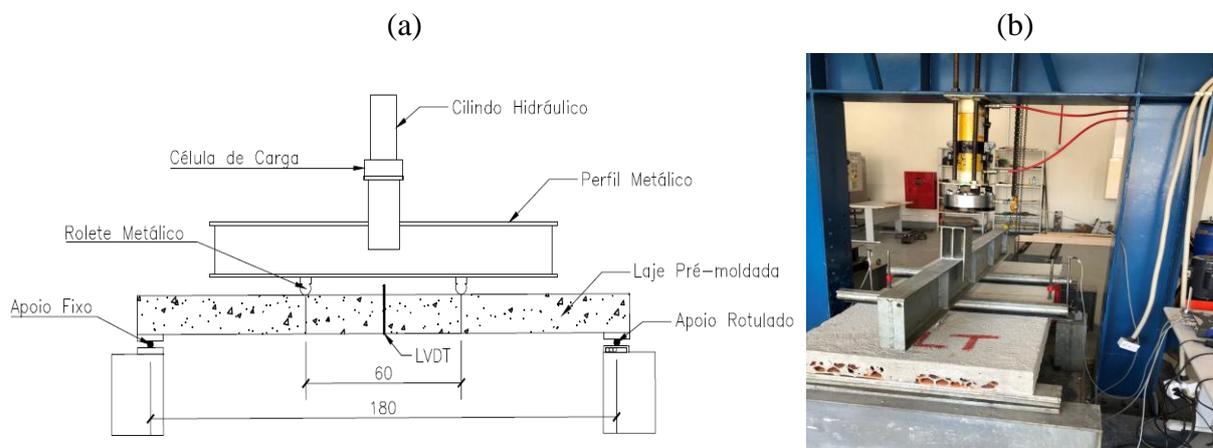


Figura 5. (a) Esquema do ensaio de flexão a quatro pontos Grupo A; (b) Ensaio de flexão a quatro pontos.

Resultados e discussões

CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO

O ensaio de abatimento de tronco de cone (*slump-test*) obteve como resultado um abatimento médio de 30 mm. Os resultados referente as propriedades mecânicas do concreto obtidos nos

ensaios de Resistência a Compressão Axial e Módulo de Elasticidade, encontram-se na Tabela 02.

Tabela 02 – Controle tecnológico do concreto.

Amostra	Resistência à Compressão Axial (MPa) - 07 dias	Resistência à Compressão Axial (MPa) - 28 dias	Módulo de Elasticidade (GPa)
CP 1	11,60	18,70	27,66
CP 2	13,40	18,90	27,22
CP 3	12,00	18,10	32,10
Média	12,33	18,57	28,99
Desvio Padrão	0,95	0,42	2,70

A NBR 14859-1:2016 determina a resistência mínima de compressão aos vinte e oito dias de 20 MPa. A média de resistência dos corpos de prova encontra-se 7,15% abaixo do que a norma prescreve, caracterizando o concreto como não conforme. O valor médio do Módulo de Elasticidade ficou aproximadamente 20% acima do valor mínimo estabelecido por Norma de 24,13 GPa, considerando o valor médio da resistência à compressão obtidos no ensaio.

ENSAIO DE FLEXÃO 4 PONTOS

Para avaliar se houve variação significativa entre os resultados apresentados dentro de cada grupo de amostras, utilizou-se o método estatístico de análise de variância (ANOVA). Em todos os testes estatísticos adotou-se o nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$). Sendo assim, a análise foi realizada para um intervalo de confiança de 95%. O valor p obtido no método está relacionado com a significância dos resultados obtidos. Caso valor de p seja maior ou igual a 0,05, as amostras podem ser consideradas iguais com 95% de precisão, caso contrário, as amostras podem ser consideradas diferentes com o mesmo nível de confiança.

Carregamento no deslocamento limite permitido por norma (L/250)

A Tabela 03 apresenta os resultados referente as cargas aplicadas para atingir o deslocamento limite (L/250) estabelecido pela NBR 6118:2014, para o Grupo A e Grupo B, respectivamente.

Tabela 03 – Resultados dos grupos A e B para o deslocamento limite.

Grupo A L=180cm L/250 = 7,2mm				Grupo B L=300cm L/250 = 12mm			
Amostra	Carga (kN)	Amostra	Carga (kN)	Amostra	Carga (kN)	Amostra	Carga (kN)
LT 1	15,68	LC 1	15,98	LT 1	4,69	LC 1	5,76
LT 2	13,53	LC 2	16,76	LT 2	5,33	LC 2	7,04
LT 3	13,06	LC 3	16,23	LT 3	4,35	LC 3	5,74
Média	14,09	Média	16,32	Média	4,79	Média	6,18
Desvio Padrão	1,14	Desvio Padrão	0,32	Desvio Padrão	0,41	Desvio Padrão	0,61

Constatou-se que, no deslocamento limite, para o Grupo A, as LTs suportaram em média a carga de 14,09 kN, enquanto que as LCs suportaram em média a carga de 16,32 kN, o que corresponde a um acréscimo de 15,83% em relação as LTs, embora estatisticamente, esses valores não apresentem diferença significativa entre os valores médios das amostras ($p = 0,0562$). Para o Grupo B, as LTs suportaram em média a carga de 4,79 kN, enquanto que as LCs suportaram em média a carga de 6,18 kN, o que corresponde a um acréscimo de 29,02% em relação as LTs. No entanto, também constatou-se que não há diferença significativa entre as amostras ($p = 0,0548$).

Carregamento para alcançar a ruptura

A Tabela 04 apresenta os resultados referente ao carregamento aplicado até atingir a ruptura com seus respectivos deslocamentos verticais, correspondente aos Grupos A e B.

Tabela 04 – Resultados dos grupos A e B na ruptura.

Amostras	Grupo A (190 CM)				GRUPO B (310 CM)			
	LAJE TRELIÇA		LAJE COMUM		LAJE TRELIÇA		LAJE COMUM	
	Carga (kN)	Deslocamento (mm)	Carga (kN)	Deslocamento (mm)	Carga (kN)	Deslocamento (mm)	Carga (kN)	Deslocamento (mm)
1	27,62	28,06	35,43	39,19	12,01	69,99	11,01	27,93
2	24,64	25,97	38,73	33,26	12,81	73,86	14,47	33,24
3	26,81	34,99	39,69	36,065	12,44	85,49	16,66	72,41
Média	26,36	29,67	37,95	36,17	12,42	76,45	14,05	44,53
Desvio Padrão	1,26	3,86	1,82	2,42	0,33	6,59	2,32	19,84

Conforme a média dos resultados do Grupo A, para as LCs observa-se um acréscimo de 43,97% na carga média para atingir a ruptura e um aumento de 21,91% no deslocamento vertical quando comparada com as LTs. Tendo em vista a diferença no carregamento, a

análise estatística confirmou que essa diferença é significativa ($p = 0,0018$), enquanto que para os deslocamentos, os valores médios não apresentaram diferenças significativas ($p = 0,1137$). Verificou-se também no Grupo B, que a média dos valores de carregamento das LCs apresentaram um acréscimo de 13,12% em relação as LTs e uma redução de 41,75% no deslocamento vertical. Porém, estatisticamente os resultados não apresentam diferenças significativas entre si, tanto no carregamento ($p = 0,3828$), como no deslocamento ($p = 0,0969$). O comportamento das amostras pode ser observado nas figuras 7 e 8, que apresentam os deslocamentos verticais em relação ao carregamento aplicado no decorrer dos ensaios.

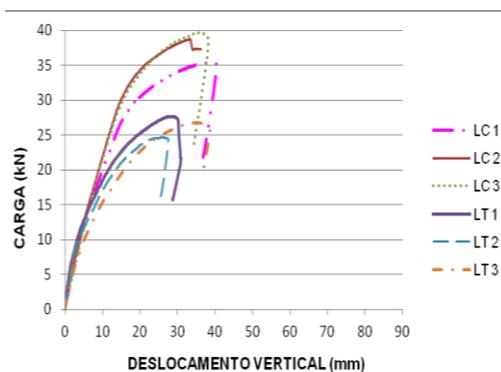


Figura 7. Curva carga x deslocamento - Grupo A (190 cm).

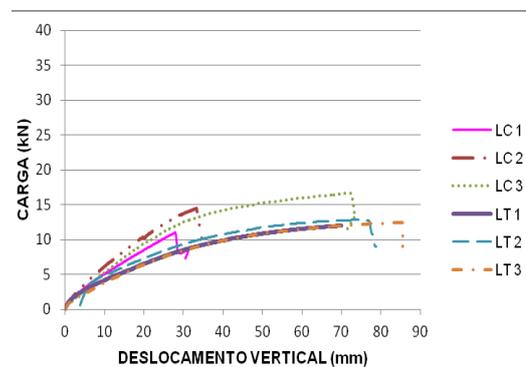


Figura 8. Curva carga x deslocamento - Grupo B (310cm).

Comparando as Figuras 07 e 08, verificou-se que as amostras do Grupo A com comprimentos menores (190 cm) apresentaram menores deslocamentos e suportaram maiores cargas em relação ao Grupo B (310 cm). Na Figura 08, a amostra LC3 apresentou deslocamento maior em relação às outras duas amostras do mesmo Grupo, onde realizou-se o método estatístico de Thompson e constatou-se que esta amostra não era um outlier e por este motivo utilizou-se seus dados, embora tenha exibido um desvio padrão alto nos resultados.

Os resultados apresentados referente ao comportamento das lajes treliças seguem a mesma tendência observada nos resultados divulgados por Diniz (2016) apenas com vigotas isoladas e Grando (2018) com vigotas considerando seção T, em que os mesmos também não apresentaram diferenças significativas entre as amostras, o que vem a confirmar que as lajes treliças não apresentam um ganho significativo na capacidade portante em relação às lajes comuns. Comparando também com os gráficos de Grando (2018), pode-se perceber a mesma linha de deformação/deslocamento, das lajes prontas comparadas com as vigotas com seção T, conforme Figura 9.

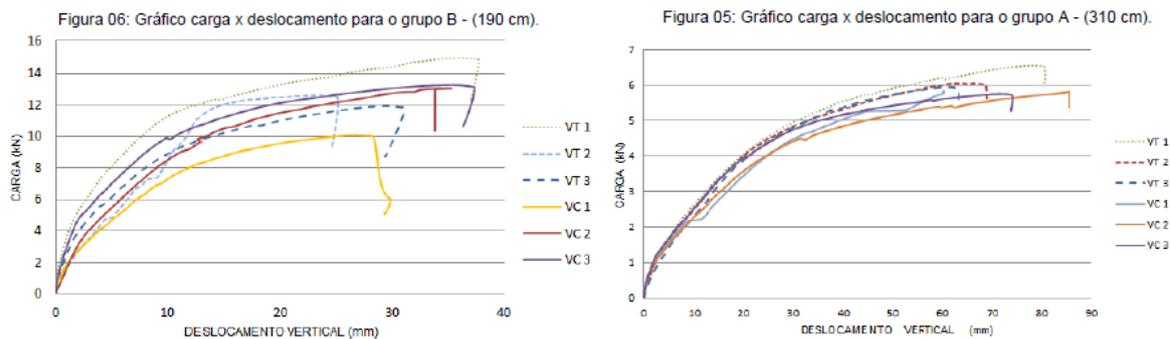


Figura 9. Gráfico carga x deslocamento (Fonte: Grando, 2018)

Conclusões

- Pode-se concluir, após os ensaios realizados e resultados obtidos, para as condições dessa pesquisa, que, ao contrário do esperado, as lajes treliçadas não apresentaram diferença significativa na capacidade portante em relação as lajes comuns, em situação de serviço no limite do deslocamento previsto pela NBR 6118:2014.
- Embora o espaçamento entre eixos das lajes treliçadas e das lajes comuns não fossem iguais, os resultados não se mostraram favoráveis para as lajes treliças, visto que as suas vigotas possuíam largura colaborante maior.
- Na ruptura, observou-se que para os grupos com menor vão, as lajes comuns suportaram maior carga (43,97 %) e atingiram maior deslocamento (21,91 %) em relação as lajes treliçadas. Estatisticamente houve diferença significativa para cargas, mas não para deslocamentos.
- Para os grupos com maior vão, as lajes comuns também suportaram maior carga (13,12 %), porém atingiram menor deslocamento (41,75 %) em relação as lajes treliçadas. Nesse caso, os resultados não apresentaram diferenças significativas.

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se:

- Realizar o mesmo trabalho utilizando vãos diferentes e com armaduras de combate a flexão equivalentes, para avaliar se o comportamento observado nesse estudo é mantido.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8522**: Concreto - Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12142**: Concreto — Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos. Rio de Janeiro, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14859-1**: Lajes pré-fabricadas de concreto - Parte 1: Vigotas, minipainéis e painéis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14859-2**: Lajes pré-fabricadas de concreto - Parte 2: Elementos inertes para enchimento e fôrma - Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14859-3**: Lajes pré-fabricadas de concreto - Parte 3: Armadura treliçadas eletrossoldadas para lajes pré-fabricadas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.
- BRUMATTI, O. D. O uso de pré-moldados - Estudo e viabilidade. Monografia (Especialização em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais. Vitória, 2008.
- CAIXETA, P. D. Contribuição ao estudo de lajes pré-fabricadas com vigas treliçadas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1998.
- CUNHA, O. Recomendações para projeto de lajes formadas por vigotas com armação treliçada. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2012.

DINIZ, S. M. S. Avaliação experimental da influência da treliça eletrosoldada na flecha de vigotas pré-moldadas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC. Criciúma, 2016.

DROPPA J. A. Análise estrutural de lajes formadas por elementos pré- moldados tipo vigota com armação treliçada. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

GRANDO, D. T. Avaliação experimental da influência da treliça Eletrosoldada no deslocamento vertical em vigotas De laje pré-fabricadas dimensionadas como seção T. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC. Criciúma, 2018.

GUARDA, C. C. M. Cálculo de deslocamentos em pavimentos de edifícios de concreto armado. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2005.

MATTOS, V. V. J. Pavimentos de lajes com vigotas treliçadas: análise dos detalhes de execução e comparação com procedimentos adotados em obras. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2012.

MOREIRA, B. R. Estudo da ligação de vigotas pré-moldadas protendidas com concreto moldado no local em lajes nervuradas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2016.

SILVA, R. B. Contribuições à análise estrutural de lajes pré-fabricadas com vigotas treliçadas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2012.