



PLACAS NERVURADAS PARA USO EM SISTEMAS DE PISOS ELEVADOS EXTERNOS

PORTO, Karina Lourenço (1); VARELA, Wendell Diniz (2); VELASCO, Reila Vargas (3)

(1) Universidade Federal do Rio de Janeiro, karina.porto96@gmail.com

(2) Universidade Federal do Rio de Janeiro, wendell@fau.ufrj.br

(3) Universidade Federal do Rio de Janeiro, reila@fau.ufrj.br

RESUMO

Os sistemas de pisos elevados garantem melhor performance das edificações em diversos pontos. Serão abordados neste estudo os sistemas com placas fabricadas em concreto armado, com tamanho nominal de 60cm X 60cm, e utilizados em áreas externas (coberturas, áreas de lazer). Podem ser utilizados com o objetivo de passar tubulações, vencer pequenas distâncias elevadas, entre outros usos. Apesar de ser um material com boa resistência, ainda enfrenta dificuldades com sua montagem, manutenção e vida útil, pois as placas muitas vezes não resistem às intempéries as quais são submetidas, sofrem ruptura e precisam ser substituídas por novas. O objetivo deste artigo é garantir maior vida útil dessas placas e facilitar sua manutenção. Para isso, foram analisadas as vantagens da adição de fibras no concreto, para redução de fissuras e aumento da resistência das placas, além do uso de placas nervuradas, para reduzir o peso próprio e auxiliar na orientação da instalação. Foram desenvolvidos dois modelos distintos de placas nervuradas, em 4 composições diferentes: sem fibra e sem barra (SFSB), com fibra e sem barra (CFCB), sem fibra e com barra (SFCB) e com fibra e com barra (CFCB). Todas as placas foram submetidas ao ensaio de flexão e seus resultados foram comparados aos das placas maciças, gerando resultados superiores aos das placas que existem hoje no mercado para uso em sistema de pisos elevados e também superiores as classificações existentes na NBR 15805 (ABNT, 2010), norma que regula sua construção, comprovando assim, o ganho que o uso de nervuras e fibras nessas placas pode trazer para a construção civil em durabilidade e economia.

Palavras-chave: Piso elevado, Placa Nervurada, Fibra de aço, Concreto armado.

ABSTRACT

The raised floor systems guarantee better performance of the buildings in several points. In this study, systems with plates made of reinforced concrete, with a nominal size of 60cm X 60cm, and used in external areas (roofs, leisure areas) will be addressed. They can be used for the purpose of passing pipes, overcoming short high distances, among other uses. Despite being a material with good resistance, it still faces difficulties with its assembly, maintenance and useful life, as the plates often do not resist the weather to which they are subjected, suffer rupture and need to be replaced with new ones. The purpose of this article is to guarantee a longer service life for these boards and facilitate their maintenance. For this, the advantages of adding fibers to the concrete were analyzed, to reduce cracks and increase the strength of the plates, in addition to the use of ribbed plates, to reduce the proper weight and assist in the installation orientation. Two different models of ribbed plates were developed, in 4 different compositions: without fiber and without bar (SFSB), with fiber and without bar (CFCB), without fiber and with bar (SFCB) and with fiber and with bar (CFCB). All the slabs were submitted to the flexion test and their results were compared to those of the solid slabs, generating results superior to those of the slabs that exist today in the market for use in raised floor systems and also superior to the existing classifications in NBR 15805 (ABNT, 2010), norm that regulates its construction,

thus proving the gain that the use of ribs and fibers in these plates can bring to the civil construction in durability and economy.

Keywords: *Raised floor, Ribbed Plate, Steel Fiber, Reinforced Concrete.*

1 INTRODUÇÃO

O sistema de pisos elevados é constituído por um conjunto placas horizontais e apoios verticais, instalados lado a lado com um pequeno espaçamento, criando um espaço de entrepiso muitas vezes utilizado para passagem de tubulações e protegendo a laje de base do calor, gerando maior conforto higrotérmico nos pavimentos inferiores. Os apoios verticais podem ser feitos de diversos materiais, fixos ou reguláveis.

Segundo CRISTELLI (2010), as placas elevadas são estruturalmente caracterizadas pela armadura na sua parte inferior, resistindo aos esforços de tração gerados pelos carregamentos, evitando o seu rompimento. As placas abordadas neste estudo devem suportar pequenas cargas correspondentes ao trânsito de pessoas e objetos rolantes leves (bicicleta, carrinho de bebê e cadeira de rodas). Por ser utilizado em áreas externas, esses pisos elevados sofrem com as intempéries. Sua construção é regulamentada pela NBR 15805 (ABNT, 2010).

As placas de concreto são lisas, dificultando a identificação da face onde a armadura está posicionada, podendo ocasionar erros na sua instalação. Com a placa instalada com orientação errada, a armadura perde a sua função de resistir a tração. Tal comportamento está ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Placa de concreto com armadura exposta e enferrujada.



Fonte: Os autores (2018)

Além da exposição às intempéries, foi observado que as placas de concreto, por serem apoiadas nos quatro cantos e não possuírem armadura para resistir aos momentos fletores negativos, em alguns casos rompiam nos cantos devido ao momento volvente (Figura 2).

Figura 2 – Rompimento das placas por momento volvente.



Fonte: Os autores (2018)

Atualmente existem diversos materiais que controlam a espessura e propagação das fissuras no concreto. Neste contexto, estão incluídas as fibras de aço, material utilizado no reforço do concreto utilizado em alguns modelos de placas deste estudo. Após observar tais falhas no processo de construção e instalação desse sistema, o objetivo desta pesquisa é desenvolver um modelo de placa que obtenha maior resistência às intempéries e cargas recebidas e que tenha seu peso próprio reduzido em relação às que já existem no mercado, facilitando sua montagem e manutenção. Será abordado nesse estudo o uso de fibras de aço no concreto para aumento da resistência da placa, e a utilização de placas nervuradas para redução de peso próprio.

2 DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

2.1 Etapas anteriores

Em uma etapa anterior deste estudo, foram desenvolvidas placas com o objetivo de aumentar a sua resistência e estudar quão vantajoso seria o uso de fibras de aço para seu aprimoramento. Foram ensaiadas 12 placas maciças de 60cmx60cm, com 3 centímetros de espessura (Figura 3), em 4 modelos distintos: 3 placas sem fibra e sem barra (SFSB), 3 placas com fibra e sem barra (CFSB), 3 placas sem fibra e com barra (SFCB) e 3 placas com fibra e barra (CBCF).

Figura 3 – Placa maciça rompida após ensaio.



Fonte: Os autores (2019)

RUGGIERO e RULITA (1990) *apud* RODRIGUES (2003), estipulam as seguintes diretrizes para elaboração do concreto referência, a fim de alcançar maior durabilidade das placas: o teor de ar incorporado deve ser 7 a 8%, sua relação água/cimento deve ser menor que 45%, o concreto deve possuir baixa quantidade de areia e distribuição adequada dos agregados, o processo de cura deve ser úmido e por no mínimo 5 dias, e o concreto deve absorver pouca água (menos que 5% de massa seca). Essas diretrizes foram utilizadas na elaboração do concreto deste estudo. O traço do concreto (Quadro 1) foi desenvolvido com base no método do AITCIN modificado e as fibras de aço escolhidas foram as ancoradas com teor de 1,5%.

Quadro 1 – Traço do concreto referência.

Relação A/C	Consumo de cimento (kg/m ³)	Traço obtido	Resistência (MPa)
0,43	480	1 : 1,28 : 2,04 : 0,43	47

Os resultados dos ensaios das placas (Figura 4) foram satisfatórios, pois foi observado que, mesmo sem a armadura (barras de aço), porém, com a adição de fibras, as placas obtiveram resistência além do necessário para as pequenas cargas que devem suportar. As placas são analisadas seguindo 3 categorias existentes na NBR 15805 (ABNT, 2010): 5kN (até 20 cm de altura), 7kN (até 50 cm de altura) e classe especial (para altura acima de 50 cm ou projetos que receberão maiores cargas). No mercado atualmente, a placa de concreto utilizada possui espessura de 4 cm. Neste ensaio, foram produzidas placas com espessura de 3 cm e obteve-se resultado positivo para uso nas categorias de 5kN (CFSB, SFCB, CFCB) e 7kN (SFCB, CFCB).

Figura 4 – Carga de ruptura das placas sob flexão das placas maciças.



Fonte: Os autores (2019)

O objetivo com a continuação desse estudo é criar uma placa que obtenha resultado de resistência semelhante às placas ensaiadas anteriormente, focando na redução do seu peso próprio para melhor manutenção e montagem, além da redução de custos para construção

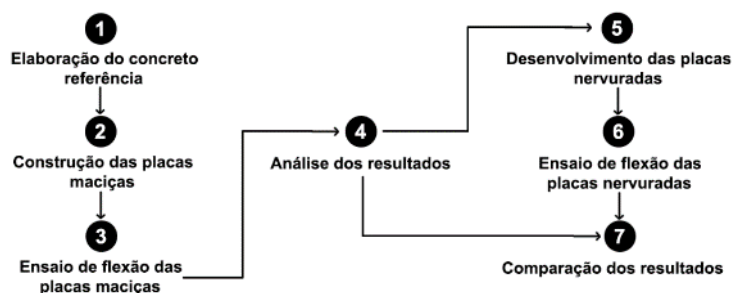
das placas. Nessa etapa da pesquisa foi testado o uso de placas nervuradas para atender a essas demandas. As nervuras serão responsáveis pelo aumento da rigidez e resistência dessas placas e por reduzir seu peso próprio. Além disso, as nervuras permitirão que a posição correta das placas seja identificada no momento da montagem, evitando que sejam instaladas no sentido oposto com conseqüente exposição da armadura.

Esta pesquisa também analisará as vantagens na adição de fibra no concreto, e a possibilidade da substituição das barras de aço por fibras, com foco na redução do peso próprio da placa. Segundo SHIMOSAKA (2010) quando um compósito é formado por dois materiais distintos (concreto e aço) ele sofre maiores deformações antes da sua ruptura e também existe a possibilidade de redução da armadura, uma vez que a resistência à tração do concreto será aumentada devido a presença de fibras em sua composição. Com isso, o aumento do custo da produção do concreto com fibras pode resultar em economia no uso de barras de aço e redução do seu peso próprio.

2.2 Metodologia

Em uma etapa anterior foram construídas 12 placas maciças de concreto, 3 de cada tipo (SFSB, CFSB, SFCB e CFCB) com o concreto referência desenvolvido no laboratório. Foi realizado o ensaio de flexão nas placas e obteve-se os resultados comentados anteriormente. Os resultados de resistência das placas maciças foram satisfatórios, porém ainda existia a necessidade de reduzir o peso próprio e o consumo de material das placas. Nesta etapa da pesquisa, o foco está no desenvolvimento de placas nervuradas construídas com o mesmo concreto referência das placas maciças, mas com peso próprio reduzido por conta dos vazios. Foram construídas placas dos 4 tipos (SFSB, CFSB, SFCB e CFCB), e realizado o ensaio de flexão. O foco neste estudo será a comparação do resultado das placas nervuradas com as placas maciças da etapa anterior e a análise suas vantagens para a construção civil. As etapas da metodologia estão explicitadas no fluxograma (Figura 5).

Figura 5 - Fluxograma da metodologia utilizada.



Fonte: Os autores (2019)

2.3 Materiais e produção do concreto.

O cimento escolhido foi o CPV ARI com massa específica de 2,9 g/cm³ que possui alta resistência inicial; a areia foi retirada do rio Guandu, com módulo de finura igual a 2,4, dimensão máxima característica igual a 4,8 mm, e massa específica igual a 2,6 g/cm³; a brita é de pedreira local, com dimensão máxima característica igual a 12,5mm, módulo de finura igual a 5,7 e massa específica igual a 2,6 g/cm³. A dosagem do concreto foi realizada de forma a se obter um concreto referência com resistência à compressão próxima de 50MPa, aos 28 dias de idade. A relação água-cimento definida foi de 0,43.

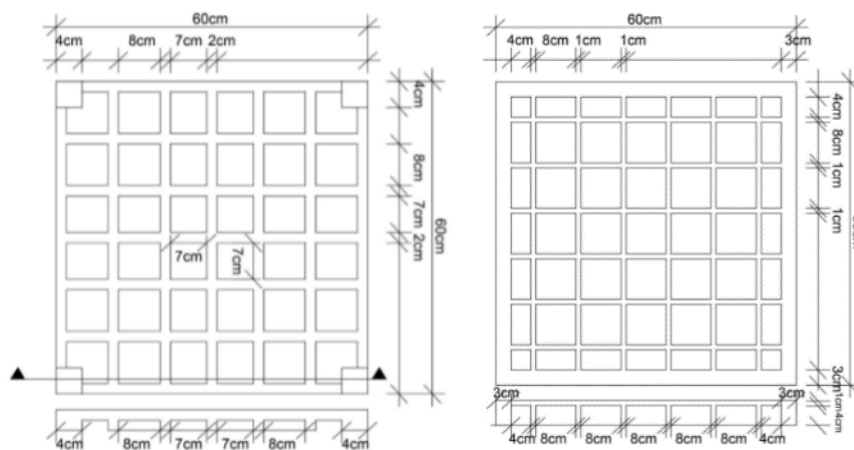
Além dos materiais básicos do concreto, para deixar o concreto mais fluido, foi utilizado aditivo superplastificante Silicon NS Advanced à base de policarboxilato modificado com nanosílica estabilizada, com massa específica de 1,08g/cm³ e com teor de 0,3%. Nas placas com fibras, foram utilizadas fibras de aço, do tipo ancorada e com teor de 1,5%. O concreto foi produzido em betoneira com capacidade para 400 litros de acordo com o procedimento de mistura demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Ordem de preparo do concreto.

Etapas	Material	Tempo (min)
1	Agregados	1
2	1/3 da água	1
3	Cimento	2
4	1/3 da água	1
5	Aditivo + 1/3 da água	5-6
6	Fibra	1

Foram construídas fôrmas de madeira para concretagem das placas, em dois modelos distintos. Em ambos os modelos, o molde das nervuras foi feito em isopor. O modelo 1 de placas (Figura 6a) possui dimensões de 60cmx60cmx4cm. As nervuras possuem altura de 3 centímetros e a mesa da placa possui 1 centímetro de espessura. As placas do modelo 2 (Figura 6b) possuem dimensões de 60cmx60cmx5cm. Suas nervuras possuem 4 centímetros de altura e sua mesa 1 centímetro de espessura.

Figura 6 (a,b) – Disposição das nervuras nas placas.



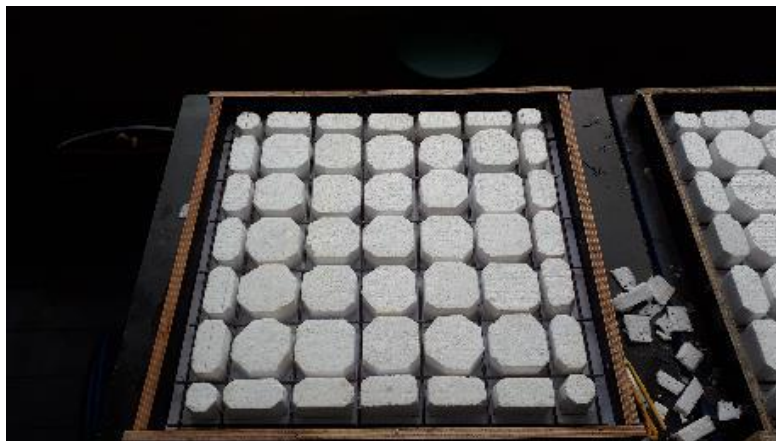
(a) Modelo 1

(b) Modelo 2

Fonte: Os autores (2019)

O dimensionamento dessas placas nervuradas se deu por estudos de equivalência a dimensionamentos de lajes nervuradas. Nos modelos de placas que possuem armadura, as barras de aço foram dispostas em todas as nervuras e nas bordas, nos dois sentidos (Figura 7).

Figura 7 – Fôrma do modelo 2, com barras de aço.



Fonte: Os autores (2019)

O concreto foi assentado nas fôrmas manualmente. Foram construídas placas sem fibra e sem barra (SFSB), com fibra e sem barra (CFSB), sem fibra e com barra (SFCB) e com fibra e com barra (CFCB) dos dois modelos. Apesar do alto teor de fibras dificultar o assentamento do concreto nas fôrmas com nervuras estreitas, foi possível obter resultado homogêneo nas placas após o seu adensamento. O ideal seria o uso de fôrmas de aço ao invés do isopor, pois o material é sensível e se tornou um fator limitante no momento de concretagem. Apesar das dificuldades

citadas, foi possível o adensamento adequado e placas homogêneas (Figura 8).

Figura 8 (a,b) - Processo de construção das placas - modelo 2.



(a) Placa após adensamento.

(b) Placa desenhada.

Fonte: Os autores (2019)

As placas foram ensaiadas após 7 dias de cura úmida. O ensaio de flexão foi realizado com carga progressiva, sem golpes, a uma velocidade constante de 2mm por minuto. Mediu-se também o seu deslocamento no centro do vão em relação à carga aplicada. A placa foi apoiada nos quatros cantos (5 centímetros em cada direção) e a carga aplicada no seu centro, como preconizado pela NBR 15805 (ABNT, 2010) para ensaios de flexão.

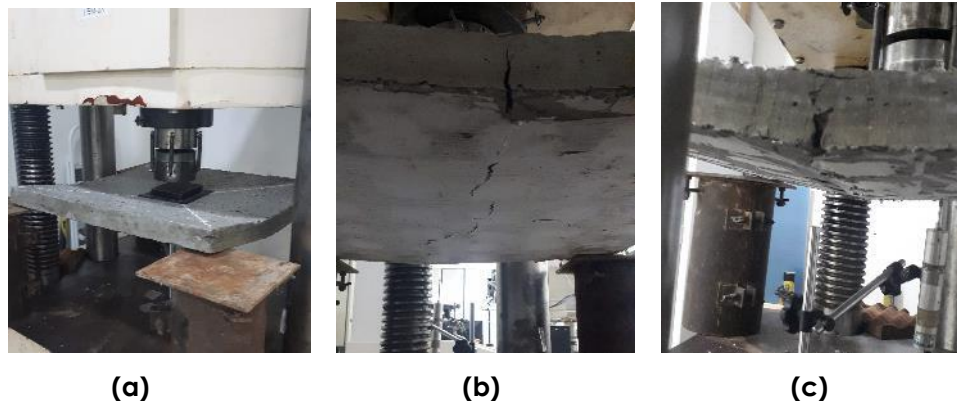
3 RESULTADOS

3.1 Resultados das placas nervuradas

VELASCO (2008) considera que as fibras proporcionam, por conta da transferência de tensões através das fissuras, maior capacidade de carga do material e maior capacidade de deformação por conta de efeitos de seu escorregamento e arrancamento. Tendo em vista tais vantagens oferecidas pela adição de fibras, optou-se por utilizá-las neste estudo. Foi observado nos ensaios que todas as placas nervuradas romperam por flexão, resultado esperado (Figura 9), porém diferente do observado no rompimento das placas maciças com 3cm de espessura que apresentaram ruptura por puncionamento.

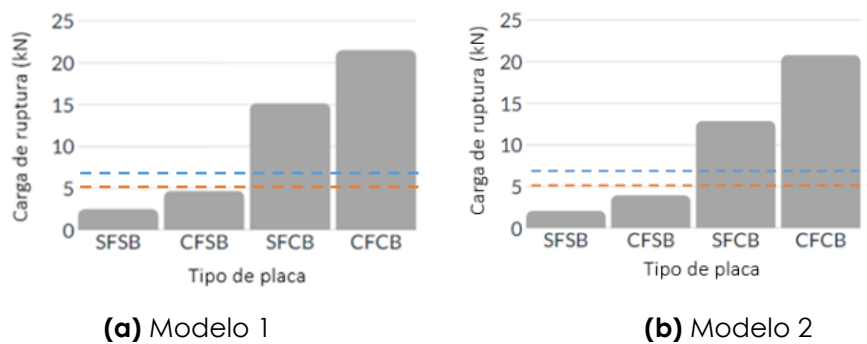
A Figura 10 apresenta os resultados obtidos nesses ensaios em termos de carga de ruptura média para cada composição de placa (com ou sem fibra e com ou sem barras) e para cada tipo estrutural (modelos 1 e 2).

Figura 9 (a,b,c) – Placas nervuradas rompidas por flexão durante ensaio.



Fonte: Os autores (2019)

Figura 10 (a,b) – Carga de ruptura média das placas nervuradas no ensaio de flexão.

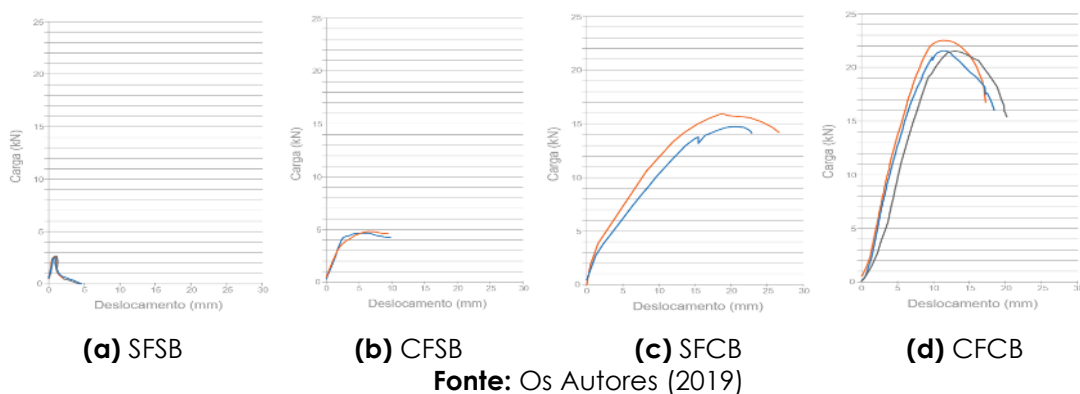


Fonte: Os autores (2019)

Observa-se que as placas com fibra e barra dos dois modelos de placa nervurada apresentaram uma carga de ruptura de mais de 20 kN, muito maior do que a necessária para esse sistema de pisos segundo as classificações de 5kN e 7kN preconizadas pela NBR 15805 (ABNT, 2010). As placas somente com barras de aço apesar de apresentarem carga de ruptura menor que as com fibra e barras, também é aprovada nas duas categorias. As placas do modelo 2 obtiveram resultados um pouco menores que o modelo 1, porém são igualmente suficientes para o uso que se destina. As placas que não possuem barras de aço não foram aptas, nos dois modelos, para nenhuma das categorias pois apresentaram carga de ruptura menor que 5kN, pela ausência de reforço estrutural para resistir ao movimento de flexão. As placas SFSB apresentaram frágeis e com pouca resistência (Figura 11a). Quando adicionada a fibra, as placas apresentaram maior ductilidade (Figura 11b). Segundo ABREU e OLIVEIRA (2015) a adição de fibras na matriz do concreto altera seu caráter frágil e a peça de concreto se torna mais dúctil e segura, uma vez que sua ruptura de forma repentina. Tal afirmação foi comprovada nos ensaios das placas com fibra em sua

composição. Na placa com armadura (SFCB), a capacidade de suportar carga duplicou em relação à placa somente com fibras (CFSB), mas obteve deslocamento duas vezes maior (Figura 11c). As placas CFCB, obtiveram o melhor resultado, tanto pela capacidade de suportar maiores cargas, quanto menor deformabilidade em relação à placa sem fibras (Figura 11d). A adição de fibra nas placas permite que, mesmo depois de rompidas, apresentem menor desconforto e insegurança para os usuários, oferecendo menos riscos.

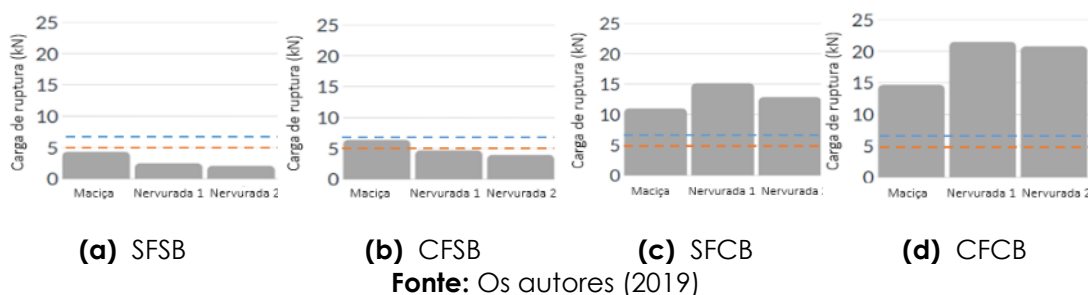
Figura 11 (a,b,c,d) – Resultado da placa modelo 1 em termos de carga e deslocamento.



3.2 Comparação com as placas maciças

Em comparação com as placas maciças ensaiadas anteriormente (Figura 12), foi possível notar que as placas nervuradas sem barra de aço (independente da presença de fibras) apresentam redução da sua carga de ruptura. Isso se dá pois a placa maciça possui mais concreto para resistir aos esforços. Quando colocada a armadura as placas com nervuras apresentaram carga de ruptura acima da maciça com armadura, mesmo sem a adição de fibras, pois as nervuras garantem maior altura útil, maior rigidez e menor deformabilidade.

Figura 12 (a,b,c,d) – Comparação das cargas de ruptura média por cada tipo de placa.



Segundo a NBR 15805 (ABNT, 2010), de acordo com o seu uso e altura, as placas de concreto para pisos elevados possuem 3 classificações: 5kN,

7kN e E (especial). Quando produzidas apenas com concreto (SFSB), nenhuma das placas obteve resistência à carga de ruptura mínima (5kN) exigida pela norma. Esse resultado já era esperado pela ausência de qualquer reforço estrutural na face inferior da placa para resistir aos esforços de tração. Adicionando apenas as fibras de aço, a placa maciça foi a única a alcançar a categoria 5, mas não foi apta para a categoria 7, tendo uso bastante restrito. Ao adicionar a armadura nas placas, todas as placas obtiveram resultados muito superiores ao necessário para a categoria 7, sendo aptas nas duas categorias da norma. Esses resultados estão explicitados no Quadro 3.

Quadro 3 – Resultado das placas em relação à classificação da NBR 15805 (ABNT, 2010).

Modelo	Tipo	Placas ensaiadas	Carga de ruptura média (kN)	Classe 5	Classe 7
Maciça	SFSB	3	4.27	x	x
	CFSB	3	6.34	OK	x
	SFCB	3	10.96	OK	OK
	CFCB	3	14.65	OK	OK
Nervurada 1	SFSB	3	2.44	x	x
	CFSB	2	4.61	x	x
	SFCB	2	15.1	OK	OK
	CFCB	3	21.46	OK	OK
Nervurada 2	SFSB	2	2.02	x	x
	CFSB	2	3.89	x	x
	SFCB	3	12.82	OK	OK
	CFCB	3	20.74	OK	OK

4 CONCLUSÃO

Este estudo analisou o desempenho de placas nervuradas para uso em sistema de pisos elevados externos, substituindo as placas maciças que existem hoje no mercado. O objetivo do estudo foi aumentar o desempenho dessas placas e reduzir o seu peso próprio para melhor instalação e manutenção. Buscando melhores resultados e a redução de fissuras, foram adicionadas fibras de aço no concreto. Foram produzidos 2 modelos de placas (60cmX60cmX4cm e 60cmX60cmX5cm) em 4 composições: sem fibra e sem barra (SFSB), com fibra e sem barra (CFSB), sem fibra e com barra (SFCB) e com fibra e com barra (CFCB).

Após realizar ensaio de flexão, foi observado que as placas nervuradas que continham apenas fibra de aço não alcançaram a resistência necessária segundo a NBR 15805 porém as placas com fibras e barras mostraram resistência muito superior às placas que só possuem barras,

alcançado resistência muito acima do necessário para esse tipo de sistema de pisos e seu uso.

As placas nervuradas mostraram grande potencial pois além de possuírem resistência acima das placas maciças, é mais econômica e mais leve, facilitando sua manutenção. A placa nervurada demonstrou ser menos deformável que a placa maciça, principalmente quando construída com fibras, oferecendo maior conforto para os usuários. As nervuras também garantem que as placas serão instaladas com orientação correta, evitando erros em sua montagem. Com isso, aumenta-se o potencial desse sistema construtivo dentro da construção civil, sua eficiência e a sustentabilidade da edificação.

REFERÊNCIAS

- ABNT (Associação brasileira de normas técnicas). NBR-15805: Pisos elevados de placas de concreto - Requisitos e Procedimentos. 2015.
- ABREU, R.V.S; OLIVEIRA, H.C.P. Concreto reforçado com fibras: aperfeiçoamento das propriedades físicas e mecânicas. In: Seminário científico da FACIG, 1, 2015. Minas Gerais, Brasil, 2015.
- BARROS, Mércia M. S. B. de; BERNARDES, Maurício. Tecnologia construtiva de piso elevado para áreas externas de edifícios. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2009.
- BRITO, C. D. Testes experimentais de placas de concreto para pisos elevados externos. Relatório Técnico-Científico; PIBIC. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2019.
- CHODOUNSKY, M. A.; VIECILI, F. A. Pisos Industriais de Concreto: Aspectos Teóricos e Executivos. São Paulo, Reggenza, 2007
- CRISTELLI, R; Pavimentos Industriais de Concreto : Análise do sistema construtivo. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil, 2010.
- PAIVA, J. A. C. Dosagem de concretos para uso em placas de pisos elevados externos. In: ENTAC, 17, 2018, Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2018.
- RODRIGUES, P. P. F. Critérios de Projetos. Revista Pisos Industriais, São Paulo, 2003.
- RUGGIERO, S.S.; RULITA, D.A. Principles of design and installation of building deck waterproofing. In: Building deck waterproofing. Philadelphia: Laura E. Gish, 1990. Astm Special Technical Publication: 1084, p.5-28.
- SHIMOSAKA, T.J. Influência do teor de diferentes tipos de fibras de aço em concretos autoadensáveis. Tese de mestrado. Universidade tecnológica federal do Paraná, Paraná, Brasil, 2017.
- VELASCO, R.V. Concretos Auto-Adensáveis Reforçados com Elevadas Frações Volumétricas de Fibras de Aço: Propriedades Reológicas, Físicas, Mecânicas e Térmicas. Tese de D.Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2008.