

**EMPREGO DE LAJES NERVURADAS EM MANHUAÇU - MG****Samuel Souza<sup>1</sup>, Erick Oliveira<sup>2</sup>, Lincoln Silva<sup>3</sup>, Marcos Silva<sup>4</sup>, Maria Oliveira<sup>5</sup>,  
Philippe Paiva<sup>6</sup>, Stefhany França<sup>7</sup>, Tauana Batista<sup>8</sup>.**<sup>1</sup>Graduando de Engenharia Civil, FACIG, samuelengjr@gmail.com<sup>2</sup>Graduando de Engenharia Civil, FACIG, erickco.eng@gmail.com<sup>3</sup>Graduando de Engenharia Civil, FACIG, lincolnsousasilva@hotmail.com<sup>4</sup>Graduando de Engenharia Civil, FACIG, marcosilvaroncato@gmail.com<sup>5</sup>Graduanda de Engenharia Civil, FACIG, carolinaoliveiraec@gmail.com<sup>6</sup>Graduando de Engenharia Civil, FACIG, philipelsp@hotmail.com<sup>7</sup>Graduanda de Engenharia Civil, FACIG, stefhany\_gf@hotmail.com<sup>8</sup>Mestre em Estruturas e Materiais com ênfase em Estruturas e Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, FACIG, tauana@sempre.facig.edu.br

**Resumo-** O presente artigo estudou a viabilidade da utilização de lajes nervuradas em Manhuaçu, Minas Gerais. Para explicar o processo construtivo, realizou-se um estudo de caso de uma obra situada em Manhuaçu/MG. Foram apresentados os procedimentos de montagem encontrados na obra, o quantitativo de materiais gastos e a mão de obra encontrada na região. Também foram estudadas as evoluções da laje nervurada, seu acréscimo para a construção civil, sua origem, a cotação dos materiais necessários para execução e a economia gerada pela adoção do método, provinda da reutilização e da redução de materiais. Com enfoque no custo-benefício e visando o seu potencial perante o mercado, que busca agilidade e preços baixos, concluiu-se então que devido a oferta de mão de obra e fornecedores, o sistema estrutural é viável para a região de Manhuaçu - MG.

**Palavras-chave:** Lajes Nervuradas; Construção Civil; Mão de Obra; Economia; Concreto Armado.

**Área do Conhecimento:** Engenharias.

**1 INTRODUÇÃO**

Com a evolução da construção civil e o aumento da necessidade de vãos livres cada vez maiores por parte dos projetos arquitetônicos, novos sistemas estruturais ganham espaço no mercado, as novas técnicas surgiram para melhorar o desempenho das construções e unir a estética dos arquitetos à funcionalidade estrutural, tal fato faz com que a engenharia cresça em seus métodos construtivos adaptando cada projeto a estrutura mais viável e buscando sempre por soluções mais econômicas.

Segundo o censo realizado pelo IBGE (2018) a cidade de Manhuaçu – MG, apresenta uma população estimada de 89.256 habitantes e atualmente a cidade funciona como polo econômico de prestação de serviços e oferece aos moradores e visitantes a melhor infraestrutura hoteleira, para turismo, e comercial da região vertente do Caparaó. A cidade apresenta um crescimento do mercado imobiliário e com ele surge a necessidade de novas soluções e prestação de serviços que atendam essa demanda.

A laje nervurada ganha cada vez mais espaço no mercado da construção civil brasileira, tendo como principal vantagem a possibilidade de vencer grandes vãos livres e tendo como principal característica nervuras ao longo de toda sua estrutura. Na construção da laje, a criação das nervuras se dá de dois modos: com preenchimento de poliestireno expandido (EPS), onde as nervuras não ficarão visíveis, porém manterão sua função estrutural; e utilizando-se fôrmas de plástico polietileno, que após a cura do concreto são retiradas deixando as nervuras visíveis.

Esta laje está sendo muito utilizada, pois oferece diversas vantagens, como: economia no uso do aço, concreto e madeira, fato constatado por Chust, (2013); além de apresentar redução do peso próprio quando comparada às lajes maciças de concreto. “Como principais desvantagens podem ser destacadas a dificuldade na execução das instalações prediais e os valores dos deslocamentos transversais”, (CHUST, 2013), sua espessura é consideravelmente maior, se comparada às lajes maciças, mas em relação a uma laje protendida suas espessuras não demonstram diferenças notáveis.

Desta forma, o artigo tem como objetivo avaliar a empregabilidade de lajes nervuradas na região de Manhuaçu – MG, além de mostrar o processo construtivo, suas vantagens e desvantagens quando comparada as lajes maciças e protendidas, através de um estudo de caso da obra situada na rua Frederico Dolabela, número 372, no centro de Manhuaçu.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O mercado da construção civil busca cada vez mais a produtividade e economia a cada projeto, mediante isso, a busca por novas tecnologias e redução de custos é o foco dos engenheiros e construtores, a laje nervurada, por conta de sua economia e facilidade de construção, aparece como grande aliada a esses ideais.

Segundo Chust (2013), a laje nervurada consiste em uma evolução da laje maciça, pois ela reduz o concreto que não exerce função estrutural, produzindo, assim, os vãos que caracterizam as nervuras.

Segundo Dias (1970) apud Schwezt (2005, pg. 30), o primeiro registro de uma laje nervurada se dá no EUA (Estados Unidos da América), patenteado em 1854 por William Boutland Wilkinson. A laje era elaborada da seguinte maneira “[...] um sistema de concreto armado de pequenas vigas regularmente espaçadas, no qual os vazios entre as nervuras eram formados pela colocação de moldes de gesso[...]”.

Na Europa, o primeiro registro da laje nervurada foi encontrado na Rússia em 1908. O sistema estrutural foi realizado pelo engenheiro Loleit num prédio de quatro andares localizado na capital, Moscou. Os resultados obtidos acabaram sendo satisfatórios, tanto na América quanto na Europa, diante disso, elas passaram a ser mais estudadas e utilizadas nas construções civis (SHTAERMAN & IVIANSKI, 1960, apud SELISTRE, 2000).

Apesar dos grandes avanços da tecnologia no exterior, a laje nervurada só se instalou no Brasil na década de 50. O edifício Copan (Figura 1), situado no Centro de São Paulo, caracteriza-se pelas suas curvas de concreto, aclamado por ser uma das obras mais famosas de Oscar Niemeyer, sendo inaugurado em 1966 como um símbolo da arquitetura Brasileira. Tendo suas obras iniciadas em 1957, demorou nove anos para ser concluído e inaugurado. Apesar do longo tempo, a laje nervurada contribuiu para que a obra não se estendesse por mais tempo.

Figura 1 - Fachada do edifício Copan



Fonte: (Da Redação, 2018)

Carvalho e Pinheiro (2009, p. 32) definem a laje nervurada como:

[...] um sistema estrutural onde se procura afastar o concreto da seção transversal da linha neutra, aumentando a altura da laje, o que proporciona um maior braço de alavanca, formando um conjunto de nervuras, em um ou em duas direções, com espaçamento uniformes entre si.

Lajes nervuradas normais são as que têm suas vigas em forma de “T” transversal, com nervuras inferiores e na parte superior uma mesa de concreto, segundo Andrade (1977), pode-se considerar a mesa como “[...] conjunto de lajes maciças contínuas, apoiadas elasticamente nas nervuras”. Essas lajes conseguem resistir aos momentos fletores positivos, devido um espaçamento entre suas nervuras que tem um vazio ou um bloco cerâmico ou de EPS sem função estrutural, esses momentos tracionam a região inferior, onde estão localizadas as nervuras que possuem uma área

menor, e comprimem a região que tem uma maior área (mesa). Nos momentos negativos a situação é inversa, pois a compressão ocorre a nervura e a tração da mesa (CARVALHO; PINHEIRO, 2009, p. 18).

Associando-se então, tem-se que a mesa influencia na economia da laje, de acordo com Andrade (1977), a situação mais viável economicamente [...] ocorre com a mesa comprimida, em que na região onde atuam a força resultante de compressão encontra-se maior área de concreto, material que apresenta elevada resistência à compressão, e na região onde atua a força resultante da tração. Isto é, Andrade diz que onde ocorre a força resultante de tração, a seção de concreto é desprezada, tendo apenas o papel de proteção das armaduras. Essas características contribuem para a construção de grandes edifícios, pois sua estrutura consegue vencer esforços verticais, com a mesma resistência, e com peso drasticamente menor, influenciando no custo total da obra.

Um dos maiores riscos a essa estrutura é o puncionamento da placa pelo pilar, que segundo SELISTRE (2000, pg. 26) “[...] forma-se uma superfície tronco-piramidal ou tronco-cônica que se desenvolve à aproximadamente 45° da região de contato da laje com o pilar até o outro lado da mesma [...]”. Esse puncionamento ocorre sem apresentar previamente nenhuma avaria, por conta disso ela se caracteriza como ruptura do tipo frágil.

Inicialmente, a laje nervurada teve muita resistência à sua construção devido a necessidade de uma grande quantidade de formas que ocupasse ao menos temporariamente o espaço entre as nervuras para que se pudesse produzir grandes vãos. Entretanto, com os avanços tecnológicos, outras soluções foram surgindo, como bloco cerâmicos, blocos de concreto e o EPS (Poliestireno Expandido), esse último, por sua vez, por ter um baixo custo e facilidade em encontrar no mercado, passou a ser uma das melhores opções para ocupar esses vãos entre as nervuras.

A utilização da laje nervurada cresce cada vez mais. Isso se deve a características vantajosas como: (i) simplicidade na montagem: Além da redução do peso próprio da laje, o que reduz o número de escoras para a mesma, a montagem é mais fácil de ser realizada do que a laje maciça (SELISTRE, 2000), (ii) redução do tempo necessário para a produção: Em decorrência do que foi dito anteriormente, a execução da obra se torna mais rápida. (ÁVILA e MONTEIRO, 1997, apud SELISTRE 2000), (iii) maior liberdade e possibilidades de projeto arquitetônico: por conta da laje nervurada possibilitar um vão maior com um número menor de pilares e a inexistência de vigas, em comparação com a laje maciça, ela permite uma liberdade maior para a distribuição dos espaços (FARHEY, ADIN e YANKELEVSKY, 1993; SHEHATA, SHEHATA e DIAS, 1997, apud SELISTRE, 2000), (iv) Facilidade para a instalação de tubulações hidráulicas e elétricas: por não conter vigas e uma quantidade menor de pilares, quando comparada com a laje maciça, ela permite uma adequação melhor das instalações necessárias a obra. (CORDOVIL, 1997; MORETTO, 1970, apud SELISTRE, 2000), (v) menor custo: como já foi citado, a maior redução possível de concreto e aço, somada a redução de alguns outros materiais, como a madeira, acaba reduzindo os custos da obra. (HANNA E SENOUCI, 1995; SVAB e JUREWICZ, 1990, apud SELISTRE, 2000) e (vi) melhoria do conforto térmico e acústico: a laje nervurada possui uma espessura maior do que a laje maciça, consequentemente corrobora com a inércia térmica e o isolamento acústico, soma-se a isso a possibilidade de inserção de materiais isolantes térmicos e acústicos nos vãos entre nervuras (CORDOVIL, 1997, apud SELISTRE 2000).

## 2.1 METODOLOGIA

Para obter informações sobre o método construtivo e prestação de serviços na região de Manhuaçu, realizou-se um estudo de caso do edifício localizado na rua Frederico Dolabela, número 372 no centro de Manhuaçu, a empresa e o responsável técnico preferiram não se identificarem. A construção teve início no segundo semestre de 2017, e, segundo o planejamento, durará cerca de 3 anos. Após o término ela terá 7 641,48 m<sup>2</sup> de área construída, que serão distribuídos em 13 pavimentos, todos eles com lajes nervuradas. Os dados obtidos estão apresentados por meio de quantitativos e o processo construtivo está ilustrado por meio de registros realizados em campo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A visita, realizada no dia 24 de agosto de 2018, na obra localizada na rua Frederico Dolabela, número 372 no centro de Manhuaçu possibilitou a identificação in loco do método adotado em projeto e execução da laje nervurada, principalmente com relação a caracterização das nervuras (Figura 3). O empreendimento optou pela utilização das fôrmas de polipropileno (Figura 4) que, após a cura do concreto, eram retiradas e reaproveitadas para o próximo pavimento, deixando visíveis as nervuras. As fôrmas disponíveis na obra eram de dois tamanhos (Figura 5), a primeira, e mais utilizada, possui tonalidade preta com dimensões em planta de 60 x 60 cm, sendo colocada na extensão máxima do vão, já a segunda, possui a coloração bege e dimensões em planta de 35 x 60 cm. Após a retirada dessas fôrmas, as nervuras ficaram com uma altura de 40 cm, e a mesa, que fica entre as nervuras, com uma espessura de 5 cm.

Figura 2 - Edifício comercial analisado.



Fonte: OS AUTORES.

Figura 3 – Nervuras aparentes após desforma



Fonte: OS AUTORES.



Figura 4 - Fôrmas de polipropileno.



Fonte: OS AUTORES.

Figura 5 – À esquerda, encontra-se a fôrma de tonalidade preta que possui 60 x 60 cm, à direita, encontra-se a fôrma de coloração bege que possui 35 x 60 cm.



Fonte: OS AUTORES.

Na visita em campo, notou-se que para facilitação da desforma (Figura 6) inicialmente foi utilizado óleo diesel espalhado por meio de um compressor (Figura 7), pois os desmoldantes encontrados no mercado não estavam sendo eficazes na desenforma da laje e, por conta dessa ineficácia, muitas fôrmas acabavam quebrando ao serem retiradas. Entretanto, antes da utilização do óleo diesel, foi utilizado o óleo provindo da lubrificação de motores, popularmente conhecido como óleo queimado, porém, esse material acabava manchando a estrutura (Figura 8), o que gerava mais mão de obra.

Sobre a concretagem da obra, em cada laje foram necessários, em média, 17 caminhões com 8m<sup>3</sup> cada, sendo, aproximadamente, R\$ 310 reais o m<sup>3</sup>, concreto usinado fornecido pela empresa Concrelagos Concreto.

Apesar da laje nervurada não necessitar de vigas, elas foram utilizadas nos colarinhos do elevador (Figura 9) e ao redor da parede externa (Figura 10), além disso identificou-se os capiteis (Figura 11), sua armação de aço (Figura 12) e suas dimensões calculadas para que não houvessem o puncionamento do pilar.

Figura 6 - Formas a serem retiradas.



Fonte: OS AUTORES.

Figura 7 – Compressor utilizado para espalha o óleo diesel nas formas.



Fonte: OS AUTORES.

Figura 8 - Ao fundo a parte da laje em que foi utilizado o óleo queimado.



Fonte: OS AUTORES.

Figura 9 – Viga que forma o colarinho do elevador.



Fonte: OS AUTORES.

Figura 10 – Vigas que formam o colarinho externo.



Fonte: OS AUTORES.

Figura 11 - Capitel de um dos pilares.



Fonte: OS AUTORES.

Figura 12 - Armação de aço dos capiteis.



Fonte: OS AUTORES.

Na obra em estudo, foram utilizadas as fôrmas e os EPS para formarem as nervuras. O preço da fôrma é em média R\$ 65,00 a unidade, apesar de inicialmente apresentar um valor um pouco mais caro em comparação ao EPS, o valor acaba sendo recuperado a longo prazo, pois elas são reutilizadas, ou seja, não há a necessidade de comprá-las a cada laje.

Já com relação ao EPS seu preço médio por unidade pode variar de R\$10,00 à R\$ 23,00, dependendo da empresa que o fornece e do tamanho do empreendimento. Inicialmente o EPS apresenta um valor mais barato, entretanto para construção de várias lajes, a compra desse material será sempre necessária, evidenciando que para obras de pequeno porte sua utilização é melhor já devido ao preço imediato.

O aço utilizado na laje, pilares e elevador, foram dispostos no Quadro 1, separados pelas suas respectivas bitolas.

Quadro 1 – Quantitativo em kg de aço utilizado.

Bitolas (mm)						
Diâmetro (mm)	6,3	8	10	12,5	16	20
Laje	299	0	750	1719	2262	2529
Pilar	0	0	0	594	942	0
Elevador	120	119	375	0	0	0
<b>Total</b>	419	119	1125	2313	3204	2529

Fonte: Os autores.

A utilização da laje nervurada possibilitou que os vãos entre pilares chegassem a 8,5 metros, contribuindo assim para a maior liberdade arquitetônica. O pé direito da edificação variou entre os diferentes pavimentos indo de 2,6 à 5 metros. Além disso, a laje nervurada não exige nenhuma mão de obra especializada, os funcionários necessitam ter conhecimentos básicos de obra, como a nivelamento e alinhamento. Entretanto, como as armações de aço são diferentes do modelo tradicional (lajes maciças), há necessidade de uma especificação mais detalhada para o responsável por montá-las, além de maior fiscalização do engenheiro responsável pela obra durante todo o processo de montagem.

#### 4 CONCLUSÃO

Neste artigo foram analisadas as vantagens da utilização de lajes nervurada e suas principais características, através do estudo de caso de uma obra situada na cidade de Manhuaçu, cidade prestadora de serviços da região vertente do Caparaó.

Com o estudo conclui-se que a construção de lajes nervuradas utilizando cubetas, é viável na região de Manhuaçu – MG, devido à disponibilidade de mão de obra necessária para execução do serviço, possibilidade de compra ou aluguel das fôrmas de polipropileno, que apesar de apresentarem preço mais elevado que o EPS, quando utilizadas para grandes obras se tornam mais viáveis economicamente, por proporcionarem a reutilização em várias lajes, gerando maior economia a longo prazo. Além disso a laje nervurada proporciona a liberdade arquitetônica necessária para obras de grande porte com vãos livres chegando a 8 m, comprovando assim sua viabilidade construtiva para a região de Manhuaçu.

#### 5 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L.M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. São Carlos. 2005.
- ANDRADE, J.R.L. **Estrutura correntes de Concreto Armado – Parte 1**. São Carlos, EESC – USP, 1977. Disponível em: <[http://www.gdace.uem.br/romel/MDidatico/EstruturasConcretoll/Giongo\\_Lajes%20Nervuradas-2007.pdf](http://www.gdace.uem.br/romel/MDidatico/EstruturasConcretoll/Giongo_Lajes%20Nervuradas-2007.pdf)>. Acesso em: 18 agosto de 2018.
- CARVALHO, R. C; PINHEIRO, L. M. **Cálculo e detalhamento de estruturas usais de concreto armado**. São Paulo: V.2,Pini, 2009.
- CHUST, R.C. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. São Carlos. V.3, Pag. 64-65. 2013.
- Da Redação. Revista Veja, 2018. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/entretenimento/video-o-edificio-copan-sob-uma-otica-interna/>>. Acesso em: 19 de agosto de 2018.
- IBGE. **Panorama da cidade de Manhuaçu, Minas Gerais**, 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/manhuacu/panorama>>. Acesso em 18 de outubro de 2018
- PINHEIRO, L. M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. São Carlos. 2005. Disponível em: <[http://www.set.eesc.usp.br&gt;\(Mat.didaticoonline\)](http://www.set.eesc.usp.br&gt;(Mat.didaticoonline))>. Acesso em: 19 de agosto de 2018.
- SCHWETZ, P. F. **Análise teórico-experimental de uma laje nervurada em um modelo reduzido sujeita a um carregamento linear**. Porto Alegre – RS, UFRS, 2005.



SELISTRE, S. L. C. Análise teórico-experimental de uma laje nervurada de microconcreto armado submetida a um carregamento uniformemente distribuído. Porto Alegre – RS, UFRS, 2000.