

Parâmetro de Análise em Laje Bubbledeck

Analysis Parameter in Bubbledeck Slab

Parámetro de Análisis en Losas Bubbledeck

Resumo


Este estudo examina o comportamento estrutural de lajes BubbleDeck. Esse sistema de construção foi sugerido pelo engenheiro Jorgen Breuning e baseia-se no princípio de que, no interior das lajes, existe uma área onde o concreto pode ser desprezado devido às suas funções estruturais limitadas. Ao adicionar esferas plásticas vazias (também conhecidas as “bubbles”) que foram previamente espaçadas nesta área, é possível reduzir significativamente o uso de concreto, podendo resultar em uma redução de aproximadamente 35% do peso próprio da laje. O objetivo desta pesquisa é avaliar experimentalmente o comportamento estrutural de lajes tipo BubbleDeck sob carregamento estático e simétrico. Especificamente, a pesquisa busca comparar o desempenho de lajes BubbleDeck com as normas vigentes, verificando sua deformação e resistência máxima. A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Estruturas do Centro Universitário UniFacid. Foram avaliadas duas peças maciças tipo BubbleDeck, simulando os painéis submetidos a esforços de flexão e compressão. A metodologia consistiu na aplicação de esforços sobre os painéis, visando à observação de sua deformação e resistência máxima. Os resultados mostram que as lajes tipo BubbleDeck têm comportamentos estruturais adequados para as normas atuais. A pesquisa mostra que esse sistema construtivo é eficaz em reduzir o peso próprio da laje e do consumo de concreto, sem comprometer a segurança ou a conformidade com os padrões estruturais, tornando viável o uso desse sistema construtivo.

Palavras-chave: Esferas plásticas; Comportamento estrutural; Redução de concreto.

Abstract

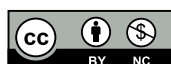
This study examines the structural behaviour of BubbleDeck slabs. This construction system was suggested by engineer Jorgen Breuning and is based on the principle that within the slabs, there is an area where concrete can be omitted due to its limited structural functions. By adding empty plastic spheres (also known as “bubbles”) that have been previously spread out in this area, it is possible to significantly reduce the usage of concrete. The result is a reduction of approximately 35% in the slab’s self-weight. The objective of this research is to experimentally evaluate the structural behaviour of BubbleDeck-type slabs under static and symmetrical loading. Specifically, the study aims to compare the performance of BubbleDeck slabs with current standards, verifying their deformation and maximum resistance. The study was conducted at the Structures Laboratory of the UniFacid University Center. Two solid BubbleDeck-type pieces were evaluated, simulating the panels subjected to bending and compression stresses. The methodology involved applying force to the panels to observe their deformation and the maximum resistance they could withstand. The results indicate that BubbleDeck-type slabs exhibit adequate structural behavior in accordance with current standards. The Study shows that this construction system is effective in reducing the self-weight of the slab and concrete consumption without compromising safety or compliance with structural standards. This makes the use of this construction system viable.

Keywords: Plastic spheres; Structural behavior; Concrete reduction.

João Marcos Jacob Araújo 

Profissional da Empresa J
Marcos Jacob Araujo Ltda
Teresina, Piauí, Brasil

jmarcos6118@yahoo.com /
295xcdxc@gmail.com



Resumen

Este estudio examina el comportamiento estructural de losas BubbleDeck. Este sistema constructivo fue propuesto por el ingeniero Jorgen Breuning y se basa en el principio de que, en el interior de las losas, existe una zona en la que el hormigón puede ser desestimado debido a su limitada contribución estructural. Mediante la incorporación de esferas plásticas huecas (también denominadas bubbles), previamente dispuestas en dicha zona, es posible reducir de manera significativa el consumo de hormigón, lo que puede resultar en una disminución aproximada del 35 % del peso propio de la losa. El objetivo de esta investigación es evaluar experimentalmente el comportamiento estructural de losas tipo BubbleDeck sometidas a cargas estáticas y simétricas. En particular, se busca comparar el desempeño de las losas BubbleDeck con las normativas vigentes, verificando sus deformaciones y su resistencia máxima. La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Estructuras del Centro Universitario UniFacid. Se evaluaron dos elementos macizos tipo BubbleDeck, simulando paneles sometidos a esfuerzos de flexión y compresión. La metodología consistió en la aplicación de cargas sobre los paneles con el fin de observar sus deformaciones y su resistencia máxima. Los resultados indican que las losas tipo BubbleDeck presentan un comportamiento estructural adecuado conforme a las normas actuales. Asimismo, el estudio demuestra que este sistema constructivo es eficaz para reducir el peso propio de la losa y el consumo de hormigón, sin comprometer la seguridad ni el cumplimiento de los estándares estructurales, lo que hace viable su utilización.

Palabras clave: Esferas plásticas; Comportamiento estructural; Reducción de hormigón.

1 Introdução

O desenvolvimento de técnicas inovadoras na construção civil tem sido fundamental para promover avanços significativos em termos de eficiência estrutural, sustentabilidade e economia de materiais. Entre essas inovações, as lajes *BubbleDeck* surgem como uma solução promissora, oferecendo uma alternativa leve e econômica para a construção de estruturas de pavimentos (Shamim, 2019).

As lajes *BubbleDeck* apresentam uma configuração peculiar, caracterizada pela presença de esferas ocas em sua estrutura, que reduzem o peso próprio da laje sem comprometer sua resistência. Essas esferas são espaçadas uniformemente na matriz de concreto, formando um sistema de vazios que confere à laje uma maior eficiência no uso de materiais (Valipour, 2016). No entanto, a análise detalhada do comportamento estrutural dessas lajes requer uma abordagem abrangente que leve em consideração diversos aspectos, como resistência à compressão, flexão, cisalhamento e interação solo-laje (Mirmiran & Shahawy, 2016).

A compreensão do desempenho estrutural desse tipo de laje serve para garantir sua viabilidade em diferentes contextos de aplicação, incluindo desde edifícios residenciais e comerciais até estruturas de infraestrutura, como pontes e viadutos. A análise de resistência e flexão desempenha um papel fundamental nesse processo, permitindo avaliar a capacidade da laje de suportar cargas verticais e redistribuir esforços de maneira eficiente ao longo de sua extensão (Al-Tamimi, 2020).

Uma das vantagens distintivas corresponde na sua capacidade de oferecer uma relação resistência-peso excepcionalmente alta, o que as torna especialmente adequadas para aplicações que exigem vãos longos e cargas pesadas. No entanto, para aproveitar ao máximo esses benefícios, é necessário realizar uma análise cuidadosa do comportamento estrutural da laje em diferentes condições de carregamento e geometrias (Mahmoud, 2018). Isso requer a aplicação de métodos de análise avançados, incluindo abordagens experimentais e computacionais, para avaliar tanto o desempenho global da laje quanto os mecanismos de falha associados.

A pesquisa sobre análise de resistência e flexão em lajes *BubbleDeck* evidencia o avanço do conhecimento e da otimização do projeto desses elementos estruturais inovadores. Ao investigar aspectos como distribuição de tensões, rigidez flexural e capacidade de carga, é possível identificar áreas de melhorias no *design* das lajes e desenvolver estratégias para aumentar sua eficiência e durabilidade (Vatani *et al.*, 2021).

No entanto, apesar do seu potencial, ainda existem desafios significativos a serem superados em termos de aceitação do mercado, regulamentação e custo. Desse modo, este estudo aborda esses desafios,

promovendo a adoção generalizada deste tipo de laje como uma alternativa viável e sustentável aos sistemas convencionais (Yin, 2017).

Em resumo, o objetivo consiste em analisar a resistência e a flexão em lajes BubbleDeck, a fim de compreender o comportamento estrutural inovador desses elementos sob condições de carregamento, avaliando a sua capacidade de suportar cargas verticais e redistribuir esforços de maneira eficiente ao longo de sua extensão, além de investigar sua resposta à flexão como requisito para aplicação em obras futuras de vãos longos e cargas pesadas.

2 Metodologia

A metodologia empregada nesta pesquisa consiste em uma análise experimental no laboratório TECON do Centro Universitário UniFacid Wyden, onde foi construída duas amostras de laje *BubbleDeck*, através da seguintes preparos:

Preparação das Amostras: A preparação das amostras para os protótipos das lajes *BubbleDeck* envolveu os seguintes insumos:

Quadro 1 – Requisitos para o preparo das amostras

MATERIAL E EQUIPAMENTOS	QUANTITATIVO E DESCRIÇÃO
Aglomerante	0,002m ³ de cimento portland CP-II
Agregado miúdo	0,004m ³ de areia grossa
Agregado graúdo	0,005m ³ de brita 1
Água	1390ml
Fôrma	Dimensões 25x35x7,5cm
Aço	8 barras de $\bar{\bar{}}$ 4,2mm
Esferas de EPS	5 esferas de isopor de 5mm.

Fonte: elaboração própria.

No concreto, os agregados desempenham várias funções cruciais. Primeiramente, contribuem para a economia de cimento, uma vez que ocupa espaço na mistura, reduzindo a quantidade necessária de pasta de cimento. Além disso, sua robustez melhora a resistência mecânica e a durabilidade do concreto, permitindo que a estrutura final resista a condições ambientais adversas. Fornecendo uma matriz rígida, que distribui as cargas de forma eficiente.

Esse material é composto por fragmentos de rochas ou minerais que apresentam um tamanho específico de grãos, definido pela sua granulometria. Tecnicamente, um agregado é classificado como graúdo quando seus grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm. Já os agregados miúdos, cujas partículas passam pela peneira de 4,75 mm e ficam retidas na de 0,075 mm, garantem a coesão e a densidade da mistura, preenchendo os vazios deixados pelos agregados graúdos e melhorando a trabalhabilidade e o acabamento do concreto.

O agregado miúdo (Figura 1a) utilizado na amostra consistiu em areia grossa, cuja granulometria varia de 2 a 4mm. O agregado graúdo (Figura 1b) utilizado na amostra consistiu em brita nº 1, cuja granulometria varia entre 9,5 mm e 19 mm, seguindo as especificações da NBR 7211 – Especificações de agregados para concreto.

Figura 1 – Agregados miúdos e graúdos

(a) Agregado miúdo



Fonte: elaboração própria (2024)

(b) Agregado graúdo



Fonte: elaboração própria (2024)

A Figura 2a representa exatamente a fôrma utilizada no teste para a construção da laje, proporcionando uma forma eficiente de evitar o desperdício de concreto. A fôrma é projetada para garantir a aplicação precisa do concreto, correspondendo ao procedimento de compressão necessário para a formação da laje. Esse parâmetro exige um manuseio adequado, pois o equilíbrio estrutural da laje depende da correta distribuição das forças de compressão e tração.

A compressão é gerada pelo peso do concreto e outras cargas aplicadas sobre a laje, enquanto a tração é contrabalançada pela utilização de uma armadura, como ilustrado na Figura 2b. A armadura, composta por barras de aço ou outros materiais resistentes à tração, é essencial para fornecer o suporte estrutural necessário, garantindo que a laje possa suportar as cargas aplicadas sem comprometer sua integridade. Além disso, a precisão na construção da fôrma e na colocação da armadura contribui para a durabilidade e segurança da laje, minimizando os riscos de falhas estruturais.

Figura 2 – Requisitos de controle tecnológico



(a) Fôrma



(b) Armadura

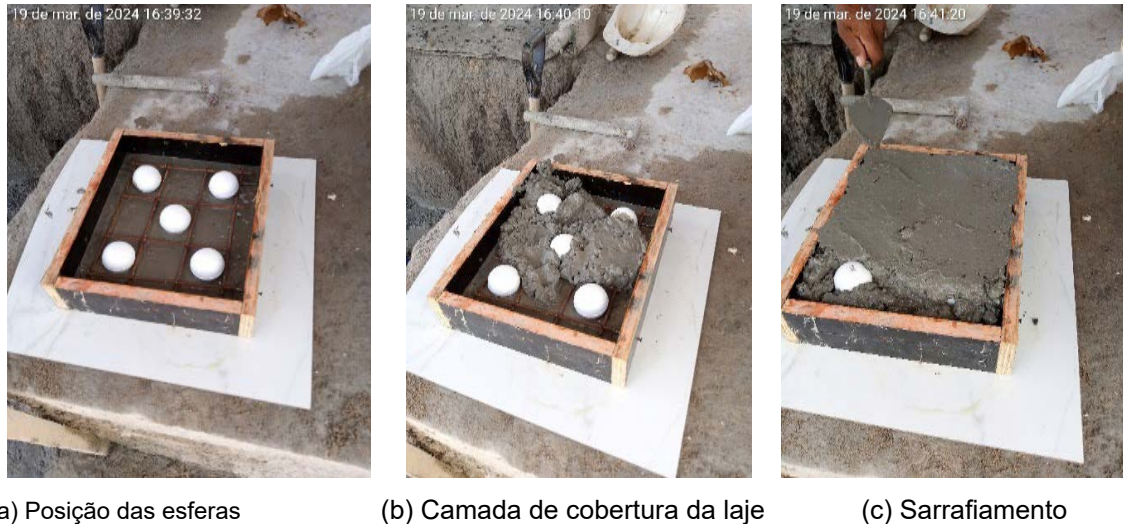
Fonte: elaboração própria (2024)

O uso de EPS (poliestireno expandido) em lajes é uma técnica inovadora que visa reduzir o peso das estruturas sem comprometer sua resistência. O EPS é inserido na fôrma da laje, substituindo volumes de

concreto, o que resulta em uma estrutura mais leve e econômica. Além de diminuir a carga sobre a fundação, essa abordagem pode levar à economia de materiais e facilitar o transporte e a montagem.

As esferas de EPS foram posicionadas proporcionalmente dentro da fôrma com auxílio da armadura, a fim de contribuir com a cobertura mínima da laje. Com isso, as esferas reduzem o peso da laje de 16,40kg para a 15,58kg ao substituir volumes de concreto reduzindo sem comprometer a resistência estrutural (Figura 3).

Figura 3 – Posicionamento das esferas



Fonte: elaboração própria (2024)

Tempo de cura e desforma: Após a concretagem da laje, o processo de desforma foi realizado um dia depois, marcando o início da cura, etapa crucial para garantir a resistência adequada do concreto, normalmente ocorre entre 7 e 28 dias. Durante 21 dias, os protótipos foram curados em água, proporcionando condições ideais para o desenvolvimento das propriedades do concreto.

O rompimento das amostras ocorreu quando estas foram submetidas a uma máquina de compressão, que aplica carga gradualmente até a ruptura. Durante o teste, a carga é aumentada continuamente enquanto se monitora a resistência da amostra até o ponto de falha.

Teste de resistência à compressão: Consistiu na avaliação da capacidade de resistência da laje, aplicando uma carga gradual até a falha da amostra. Utilizou-se uma prensa hidráulica (Figura 4) para aplicar cargas verticais nas amostras de lajes BubbleDeck, através do seu posicionamento na horizontal, registrando as cargas aplicadas.

Teste de flexão: Realizado para avaliar a capacidade de deformação estrutural da laje sob condições realistas de carga, mediante a prensa hidráulica (Figura 4). A amostra é posicionada de forma vertical para verificar o quanto a mesma deforma, através carregamentos progressivos para induzir a sua devida flexão.

Figura 04 – Prensa hidráulica



Fonte: elaboração própria (2024)

Cumprimento das normas éticas e regulamentações aplicáveis à pesquisa experimental, garantindo o bem-estar dos participantes e o uso adequado dos recursos, por meio das seguintes normas:

- NR 12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.
- NR 06 – Equipamento de proteção individual.
- NR 07 – Norma regulamentadora.

Essas normas, seguidas rigorosamente, criam um ambiente de pesquisa seguro e responsável, promovendo a integridade e a segurança de todos os envolvidos.

3 Resultados e Discussões

Os resultados dos testes de resistência à compressão e flexão forneceram dados fundamentais para entender o comportamento estrutural das lajes BubbleDeck. Essas informações são essenciais para garantir a segurança e a eficácia dessas lajes em aplicações reais de construção.

Na Figura 5a, a laje submetida ao teste de compressão manteve sua integridade estrutural, corroborando o sucesso do ensaio e a eficiência da distribuição de tensões proporcionadas pelas esferas de EPS. Coletando os parâmetros de resistências aplicadas durante o tempo de ensaio:

Figura 5 – Abordagem do ensaio de compressão

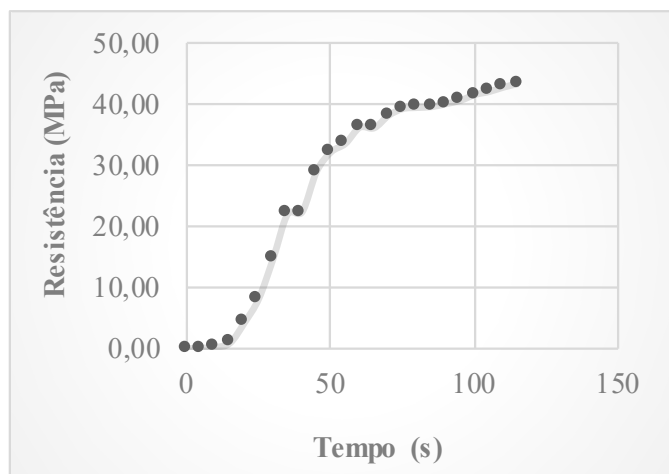


(a) Posicionamento para teste de compressão (b) Deformação após teste de compressão

Fonte: elaboração própria (2024)

T (s)	Resistência	T (s)	Resistência
0	0 Mpa	60	36,25 Mpa
5	0,1 Mpa	65	36,16 Mpa
10	0,22 Mpa	70	38,21 Mpa
15	0,93 Mpa	75	39,32 Mpa
20	4,26 Mpa	80	39,49 Mpa
25	8,23 Mpa	85	39,63 Mpa
30	14,82 Mpa	90	40,12 Mpa
35	22,09 Mpa	95	40,68 Mpa
40	22,38 Mpa	100	41,63 Mpa
45	29 Mpa	105	42,12 Mpa
50	32,2 Mpa	110	42,85 Mpa
55	33,59 Mpa	115	43,41 Mpa

(c) Tabela



(d) Gráfico

Fonte: elaboração própria (2024)

Conforme pode ser observado na tabela da Figura 5c, a resistência máxima à compressão alcançada foi de 43,41 MPa, atingida em 115 segundos após o início do ensaio, destacado em vermelho na Figura 5c e ilustrado no ápice do gráfico da Figura 5d.

De acordo com a NBR 6118:2014, norma brasileira que rege o projeto de estruturas de concreto, a resistência característica mínima do concreto à compressão (f_{ck}) para lajes é de 20 Mpa.

Portanto, a resistência obtida de 43,41 MPa está significativamente acima dos requisitos mínimos normativos, indicando que o desempenho da laje *BubbleDeck* é mais que suficiente para aplicações em obras, proporcionando uma margem de segurança considerável. Essa superioridade na resistência não só atende como excede os parâmetros estabelecidos.

Foi observado um comportamento notável entre os 60 e 65 segundos na Figura 5d. Houve uma queda significativa no gráfico de desempenho, indicando um ponto crítico na interação entre o concreto e o aço. Esse fenômeno pode ser atribuído à resistência e à aderência entre os materiais, que, sob tensão contínua, atingiram seus limites de coesão e começaram a falhar. É importante destacar que o teste de tração teve uma duração total de apenas 35 segundos, o que sugere que a degradação observada ocorreu rapidamente após o ponto máximo de resistência.

Mediante ao ensaio de compressão explanado anteriormente, o ensaio de flexão foi realizado com a placa na vertical, com o intuito de observar a flecha na peça. Como observado na tabela da Figura 6c e evidenciado no gráfico da Figura 6d, ocorreu um aumento gradativo da resistência ao longo dos 35 segundos de ensaio, proporcionando, assim, uma verificação do seu desempenho inadequado.

Figura 6 – Abordagem do ensaio de flexão



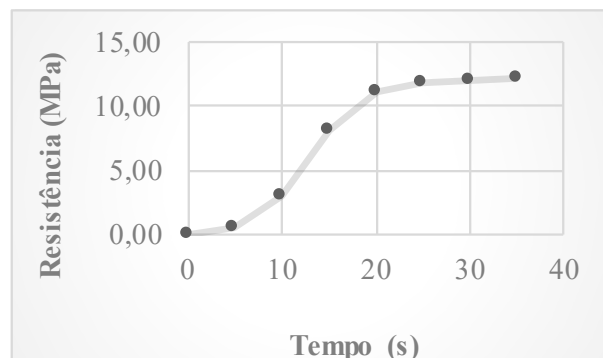
(a) Deformação após teste de flexão



(b) Interação das esferas com concreto e armadura

Teste de Flexão		
T (s)	Resistência	
0	0	MPa
5	0,52	MPa
10	3,021	MPa
15	8,083	MPa
20	11,12	MPa
25	11,87	MPa
30	12,09	MPa
35	12,23	MPa

(c) Tabela



(d) Gráfico

Fonte: elaboração própria (2024)

As imagens das Figuras 6a e 6b ilustram as condições das amostras após os ensaios. Na Figura 6b, a laje submetida ao teste de flexão exibe uma deformação inesperada, ressaltando a inadequação da ferragem empregada e a importância de uma armação correta para prevenir falhas estruturais.

No decorrer do experimento, o rompimento (Figura 6a) da amostra de laje *BubbleDeck* comprometeu a análise da flecha, inviabilizando a obtenção de resultados precisos sobre o comportamento estrutural da laje sob carga. Inicialmente, utilizou-se apenas a ferragem negativa com o objetivo de analisar, no momento do rompimento, a trabalhabilidade das esferas de EPS e sua interação com a armação na análise da flecha da laje. No entanto, esse incidente ressaltou a importância crucial de uma execução correta da armação, evidenciando que, na construção da laje, não se pode utilizar apenas a ferragem negativa.

A ausência de uma armação adequada compromete a integridade estrutural e o desempenho da laje, levando à falha prematura da amostra e impossibilitando a validação dos dados esperados.

Os ensaios realizados com as lajes *BubbleDeck* forneceram resultados distintos para compressão e flexão, oferecendo uma visão abrangente sobre o comportamento estrutural desse sistema inovador.

O teste de compressão foi um sucesso, demonstrando que a laje não apenas suporta cargas elevadas, mas também distribui as tensões de maneira eficiente mesmo com a presença das esferas de EPS, que reduzem o peso próprio da laje sem comprometer sua resistência. Em contrapartida, o teste de flexão não obteve o desempenho esperado.

Apesar disso, os resultados desse teste foram valiosos, pois destacaram a importância da correta execução da armação. A falha prematura observada no ensaio de flexão evidenciou que a utilização inadequada da ferragem compromete a integridade estrutural da laje, sublinhando a necessidade de uma armação completa e bem executada para garantir a segurança e a durabilidade da estrutura.

Em termos de custo, a laje *BubbleDeck* mostrou-se uma opção economicamente vantajosa. Com a utilização de esferas de EPS há uma redução significativa do volume de concreto necessário, diminuindo os custos com materiais e mão de obra. A economia de concreto é um dos pontos mais relevantes, pois o concreto e seus agregados representam uma parte considerável dos custos totais em projetos de construção. A redução no volume de concreto necessário não só diminui os custos diretos com o material, mas também reduz os custos associados ao transporte e ao manuseio do concreto.

A sua aplicação promove também um importante benefício ambiental através da reciclagem de plástico. Com a incorporação de esferas plásticas na estrutura, contribui-se para a redução de resíduos plásticos, promovendo uma construção mais sustentável e alinhada com práticas de responsabilidade ambiental.

4 Conclusões e Sugestões

Conclui-se que a laje tipo *BubbleDeck* representa uma inovação promissora na construção civil, oferecendo benefícios significativos em termos de custo e sustentabilidade. A redução no uso de concreto e a diminuição do peso das estruturas são aspectos essenciais que não comprometem a resistência e a segurança das lajes, tornando-as uma opção viável para projetos diversos. No entanto, para que essa tecnologia seja amplamente adotada, é fundamental promover a aceitação e o entendimento de suas vantagens no mercado da construção civil.

Isso pode ser alcançado através de políticas de incentivo governamentais e privadas, que estimulem a utilização de tecnologias inovadoras como a *BubbleDeck*. Além disso, investimentos em treinamento técnico são essenciais para capacitar engenheiros, arquitetos e construtores na implementação eficiente dessa tecnologia. A divulgação de estudos de caso bem-sucedidos também desempenha um papel crucial, mostrando na prática os benefícios econômicos e ambientais das lajes *BubbleDeck* em diferentes tipos de construção.

Ao promover essas medidas, a laje *BubbleDeck* poderá contribuir efetivamente para uma construção mais econômica e sustentável, não apenas reduzindo custos operacionais e de manutenção, mas também minimizando o impacto ambiental das obras. Assim, ela se posiciona como uma solução inovadora e responsável para os desafios contemporâneos da construção civil, impulsionando avanços rumo a práticas mais eficientes e conscientes.

Referências

- AL-TAMIMI, A. K. *et al.* Experimental investigation of BubbleDeck slabs under flexural loading. **Journal of Structural Engineering**, [s. l.], v. 146, n. 2, p. 04019234, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118:2023**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **Eurocode 2 (EN 1992-1-1:2004)**: Design of concrete structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings. Brussels: CEN, 2004.
- GARCIA, M.; HERNANDEZ, L. Flexural performance of BubbleDeck slabs under various loading conditions. ANNUAL CONFERENCE ON CONCRETE INNOVATIONS, 2016, [s. l.]. **Proceedings [...]**. [S. l.]: [s.n.], 2016. p. 120-130.
- MAHMOUD, S. *et al.* Comparative analysis of traditional slabs and BubbleDeck slabs under bending loads. **International Journal of Engineering Research and Technology**, [s. l.], v. 7, n. 4, p. 405-412, 2018.
- MUTTONI, A.; SCHWARTZ, J. Behavior of beams and punching in slabs without shear reinforcement. **ACI Structural Journal**, [s. l.], v. 88, n. 3, p. 268-276, 1991.
- OLIVEIRA, J. Desempenho estrutural de lajes BubbleDeck sob flexão. **Portal da Construção Civil**, [s. l.], 2022. Disponível em: <https://www.portalconstrucao civil.com.br/tecnologia/lajes-bubbledeck-flexao>. Acesso em: 02 jul. 2024.
- PRAKASH, S. *et al.* Structural behavior of BubbleDeck slabs and their applications to bridge decks. **Journal of Bridge Engineering**, [s. l.], v. 12, n. 5, p. 531-540, 2007.
- RIBEIRO, T. **Estudo comparativo entre lajes BubbleDeck e lajes convencionais em edifícios de múltiplos andares**. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.
- SHAMIM, M. *et al.* Experimental investigation on the structural behavior of BubbleDeck slabs. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 201, p. 150-160, 2019.
- SILVA, A. **Análise experimental e numérica de lajes alveolares com esferas plásticas**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- SMITH, B.; JONES, C. Innovative uses of BubbleDeck technology in modern construction. INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRUCTURAL ENGINEERING, 2015, [s. l.]. **Proceedings [...]**. [S. l.]: [s.n.], 2015. p. 75-82.
- SOUZA, L. Análise de resistência e flexão em lajes BubbleDeck. **Engenharia Moderna**, [s. l.], 2023. Disponível em: <https://www.engenhariamoderna.com.br/artigos/analise-resistencia-flexao-lajes-bubbledeck>. Acesso em: [data de acesso].
- VALIPOUR, H. R. *et al.* The application of hollow core slabs in the construction industry: a review. **Engineering Structures**, [s. l.], v. 127, p. 766-782, 2016.
- VATANI, A. *et al.* Flexural behavior of BubbleDeck slabs: an experimental study. **Structural Concrete**, [s. l.], v. 22, n. 4, p. 2327-2337, 2021.
- YIN, Y. *et al.* Analysis of BubbleDeck concrete slabs using finite element method. **Computers and Concrete**, [s. l.], v. 20, n. 5, p. 519-532, 2017.

Sobre o autor:

João Marcos Jacob Araújo

Graduado em Engenharia Civil, pelo Centro Universitário UniFacid Wyden. Profissional da Empresa J Marcos Jacob Araujo Ltda.

Como citar:

ARAÚJO, João Marcos Jacob. Parâmetro de Análise em Laje Bubbledeck. **Rev. Tecnologia**, Fortaleza, v. 46, p. 1-9, 2025. DOI: <https://doi.org/10.5020/23180730.2025.15332>

Aceito em: 28/06/2024

Avaliado em: 16/12/2025