



## ESTUDO DE VIABILIDADE DA TÉCNICA *BUBBLEDECK*

RODRIGUES, Bruno Salles<sup>1</sup>; PAVAN, Paulo Roberto<sup>2</sup>;

Prof. M.e Ricardo Simões<sup>3</sup>.

Universidade São Francisco

[Bruno.salles@mail.usf.edu.br](mailto: Bruno.salles@mail.usf.edu.br); [Paulo.pavan@mail.usf.edu.br](mailto: Paulo.pavan@mail.usf.edu.br)

**RESUMO.** Com o aumento da demanda na construção civil, houve a necessidade de desenvolver novas tecnologias, que facilitassem o processo de execução de estruturas, e tornassem mais econômicos. Com isso, surge a técnica *BubbleDeck*, técnica dinamarquesa que surgiu com o intuito de vencer grandes vãos em estruturas em concreto armado. Essa técnica consiste na incorporação de esferas plásticas igualmente distribuídas entre telas de aço, formando um vácuo em seu interior, eliminando parte do volume de concreto que não exerce função estrutural, resultando em uma laje mais leve e resistente, tornando-se assim uma alternativa inovadora diante às lajes de concreto convencionais. Uma Laje executada com método convencional, como a laje nervurada, por exemplo, possui o peso próprio elevado, exigindo grandes seções de vigas e grandes esforços dos pilares. Sendo assim, a técnica *BubbleDeck* possui grande vantagem, já que diminui até 35% do peso próprio da laje, exigindo menos esforços dos pilares, demonstrando que a laje *DubbleDeck* dimensionada para o maior vão possível tem menor consumo de concreto e de aço que a laje maciça e menor consumo de concreto e espessura que a nervurada.

**Palavras-chave:** Construção civil; Concreto Armado; Peso próprio;

**ABSTRACT.** *With the increase in demand in civil construction, there was a need to develop new technologies that would facilitate the process of building structures and make them more economical. With this comes the BubbleDeck technique, a Danish technique that emerged in order to overcome large spans in reinforced concrete structures. This technique consists in the incorporation of plastic spheres equally distributed between steel meshes, forming a vacuum inside, eliminating part of the volume of concrete that has no structural function, resulting in a lighter and more resistant slab, thus becoming an innovative alternative to conventional concrete slabs. A slab executed with the conventional method, such as the ribbed slab, for example, has a high self-weight, requiring large beam sections and large column efforts. Thus, the BubbleDeck technique has great advantage, since it reduces up to 35% of the slab's self-weight, requiring less effort from the columns, demonstrating that the BubbleDeck slab sized for the largest possible span has lower concrete and steel consumption than the solid slab and lower concrete consumption and thickness than the ribbed one.*

**Keywords:** *Civil construction; Reinforced concrete; Dead weight;*



## INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o mercado da construção civil teve um aumento significativo em sua demanda, fazendo com que os profissionais busquem sempre novos métodos para agilizar os processos da construção, aumentando assim a produtividade. Porém, mesmo com o passar do tempo, o material que continua em evidência na construção civil é o concreto.

Segundo Eduardo Souza (2020), o concreto é o material mais utilizado na construção civil, porém seu processo produtivo emite altas quantidades de gases contribuintes para o agravamento do efeito estufa e consomem grandes quantidades de energia e de recursos não-renováveis.

Para Felipe Souza (2021), o concreto apresenta boa resistência à compressão, mas muito pouca à tração e, por isso, o aço atua em conjunto no concreto armado, suportando os esforços de tração que atuam nas peças. O Concreto Armado possui uma massa específica média de 2.400 kg/m<sup>3</sup>, ou seja, quase duas toneladas e meia por metro cúbico.

Por conta da elevada massa específica do concreto, os sistemas convencionais de lajes de concreto armado costumam apresentar um elevado peso próprio, que se torna a sua maior desvantagem. Quanto mais pesada é a estrutura, maiores serão os seus elementos estruturais, podendo inviabilizar economicamente uma estrutura de grande porte. Essa desvantagem ocorre em todos elementos estruturais, porém o elemento que mais arca com essa desvantagem é a laje.

Segundo POLETO (2017), a procura de solucionar esse problema e melhorar o desempenho das estruturas, na década de 80, o engenheiro dinamarquês Jorgen Bruenig, por meio de um concurso nacional que visava desenvolver soluções ecológicas e econômicas para construções que também fossem flexíveis e aplicáveis em larga escala, desenvolveu um modelo de laje oca, conhecidas comercialmente como *BubbleDeck*, visando a otimização do uso do concreto, aplicando apenas onde desempenha função estrutural, a fim de diminuir o peso próprio da estrutura e perdas de materiais, reduzir custo, evitando as limitações de uso em grandes vãos, além da agilidade construtiva.

Segundo Duarte (2014), o sistema de laje *BubbleDeck* é composto pela inserção de esferas, esferas plásticas igualmente distribuídas entre telas de aço, formando um vazio em seu interior, eliminando assim, parte do volume de concreto que não exerce função estrutural. Como resultado, tem-se uma laje mais leve e resistente. Tal sistema apresenta os mesmos princípios estruturais de uma laje maciça convencional, trabalhando nas duas direções.

A primeira construção em que se aplicou o sistema *BubbleDeck* é o edifício *Millennium Tower*, na cidade de Rotterdam na Holanda, onde resultou em uma otimização dos ciclos dos andares de 10 para 4 dias, além de reduzir 50% dos pilares, gerando uma economia de quinhentos caminhões de concreto. Foram inseridos dois andares a mais por conta da diminuição do pé direito, já que o sistema de lajes cogumelo não utiliza vigas. Em 2000, quando concluída, a Millennium Tower com 149 m e 35 andares era a segunda maior construção da Holanda.

Segundo Zanchini (2014), no Brasil, a primeira construtora a utilizar a técnica *BubbleDeck* foi a Odebrecht adotando o método na obra do Centro Administrativo do Distrito Federal localizada em Taguatinga, DF.

Com isso, o objetivo principal desse trabalho é realizar uma análise técnica do sistema *BubbleDeck*, avaliando a sua viabilidade e desempenho com base em obras executadas, analisando quantitativamente os custos materiais, mão de obra necessária no canteiro e em fábrica e apontar a sua produtividade e cronograma de execução. O objeto desse estudo será a obra do CADF, localizada em Salvador/BA, onde a construtora Odebrecht realizou um estudo de viabilidade e comparativo do sistema de laje nervurada, sistema que estava previsto no projeto original.

## METODOLOGIA

O método construtivo *BubbleDeck* apresenta os mesmos princípios estruturais de uma laje maciça convencional, trabalhando nas duas direções, porém são compostos por esferas plásticas inseridas uniformemente entre duas armaduras e “ocupam” a zona de concreto que não desempenha função estrutural, podendo reduzir até 35% o peso próprio da laje se comparando com o sistema convencional, removendo com isso as restrições de cargas permanentes elevadas e ainda pequenos vãos. (BubbleDeck BRASIL, 2020).

Segundo Felipe Souza (2021), sua forma esférica permite uma distribuição de tensões extremamente uniforme em comparação com a forma cúbica das placas nervuradas convencionais, para que a cavidade nas esferas não comprometa a resistência da placa. Isso se deve ao fato de o concreto apresentar desempenho significativo em áreas de compressão e apenas 10% de seu desempenho em áreas de tração.

Com excelente eficiência estrutural, verificou-se que, com a incorporação das esferas plásticas como formadoras de vazios, este sistema permite pilares com inter-eixos 50% maiores. O fato de serem lajes bidirecionais, pode-se agregar o enchimento plástico (bolas plásticas, “*bubbles*”) com o conceito das lajes maciças definidas na norma NBR 6118 (ABNT, 2014), comparando com o conceito de lajes cogumelo, permitindo aumentar os vãos em ambas direções, conectando a laje diretamente aos pilares através de concreto in-situ sem nenhuma viga, acarretando em:

- Liberdade nos projetos: layouts flexíveis que facilmente se adaptam a desenhos curvos e detalhes irregulares;
- Aumento dos inter-eixos das colunas: até 50% a mais do que as estruturas tradicionais;
- Eliminação de vigas: execução mais barata e rápida de alvenarias e instalações;
- Redução do volume de concreto: 1 Kg do plástico reciclável das esferas substitui 100 kg de concreto.

A redução da sua auto carga, traz vantagens nas avaliações estáticas. As partes sólidas da laje são definidas com base na capacidade de cisalhamento sem o uso de armadura para resistir aos esforços de cisalhamento.

Para Soares (2021), as esferas utilizadas são constituídas de polipropileno, que é um hidrocarboneto linear polimerizado a partir do monômero de propeno (ou propileno), um composto orgânico insaturado, que tem como propriedade baixa densidade e ótima resistência. Seu vasto leque de utilidades, faz com que seja um produto com abundância no mercado, resultando assim um material de baixo custo.

### *Sustentabilidade*

Segundo a *BubbleDeck* Brasil (2020), A proposta da *BubbleDeck* é disponibilizar um modelo construtivo que atende às necessidades do mercado, simultaneamente proteger a biodiversidade e os ecossistemas naturais. Essa tecnologia possui Selo Verde com prêmios internacionais devido a uma série de características como: as esferas são produzidas com plástico reciclável, redução da emissão de CO<sub>2</sub> devido à subtração do volume de concreto e uso reduzido de fôrmas de madeira. Sua alta produtividade proporciona contribuição para a obtenção do certificado verde.

Para uma laje *BubbleDeck* de 23cm (tipo BD230), a cada metro quadrado construído de laje são retirados 1 kg de plástico do meio ambiente.

Quando comparado uma laje *BubbleDeck* de 28cm (tipo BD280) de 10.000m<sup>2</sup> com uma laje maciça convencional de mesma espessura, percebe-se reduções representativas como mostra a tabela a seguir:

**Tabela 1** – laje *BubbleDeck* BD 280 de 10 000 m<sup>2</sup> x laje Maciça de mesma espessura.

Economia	Total		Por m <sup>2</sup>	
Emissão de CO <sub>2</sub>	Ton.	423	Kg	42
Árvores cortadas (formas)	Quant.	150	Quant.	0,015
Diesel para transporte	Lt	2999	Lt	0,3
Concreto	M <sup>3</sup>	810	M <sup>3</sup>	0,081
Aço	Ton.	81	Kg	8,1
Plástico recolhido	Ton.	23	Kg	2,25
Energia embutida nos materiais	GJ	3943	MJ	394

Fonte: *BubbleDeck* Brasil, 2022

### *Desempenhos*

As cavidades obtidas com as esferas utilizadas no interior da placa também contribuem para um melhor desempenho acústico.

Em caso de incêndio, as esferas carbonizam sem liberar gases tóxicos. Dependendo da cobertura, a resistência ao fogo pode variar de 60 a 180 minutos (verificações realizadas de acordo com a ISO 834).

Em busca de melhor entendimento das lajes *BubbleDeck*, foram realizados testes comparativos com placas maciças convencionais. Os testes foram realizados na Holanda, Dinamarca e Espanha, os quais mostraram melhor resistência ao cisalhamento do que o esperado. Experimentos mostraram um efeito positivo das esferas no processo de concretagem, gerando um efeito semelhante ao da adição de plastificantes. Além disso, também apresentam melhor distribuição de tensões em comparação com outros tipos de lajes cavitárias, como as nervuradas. Graças à sua estrutura tridimensional e distribuição gradual de forças, as cavidades causadas por esferas não terão efeitos negativos nem causarão perda de capacidade de carga.

Na obra do Centro Administrativo do Distrito Federal, localizado em Brasília/DF, foi realizado um ensaio de prova de carga através do carregamento estático com o uso de água em piscinas, acrescentando 10% sobre a sobrecarga prevista em projeto, mostrando um ótimo desempenho, onde os deslocamentos obtidos com o ensaio foram menores que os deslocamentos teóricos previstos.

Segundo Santos (2013), nas lajes ensaiadas o carregamento máximo aplicado foi de 330kgf/m<sup>2</sup>, sendo as lajes ensaiadas apresentavam fissuras antes da realização do ensaio, durante e após o carregamento foi realizado o acompanhamento dessas fissuras, sendo que não foi observado o surgimento de novas fissuras e nem o aumento da abertura das fissuras existentes. A máxima abertura de fissura observada foi de 0,1 mm na parte inferior da laje.

**Tabela 2** – Resultado Ensaio.

Local	Deformação Esperada (mm)	Deformação Encontrada (mm)	Diferença
LAJE A	1,73	0,55	-68,2
LAJE C	2,65	0,86	-67,5

Fonte: *Bubbledeck* Brasil, 2022

### *Definições técnicas e parâmetros*

Segundo Silva (2011) para escolha do tipo de laje *BubbleDeck* o primeiro critério utilizado é o de limitação de flechas. Portanto, o vão máximo utilizado para cada tipo de laje é

determinado pela razão entre o menor comprimento (L) do vão e a espessura (d) da laje (L/d). O fabricante sugere em seu manual as seguintes razões de L/d para os diferentes tipos de vãos:

- L / d ≤ 30 – vãos simples
- L / d ≤ 39 – vãos contínuos
- L / d ≤ 10,5 – balanço

Os parâmetros das lajes são definidos de acordo com a medida do vão e o carregamento existente no elemento, como mostra na tabela 3.

**Tabela 3** - Vãos usuais e sua carga permanente equivalente.

Modelo	Espessura [mm]	Diâmetro da Esfera [mm]	Vão [m]	Carga [kg/m <sup>2</sup> ]	Concreto [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]
BD230	230	180	7-10	413	0,12
BD280	280	225	8-12	470	0,14
BD340	340	270	9-14	550	0,18
BD390	390	315	10-16	640	0,2
BD450	450	360	11-18	730	0,25

Fonte: Bubbledeck Brasil, 2022

Outro parâmetro a se considerar é a sua resistência térmica em comparativo com a laje maciça comum, como indicado na tabela

**Tabela 4** - Resistência Térmica. BubbleDeck Brasil.

Modelo	Espessura Acabada [mm]	Resistência Térmica <i>BubbleDeck</i> [m <sup>2</sup> k/W]	Resistência Térmica da Laje Maciça [m <sup>2</sup> k/W]	Diferença
BD230	230	0,1546	0,1111	39%
BD280	280	0,1847	0,1375	34%
BD340	340	0,2102	0,1659	27%
BD390	390	0,2325	0,1905	22%
BD450	450	0,2583	0,2205	17%

Fonte: Bubbledeck Brasil, 2022

A capacidade de redução de carga das esferas pode variar, assim como seus intereixos, e ambos os fatores dependem da razão de esferas por metro quadrado na laje.

Para o cálculo de dimensionamento realizados no Brasil, utiliza-se os mesmos parâmetros para uma laje maciça tradicional prevista na NBR6118:2014, porém com o acréscimo de coeficientes para efetuar as verificações, sendo sempre dimensionado utilizando a taxa mínima de armadura, fazendo com que os painéis pré-fabricados sejam suficientes para resistir as sobrecargas, sendo apenas necessário acrescentar em obra as armações complementares para junção dos painéis, negativos e punção (em caso de lajes lisas).

A Tabela 5 abaixo mostra os diâmetros das esferas padronizados e alguns valores associados a cada diâmetro que são utilizados no dimensionamento.

**Tabela 5** - Especificações técnicas.

Diâmetro da Esfera [cm]	18,00	22,50	27,00	31,50	36,00	40,50	45,00
Mínimo Inter-eixo das Esferas [cm]	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00	45,00	50,00
Máximo Número de Esferas [1/m <sup>2</sup> ]	25,00	16,00	11,00	8,16	6,25	4,94	4,00
Espessura Mínima da Laje [cm]	23,00	28,00	34,00	40,00	45,00	52,00	58,00
Redução de Carga Por Esfera [kN]	0,08	0,15	0,26	0,41	0,61	0,87	1,19
Redução Máx. de Carga /m <sup>2</sup> [kN/m <sup>2</sup> ]	1,91	2,39	2,86	3,34	3,82	4,29	4,77
Fator para Rigidez [-]	0,88	0,87	0,87	0,88	0,87	0,88	0,88
Fator para o Cortante [-]	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Fator para o Peso [-]	0,67	0,66	0,66	0,67	0,66	0,67	0,67

Fonte: *Bubbledeck International*, 2022

### Fabricação

O sistema de fabricação visa a otimização e industrialização, a fim de ganhar tempo e produtividade em campo, por conta disso é muito necessário efetuar um planejamento e logística que favorece a boa execução, evitando interferências com as demais etapas.

A industrialização do processo possibilita redução de mão de obra alocada na obra, alterando o dimensionamento das áreas de vivência e custo indireto, com provável redução de acidentes e passivos trabalhistas.

Segundo Freire (2008), as esferas ocas são primeiro combinadas com malhas superiores e inferiores de armadura nas fábricas para formar as pré-lajes *BubbleDeck*. As dimensões das esferas e o espaçamento entre elas são variáveis, A flexibilidade resultante desse método garante aos módulos uma adaptação fácil para qualquer tipo de piso, e a laje pode acomodar tubos e partes de instalações. Além disso, podem ser incluídas aberturas, mesmo que após a conclusão da laje.

Sua fabricação no Brasil é realizada na sede localizada em Brasília-DF, sendo o processo de fabricação organizada pela seguinte ordem:

- Fixação por solda das treliças na tela inferior;
- Distribuição das esferas sobre o painel inferior, que posteriormente serão organizadas com espaçamentos específicos para cada tipo de painel;
- Fixação por solda da tela superior com a treliça, resultando no Módulo *BubbleDeck*;
- Lançamento do Concreto na Forma para a execução da Pré-laje;
- Introdução do Módulo *BubbleDeck* no Concreto;
- Execução do Painel *BubbleDeck*.

Quando se trata de obras de pequeno porte ou difícil acesso e movimentação, pode-se utilizar apenas o módulo (esfera, treliça e telas metálicas).

As treliças utilizadas nos painéis e módulos não são consideradas no cálculo do dimensionamento, tendo apenas função construtiva e de auxiliar no içamentos das peças por guindastes.

### Execução

O sistema construtivo é composto por pilares, pré-lajes em concreto armado montados sobre escoramento metálico e posteriormente complemento de concreto (capeamento), solidarizando a laje e finalizando o conceito básico do processo executivo. Segundo Freire (2008), as etapas construtivas para o emprego do painel *BubbleDeck* são:

- Escoramento provisório – vigas paralelas espaçadas de 1,80 m a 2,3 m são posicionadas;



**Figura 1** – Escoramento – (Fonte: *BubbleDeck* Brasil, 2020)

Colocação dos painéis *Bubbledeck* – elementos pré-moldados posicionados com o emprego de equipamentos mecânicos;



**Figura 2** - Posicionamento dos painéis – (Fonte: *BubbleDeck* Brasil, 2020)

- Reforços nas juntas – armadura de ligação entre as peças pré-moldadas e armaduras de ligação entre as malhas superiores



**Figura 3** - Reforço armadura – (Fonte: *BubbleDeck* Brasil, 2020)

- Capitéis – armadura adicional superior na região dos pilares e eventual armadura de reforço;



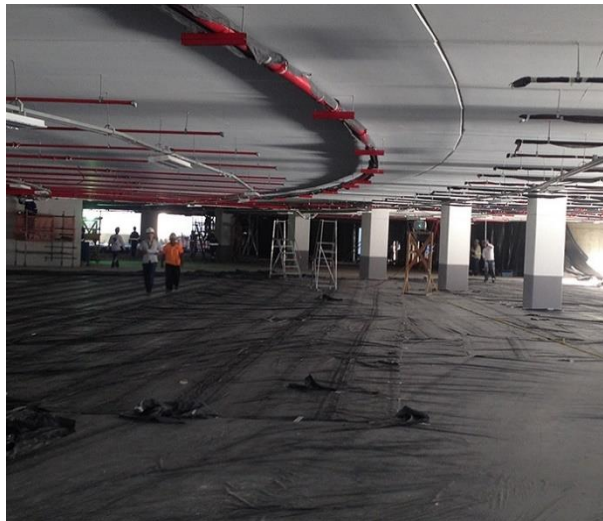
**Figura 4** - Armadura adicional – (Fonte: *BubbleDeck* Brasil, 2020)

- Reforço periférico – colocação de armadura no perímetro da laje – caso necessário;
- Preparação – selagem de juntas, limpeza e saturação com água do módulo pré-moldado
- Concretagem – lançamento, adensamento do concreto de segundo estágio;



**Figura 5** – Concretagem – (Fonte: *BubbleDeck* Brasil, 2020)

- Remoção do escoramento conforme especificação técnica;
- Acabamentos – nenhum trabalho adicional é necessário a menos que se deseje outro tipo de acabamento diferente do concreto aparente.



**Figura 6** - Aspecto final – (Fonte: *BubbleDeck* Brasil, 2020)

### *Viabilidade*

O sistema construtivo *BubbleDeck* vem ganhando espaço no mercado ao longo dos anos, pois seu ideal sustentável atrai muitos olhares para grandes empresas ao redor do mundo, onde se destacam várias obras como:

- *City Hall And Offices, Glostrup*, na Dinamarca, onde conquistou o prêmio “Construção 2004, na categoria prédios industriais e comerciais;
- *Student Residence Building, Ets, Montreal, Quebec* no Canadá, sendo o primeiro edifício entregue pela *BubbleDeck North America*, em março de 2008;

- *Harvey Mudd College Teaching And Learning Building*, Califórnia nos Estados Unidos, o prédio da faculdade de engenharia *Harvey Mudd*, sendo a primeira obra nos EUA
- Na Austrália, vem sendo empregada em vários edifícios altos pela sua rapidez de execução e conseqüentemente redução de custo
- Torre Piemonte, Torino, na Itália, com 209m de altura e vãos de 14m

No Brasil, primeira construtora a adotar esse método foi a Odebrecht, o qual foi responsável pela construção do novo Centro Administrativo do Distrito Federal (CADF), obra que conta com 170 mil m<sup>2</sup> de área construída, 16 prédios (4 torres de 15 andares e 10 torres de 4 e 6 andares). Pela dimensão da obra, foi necessário implantar uma fábrica no canteiro com capacidade de 1.000 m<sup>2</sup>/dia de painéis, com cronograma de produção de 5.000m<sup>2</sup> por semana de laje. Pelo fato de utilizar as esferas no lugar do concreto, foi economizado 2.500 viagens de concreto e reduziu 60% da quantidade de escoramento em relação ao projeto original.

Além de edifícios comerciais, a técnica vem sendo utilizada em residências de alto padrão, mostrando bastante eficaz e ganhando competitividade. No condomínio de alto padrão Quinta da Baroneza, localizado em Bragança Paulista, a técnica BubbleDeck foi utilizada em 03 residências. Sua rapidez de instalação e redução de mão de obra foram fundamentais para a escolha dessa técnica ainda pouco utilizada, pois muitas vezes a falta de planejamento impedem um estudo cauteloso das novas técnicas presentes no mercado.



**Figura 7** – Aplicação na Residência na Quinta da Baroneza - (Fonte: Próprio autor.)



**Figura 8** – Aplicação na Residência na Quinta da Baroneza – (Fonte: Próprio autor)

A ampliação da sede da Odebrecht em Salvador/BA foi uma oportunidade para aproveitar o novo sistema construtivo do país. As obras incluíram a construção de um auditório com capacidade para 300 pessoas, salas multifuncionais, uma nova sala de jantar e cozinha, uma garagem subterrânea e um parque de estacionamento descoberto com uma área total de 10.902,43 m<sup>2</sup>, onde 25.000 bolas foram usadas na produção das placas. Vale ressaltar que naquela época o sistema *BubbleDeck* não era utilizado como um todo, pois era moldada no lugar em uma única etapa. Inicialmente, durante a etapa de desenvolvimento do Projeto Básico em 2008, foi previsto a utilização do Sistema de Lajes nervuradas, que consiste no processo de montagem de formas diretamente sobre escoramento. Por conta disso, esse exemplo de obra será utilizado como estudo comparativo para viabilidade entre o método construtivo *BubbleDeck* e laje nervurada, onde será comparado os aspectos construtivos, mão de obra e financeiro.



**Figura 9** – Ampliação do Edifício sede da Odebrecht em Salvador - (Fonte: Odebrecht Infraestrutura, 2018)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Implantação do sistema estrutural Bubbledeck na obra do CADF*

O sistema Estrutural *Bubbledeck*, implantado na obra do Consórcio CADF, foi considerado decisivo por se tratar de um sistema industrializado que proporcionou ganho de produtividade otimizando prazo acordado com o cliente.

Segundo ALMEIDA (2018), O complexo é composto por 10 prédios de 4 pavimentos e 4 prédios de 16 pavimentos. Além disso, contempla ainda Prédio da Governadoria, Centro de Convivência, Heliponto entre outros.

Buscando garantir o prazo e o sucesso do empreendimento, optou-se pela industrialização do sistema estrutural, que conta com a fabricação de pré lajes de concreto armado, (área correspondente a 160.000m<sup>2</sup>, aproximadamente 90% da área total construída), proporcionando um aumento de produtividade, redução de mão de obra, velocidade na execução, redução no consumo de materiais (principalmente concreto) e consequentemente diminuição na emissão de CO<sup>2</sup>.

Com excelente eficiência estrutural, verificou-se que, com a incorporação das esferas plásticas como formadoras de espaços vazios esse sistema permite pilares com inter-eixos

50% maiores. A combinação dessas esferas com o conceito de lajes cogumelo permite também o aumento dos vãos nas duas direções – a laje é conectada diretamente às colunas através de concreto in-situ sem nenhuma viga.

Segundo ALMEIDA (2018), Para viabilizar a implantação dessa tecnologia no CADF a interação entre as empresas do grupo foi fundamental. A tecnologia nos exigia um insumo que não era fabricado no Brasil. O apoio da Braskem foi solicitado e em parceria com a CNO conseguiu-se desenvolver uma esfera em polipropileno com um custo viável para o empreendimento. Ao mesmo tempo em que se resolveu a necessidade da obra, a Braskem conseguiu criar um novo produto aumentando a demanda por polipropileno no mercado nacional.

Para implantar a nova tecnologia no Brasil foi preciso adaptar alguns produtos e algumas técnicas ao processo já difundido no exterior. A começar pelo insumo principal do novo sistema, a esfera passando pela fabricação de telas e treliças especiais, criação do projeto e uma fábrica de pré-moldados com capacidade de produção de 1.000 m<sup>2</sup> por dia dentro do canteiro de obras e capacitação dos projetistas de estrutura.

Sendo a primeira obra no Brasil a aplicar o sistema Industrial, buscou-se parceiros de confiança para desenvolvimento de tecnologia especializada.

### *Lajes nervuradas x BubbleDeck*

A implementação do sistema de lajes nervuradas, mostrou-se bastante interessante por ser amplamente difundido e com grande aceitação no mercado brasileiro, além de ser considerado de baixo custo devido ao baixo consumo de concreto e aço.

Contudo, para implementação desse sistema apresentou algumas barreiras devido à dimensão do empreendimento, 178.000m<sup>2</sup>, sendo 160.000m<sup>2</sup> em lajes pré-moldadas e curto prazo de execução 24 meses.

Outro fato que inviabilizaria é o fato de ser um processo artesanal, o qual exige maior demanda de mão de obra, conflitando com o cenário de escassez de mão de obra qualificada em 2009, havendo grande necessidade de fornecimento de formas, correndo risco de não atendimento do fornecedor.

O aspecto arquitetônico também respirava contra o uso do sistema, pois os ambientes não teriam forros, que incompatibilizaria com as premissas básicas do empreendimento.

Dessa forma, levou-se em consideração a adoção do sistema *BubbleDeck*, com o desafio de executar em um curto prazo de tempo.

Estudos preliminares indicaram que o custo do sistema *Bubbledeck* seria aproximadamente 7% maior do que o sistema de placas nervuradas, devido a diversas incertezas nas taxas de aço, custos e produtividade da mão de obra. Como o prazo é fundamental para o sucesso do negócio, optou-se por desenvolver com o sistema *Bubbledeck* no momento da decisão.

Após a consolidação dos parceiros e a implantação do sistema para funcionar, os principais paradigmas foram quebrados e superou os índices originalmente esperados de produtividade e insumos.

Comparando os dois processos executivos, pode-se perceber algumas vantagens e desvantagens uma sobre as outras, como mostra a tabela 6 a seguir.

**Tabela 6** – Comparativo entre Estrutura laje nervurada e *BubbleDeck*.

Procedimento executivo	Processo artesanal	Processo industrializado (redução do prazo de execução e custos indiretos)
Técnica	Inadequado para ambientes sem forros	Acabamento aparente adequado ao projeto

	Retrabalho em correções para acabamento	Baixo índice de retrabalhos
	Economia no consumo de concreto e aço	Economia no consumo de concreto e aço
	Baixo potencial de isolamento termo-acústico	Alto potencial de isolamento termo-acústico
	Necessidade de vigas	Não existem vigas
	Vence grandes vãos	Vence vãos maiores do que a nervurada
Meio ambiente	Requer uso de madeira no assoalho	Eliminação de madeira no assoalho
Mão de obra	Mão de obra capacitada disponível no mercado	Necessidade de capacitação de mão de obra especializada
	Aumento da mão de obra direta e indireta	Minimiza mão de obra direta e indireta
Disponibilidade no mercado	Disponibilidade de moldes de polipropileno no mercado	Não requer a utilização de moldes
	Diversas empresas já situadas no mercado	Abertura de novo mercado de uso da matéria prima da Braskem (transversalidade)
Histórico em obras	Solução plenamente difundida no Brasil	Sistema inédito no Brasil, porém em aplicação em diversos países da Europa (mais de 1 milhão de m <sup>2</sup> de lajes fabricadas em mais de 30 países)
Viabilidade econômica	Orçamento original	Abaixo do orçamento

Fonte: Bubbledeck Brasil, 2022

### Composição de Equipes

Segundo Almeida, (2018). O sistema Bubbledeck traz uma enorme redução de mão de obra dentro do canteiro, conforme a tabela 7 mostra.

**Tabela 7 – Comparativo de equipes.**

EQUIPES NA ESTRUTURA DOS PRÉDIOS				
MÃO DE OBRA	BUBBLEDECK		NERVURADA	
	1 EQUIPE	5 EQUIPES	1 EQUIPE	5 EQUIPES
ARMADOR	7	35	12	60
PEDREIRO	4	20	4	20
CARPINTEIRO	2	10	19	95
MONTADOR	8	40	26	130
AJUDANTE	15	75	67	335
ENCARREGADO DE SERVIÇO	4	20	6	30
<b>TOTAL DE OPERÁRIOS</b>	<b>40</b>	<b>200</b>	<b>134</b>	<b>670</b>

Fonte: Odebrecht Infraestrutura, 2018

A mão de obra na fábrica, ao contrário da laje nervurada, é superior, conforme a tabela 8 mostra

**Tabela 8** – Comparativo de equipes.

EQUIPE DA FABRICA		
MÃO DE OBRA	BUBBLEDECK	NERVURADA
ARMADOR	6	0
PEDREIRO	4	0
CARPINTEIRO	3	0
AJUDANTE	28	0
ENCARREGADO	5	0
OPERADOR DE PÓRTICO	4	0
SERRALHEIRO	1	0
SOLDADOR	4	0
<b>TOTAL DE OPERARIOS</b>	<b>55</b>	<b>0</b>

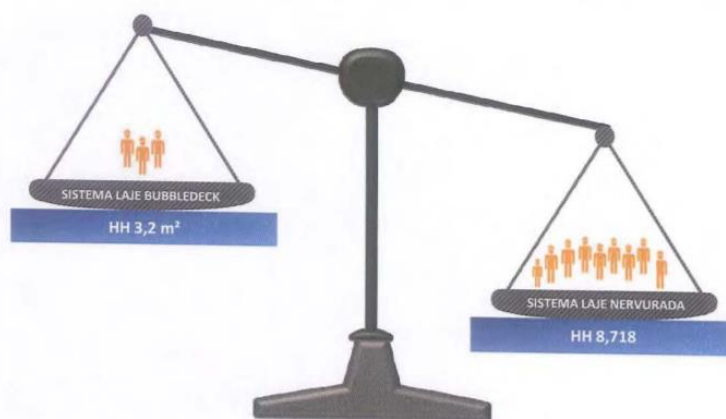
Fonte: Odebrecht Infraestrutura, 2018

*Produtividade*

Para a área total de 161.000m<sup>2</sup> de laje do empreendimento foi dimensionado:

- Fabrica com produção de 50 pré-lajes dia. Em 9 meses serão produzidas aproximadamente 8.600 placas;
- 5 equipes para montagem e consolidação da estrutura;
- Turno de trabalho considerado de 44 horas semanais;
- Produção de 830,14m<sup>2</sup> por equipe. Considerando 6 dias de trabalho;
- Prazo total da execução de 10 meses.

Por ser industrializado, o sistema Bubbledeck permite um aumento de produtividade em relação ao Sistema de Laje Nervurada, conforme mostra a figura 10 e a tabela



**Figura 10** – Comparativo de produtividade – (Fonte: Odebrecht Infraestrutura, 2018).

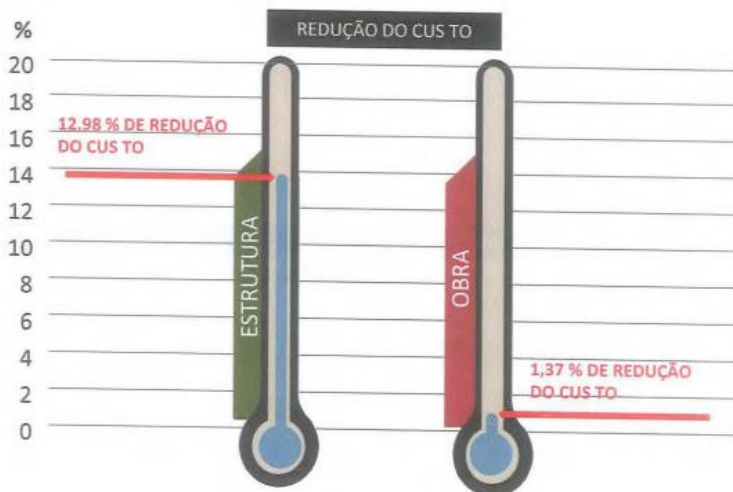
Na equipe para execução da BubbleDeck, a produtividade é de 2,60 HH/m<sup>2</sup> para execução do prédio e mais 0,60 HH/m<sup>2</sup> na fábrica, totalizando 3,20 HH/m<sup>2</sup>.

*Custos ocorridos*

O sistema Estrutural Bubbledeck que nos estudos iniciais indicava um custo 7% maior que o sistema com laje nervurada, com a aferição dos índices na implantação ficou 12,98% menor que no Projeto Básico.



**Figura 11** – Comparativo de Custos. – (Fonte: Odebrecht Infraestrutura, 2018)



**Figura 12** – Redução de Custos. – (Fonte: Odebrecht Infraestrutura, 2018)

As tabelas 9 e 10 a seguir mostram a comparação de custos realizada entre os sistemas construtivos de laje nervurada e laje *BubbleDeck*, com as especificações dos serviços e materiais utilizados em cada sistema, com suas devidas quantidades e valores divididos por itens.

**Tabela 9 – Custos para laje nervurada**

<b>NERVURADA</b>				
<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UNID.</b>	<b>QTDE. TOTAL</b>	<b>PREÇO UNIT.</b>	<b>PREÇO TOTAL</b>
CONCRETO	M <sup>3</sup>	37.295,00	R\$ 289,80	R\$ 10.808.091,00
SERVIÇO LANÇAMENTO E ACABAMENTO DO CONCRETO	M <sup>3</sup>	37.295,00	R\$ 30,65	R\$ 1.143.091,75
AÇO	KG	3.043.413,00	R\$ 4,46	R\$ 13.573.621,98
FORMAS	M <sup>2</sup>	161.000,00	R\$ 73,35	R\$ 11.809.350,00
CIMBRAMENTO/ESCORAMENTO	M <sup>3</sup>	518.420,00	R\$ 15,80	R\$ 8.191.036,00
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 45.525.190,73</b>
<b>VALOR POR M<sup>2</sup></b>				<b>R\$ 282,77</b>

Fonte: Odebrecht Infraestrutura, 2018

**Tabela 10 – Custos para a laje *BubbleDeck*.**

<b>BUBBLEDECK</b>				
<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UNID..</b>	<b>QTDE. TOTAL</b>	<b>PREÇO UNIT.</b>	<b>PREÇO TOTAL</b>
FABRICAÇÃO DO PRÉMOLDADO	M <sup>2</sup>	161.000,00	R\$ 151,43	R\$ 24.380.230,00
CIMBRAMENTO/ESCORAMENTO	M <sup>2</sup>	161.000,00	R\$ 3,63	R\$ 584.430,00
AÇO COMPLEMENTAR	KG	1.072.117,96	R\$ 2,78	R\$ 2.980.487,93
MONTAGEM, SOLIDARIZAÇÃO E SERVIÇOS COMPLEMENTARES	M <sup>2</sup>	161.000,00	R\$ 69,49	R\$ 11.187.890,00
<b>TOTAL</b>				<b>R\$ 39.133.037,93</b>
<b>VALOR POR M<sup>2</sup></b>				<b>R\$ 246,06</b>

Fonte: Odebrecht Infraestrutura, 2018

### *Resultados obtidos*

Por fim, os resultados obtidos perante a execução do sistema *BubbleDeck* são:

- Economia de R\$ 5.909.152,81 no empreendimento.

- Produto de melhor qualidade
- Redução de mão de obra direta
- Eliminação de assoalho de madeira
- Redução de insumos como aço e concreto
- Transversalidade com Brasken na criação de novo mercado para uso de resina
- Industrialização da estrutura
- Melhoria do sistema térmico e acústico (NBR 15.575)

## CONCLUSÃO

O presente trabalho buscou entender o sistema *BubbleDeck*, apresentando seus parâmetros e definições para a realização do estudo técnico da sua viabilidade e desempenho, tendo como base a obra do CADF, onde foi feito uma análise quantitativa dos custos materiais, mão de obra necessária no canteiro e em fábrica e apontar a sua produtividade e cronograma de execução, fazendo um paralelo com o sistema de lajes nervuradas, que estava previsto no projeto original.

O motivo desse estudo foi apresentar um novo caminho para as técnicas construtivas existentes no mercado, pois, pelo fato da *BubbleDeck* ser um sistema ainda novo no mercado, há uma grande resistência perante a sua utilização por não conhecimento da técnica e seus benefícios executivos e sustentáveis.

A técnica *BubbleDeck* apresenta uma excelente eficiência estrutural, pois com a incorporação das esferas plásticas, seu peso próprio reduz cerca de 35%, além de permitir uma distribuição uniforme das tensões presentes na laje. Isso possibilita sua execução em grandes vãos e dispensa o uso de vigas na estrutura, reduzindo aço da obra. As esferas plásticas utilizadas feitas de material reciclado, adquirindo o selo verde com prêmios internacionais, além de colaborar com a redução da emissão de CO<sub>2</sub> devido a subtração do volume de concreto.

Seu processo de fabricação no Brasil é realizado na sua sede localizada em Brasília, onde as lajes são pré-moldadas e posteriormente transportadas para a obra, onde são içadas por guindastes e posicionadas no seu local definitivo, com os escoramentos já executados. Com os painéis posicionados, são acrescentadas armaduras complementares para executar o lançamento do concreto. Após a cura do concreto, são retirados os escoramentos e, quando necessário, adicionar acabamento.

Com isso, por se tratar de um processo industrializado, a técnica *BubbleDeck* reduz o prazo de execução e custos indiretos, levando a economizar em materiais, reduzir a mão de obra direta e indireta e economizar em até 60% em escoramentos.

A fim de aumentar a produtividade e ganhar tempo, a construtora Odebrecht optou pela utilização dessa técnica na obra do CADF, onde tinha o curto prazo de execução de 24 meses. O projeto original desse empreendimento, apresentava o sistema de lajes nervuradas, onde mostrou-se bastante interessante pela sua difusão e aceitação do mercado nacional, porém, seu serviço artesanal e sua alta demanda de mão de obra inviabilizaria pelo fato do curto prazo de execução.

Para comprovar a viabilidade do sistema *Bubbledeck*, foi realizado um estudo comparativo com a laje nervurada, onde foi considerado a mão de obra dentro do canteiro e fábrica e suas composições de equipes, produtividade para cada equipe e seus custos específicos e totais.

Dessa maneira, é conclui-se que a laje *Bubbledeck* apresenta uma redução de mão de obra de aproximadamente 30% em relação à mão de obra necessária para a execução da laje nervurada.



Devido a seu processo de fabricação industrializado, sua produtividade é de 3,20 HH/m<sup>2</sup>, enquanto a da laje nervurada, sendo um sistema artesanal pelas execuções das formas e tem uma produtividade de 8,718 HH/m<sup>2</sup>.

Os custos ocorridos para o sistema *BubbleDeck* inicialmente indicou um custo 7% maiores que a laje nervurada, porém, devido aos índices de implantação houve uma redução de 12,98%, onde o custo por m<sup>2</sup> é de R\$ 246,06, havendo uma significativa redução no valor dos escoramentos.

Por fim, através desse estudo, foi possível concluir que a laje *Bubbledeck* apresentou vantagens em relação a execução da laje nervurada, sendo a solução que apresentou-se como a mais adequada.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade São Francisco e todos os Professores e Mestres que fizeram parte desta longa jornada, cada um contribuindo com seu conhecimento. Ao nosso orientador Ricardo Simões pelo auxílio e assessoria. A empresa *BubbleDeck* Brasil por fornecer dados e materiais fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

BOTELHO, Manoel Henrique Campos et al. **Concreto Armado eu te Amo**. São Paulo: Blucher, 2019. p 132-134-143

BUBBLEDECK INTERNACIONAL, **Bubbledeck Design Guide**, disponível em <<http://www.bubbledeck-uk.com>>, acesso em: Junho de 2022.

CARVALHO, Roberto Chust et al. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. São Carlos: Edufscar, 2014. p 29.

CARVALHO, Roberto Chust et al. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. São Carlos: Edufscar, 2014. p 319.

DUARTE, O. F., **Lajes bubbledeck características gerais e viabilidade executiva**. **Revista on-line IPOG**, Goiânia, 2014. Reportagem disponível em <<http://www.ipoggo.com.br/uploads/arquivos/9a7fec0abd5b55d889b64baa9615541.pdf>> acesso em: maio de 2022.

FREIRE, Augusto. **Laje de concreto com esferas plásticas**. Techné. n. 138, Setembro de 2008. Disponível em: <<https://revistatechne.com.br/edicao/138/>>. Acesso em: 04 Jun 2022.

PINHEIRO, Libânio M. Et al. **FUNDAMENTOS DO CONCRETO E PROJETOS DE EDIFÍCIO**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2010.

POLETO, Arnaldo. et al. **Estudo comparativo entre lajes bubbledeck e lajes maciças em uma edificação: um estudo de caso em um projeto estrutural**. Santa Fé do Sul: FUNEC, 2017.

RAYARA, F. et al. **ANÁLISE DO DESEMPENHO DA LAJE BUBBLEDECK EM COMPARAÇÃO A LAJE NERVURADA**. Fortaleza: UNIFOR 2019.



SANTOS, Rodrigo. Et al. **PROVA DE CARGA ESTÁTICA EM LAJE**. São Paulo: CONCREMAT ENGENHARIA E TECNOLOGIA S.A, 2013.

SOARES, Elias Augusto. **Polipropileno (PP), Plástico Industrial**, São Paulo, 07 dez 2021. Disponível em: < [https://www.arandanet.com.br/revista/pi/noticia/604-Polipropileno-\(PP\).html](https://www.arandanet.com.br/revista/pi/noticia/604-Polipropileno-(PP).html)>

SOUZA, Eduardo. "**Lajes com bolhas de ar? Como o sistema BubbleDeck funciona** " 23 Ago 2020. ArchDaily Brasil. < <https://www.archdaily.com.br/br/945876/lajes-com-bolhas-de-ar-como-o-sistema-bubbledeck-funciona>>. Acessado 3 Jun 2022.

ZANCHIN, Rayssa. et al. **Construções de lajes com o sistema bubbledeck**. São Paulo: INOVAE 2014 nformações Técnicas. Bubbledeck. 2020. Disponível em: <<https://www.bubbledeck.com.br/informacoes-tecnicas/>>. Acesso em: 02 Jun 2022