

Lajes bubbledeck: um comparativo com o sistema construtivo de lajes maciças

Bubbledeck slabs: a comparative with the massive slabs constructive system

Túlio Henrique de Oliveira

Centro Universitário de Formiga, Formiga, MG, Brasil.

E-mail: tulio4.henriqq@gmail.com | ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5769-7334>

Revista de Engenharia Civil IMED, Passo Fundo, vol. 7, n. 1, p. 164-178, Janeiro-Junho 2020 - ISSN 2358-6508

[Recebido: Outubro 20, 2019; Aceito: Junho 01, 2020]

DOI: <https://doi.org/10.18256/2358-6508.2020.v7i1.3633>

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*
Editor: Richard Thomas Lermen

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui/click here!](#)

Resumo

Analisando a necessidade de implementação de novas técnicas de construção de lajes, o estudo consistiu em analisar espessuras mínimas do sistema *bubbledeck* e espessuras mínimas de lajes convencionais maciças de modo a verificar a quantidade de materiais utilizados e seu custo. As lajes foram analisadas por meio do software CypeCAD, e os custos avaliados por planilhas fornecidas pelo SINAPI. Utilizou-se uma edificação construída na cidade de Formiga, localizado no oeste de Minas Gerais, Brasil em uma superfície de 241,8m². Apesar de apresentar vantagens quanto a diminuição de carga e menor quantidade de fôrmas e escoramento, as lajes *bubbledeck* apresentaram maior quantidade de insumos utilizados comparados as lajes *bubbledeck*, o que tornou favorável utilizar-se o sistema convencional, tornando o fato do sistema *bubbledeck* não ter se expandido por todo o Brasil.

Palavras-chave: *Bubbledeck*. Lajes. Concreto.

Abstract

Analyzing the need to implement new techniques of slab construction, or to study to consist of analyzing minimum thicknesses of the *bubbledeck* system and minimum thicknesses of the applicable massive slabs in order to verify the quantity of materials used and its cost. How they were analyzed using the CypeCAD software, and the low costs by planners provided by SINAPI. We use a building built in the city of Formiga, located in western Minas Gerais, Brazil on a surface of 241.8 m². Despite presenting advantages the lower the load and the smaller amount of shoring and shoring, such as gum, the greater amount of inputs used is compared to gum, or what is allowed to use the conventional system, the use of the rattle system is not expanded for all of Brazil.

Keywords: *Bubbledeck*. Slabs. Concrete.

1 Introdução

Na construção civil, a laje é um elemento estrutural essencial para permitir múltiplos pavimentos e servir de cobertura. O volume de concreto utilizado tornam as estruturas robustas além de não contribuir com o meio ambiente, surgindo a necessidade da criação de novas técnicas que diminuam a sua utilização. De acordo com Sketkar *et al.* (2010), para otimizar o consumo do concreto utilizado em estruturas, foi criado na década de 90 pelo engenheiro dinamarquês Jorgen Brueding a primeira laje oca biaxial (agora conhecida como *bubbledeck*), que consiste na inserção de esferas de polipropileno de alta densidade nas áreas da laje convencional que não desempenham função estrutural.

O tipo de laje *bubbledeck* se baseia no fundamento de ser sustentável com a reutilização do plástico usado nas construções, reduzindo a quantidade de emissão de gases, quantidade de materiais utilizados, o que resultou ao prêmio de Selo Verde (certificado LEED – Leadership in Energy and Environmental Design) (LIMA, 2015). É caracterizada pela inserção de esferas ocas de polipropileno que quimicamente não reagem com o concreto, na intersecção de telas soldadas ou amarradas e fixadas em perfis treliçados (CĂLIN *et al.*, 2009). A distância das esferas de polipropileno deve ser de 1/9 maior que seu diâmetro e a espessura da laje varia conforme os vãos a serem vencidos, da tipologia de cada projeto chegando até 600mm, podendo ser do tipo A, B ou C apresentadas na Figura 1 sequencialmente, segundo Bubbledeck UK Ltda (2008).

Figura 1 – Tipos de laje *Bubbledeck*



Fonte: Bubbledeck International, 2019.

O tipo A engloba a inserção de uma camada inferior com espessura de 60mm de concreto e necessita de um guindaste para erguer tal peça, visto que elas não são montadas *in loco* e por estar parcialmente concretada, seu peso é maior. Este tipo é utilizado comumente nos novos projetos implantados por ser de fácil instalação e são ideais para acomodar tubos e partes de instalações elétricas e hidráulicas, podendo ser inclusas aberturas na laje mesmo após a conclusão. Já o tipo B do sistema *bubbledeck* são confeccionados módulos e engloba o reforço de bolhas, comumente utilizado em

reformas e consiste na instalação de bolhas *in loco*, não necessitando de guindaste móvel ou fixo, sendo a laje concretada em duas etapas existindo a necessidade da confecção de fôrmas na parte inferior como assoalho além de serem essenciais em obras com canteiro de obra compacto. No tipo C as lajes *bubbledeck* são montadas fora do canteiro de obras e entregues preenchidas totalmente com sua espessura final de acordo com a necessidade de cada projeto. A grande desvantagem deste tipo pode ser caracterizada pela abrangência de apenas uma direção da laje devendo as pranchas receber vigas de sustentação dentro da estrutura ou paredes de sustentação como a laje pré-moldada, conforme afirma *Bubbledeck UK Ltda* (2008).

Para fins de cálculo, a laje *bubbledeck* pode ser definida como uma laje maciça, utilizando a NBR 6118 (ABNT, 2014) como parâmetro para dimensionamento, desconsiderando os vazios existentes pela presença de bolhas por não possuírem função estrutural (CÁLIN *et al.*, 2009). Na Europa utiliza-se a norma técnica DIN 1045 (2001) para o sistema *bubbledeck*, além das normas EUROCODE 2 (2004), ACI 318 (2014) e a norma britânica EM 13747 (2005), específicas para a técnica construtiva (CEBALLO, 2017). Em comparação diante o sistema convencional, averiguou-se que o sistema apresentava deficiência em relação à sua resistência à punção nas ligações laje-pilar o que poderia comprometer a utilização de normas técnicas de lajes lisas e a criação de normas específicas, havendo a necessidade da retirada de bolhas de polipropileno nas regiões de ligação entre laje e pilar e a formação de uma laje maciça, esta área varia de acordo com as cargas e a espessura do concreto utilizado (HELD, 2002).

Para confirmação da resistência dessa laje comparada a uma laje convencional e o fato de utilizar a norma brasileira NBR 6118 (ABNT, 2014) como dimensionamento para uma laje do tipo *bubbledeck*, Held (2002) realizou experimentos com seis lajes, três apresentando 24 mm de espessura e três delas com 45 mm de espessura, definidas de acordo com a predominância de utilização. O concreto utilizado no experimento foi da classe 25 MPa e 35 MPa de resistência à compressão e agregados com espessura de 16mm de diâmetro. Cada amostra incluiu um pilar de sustentação, para que o esforço aplicado fosse de punção, localizadas em 8 pontos distintos em um círculo com raio de 1125 mm. As amostras foram submetidas a cargas até sua ruptura com auxílio do macaco hidráulico e a primeira impressão observada foi que as lajes se comportavam de maneira diferente às lajes lisas devido aos círculos de punção diferentes em função da utilização de bolhas. De fato, ao serrar a laje, detectou que os vazios faziam interferência significativa à resistência nas ligações laje-pilar, apresentando angulação de 30 e 40°.

Através de experimentos utilizando o programa computacional SAP 2000 (CSI AMERICA, 1961) em dimensões tridimensionais, Lai (2010) utilizou amostras de lajes maciças e *bubbledeck* para análises estáticas e dinâmicas em ambas as lajes. Assim foram submetidas ao carregamento de 4,8 kPa além do seu peso próprio e conclui que as lajes *bubbledeck* têm o comportamento inferior aos momentos máximos, força

cisalhante e tensões no plano em torno de 30 a 40% comparados com lajes maciças, decorrido da utilização das esferas e redução do peso próprio da estrutura. Em contrapartida, os deslocamentos desta laje são 10% maiores que as lajes maciças, devido sua menor rigidez com a presença de vazios ocos na estrutura. Já na parte dinâmica ambas apresentaram comportamentos concordantes.

Aldejohann (2008), pesquisou o fato do *Bubbledeck International*, (empresa normativa do sistema), considerar o sistema *bubbledeck* com fator de redução de 40% em comparação com lajes maciças à sua resistência a punção. Para avaliar tal fato, ele descreve em uma função, a área de uma laje maciça de mesma altura como fator para determinação da punção ao cisalhamento de lajes *bubbledeck*; e fator K, uma relação entre os vazios existentes e a linha neutra. Os resultados obtidos foram que suas formulações matemáticas diriam respeito a modificação na qual era prevista nas recomendações do *Bubbledeck International*.

Como no Brasil a técnica ainda é pouco difundida, poucas obras foram executadas com este método. De tal modo, a primeira obra executada foi o Centro Administrativo de Brasília-DF, cujo a utilização foi definida após avaliarem a viabilidade de empregar este sistema. Um dos testes utilizados para avaliar o comportamento do sistema realizado no Brasil consistiu no carregamento de 2 piscinas posicionadas sobre as lajes de 300 kgf/m² como teste de prova de carga realizada de acordo com a NBR 9607 (ABNT, 2013) - Prova de Carga em Estruturas de Concreto Armado e Protendido - com lajes de 2800mm de espessura. O resultado não apresentou aumento ou surgimento de fissuras na estrutura (*BUBBLEDECK BRASIL*, 2019). Além deste experimento, CEBALLOS (2017) realizou testes na Universidade de Brasília que consistiu no carregamento de 5 lajes de 2,5 m x 2,5 m com 280 mm de espessura, sendo 4 do tipo *bubbledeck* e uma maciça com a inserção de pinos de armadura de cisalhamento (*studs*) nas nervuras da laje entre a ligação dos pilares e treliças. Os pinos não aumentaram a resistência significativamente das lajes, já a inserção de treliças contribuíra para um aumento de 30% em comparação as outras lajes. Porém o experimento gerou resultados superestimados e a quantidade de ensaios não é suficiente para se obter resultados concretos (NICÁCIO, 2018).

Para dimensionamento do sistema *bubbledeck*, alguns parâmetros são diferentes das lajes maciças, como o peso próprio que é reduzido em um terço em estruturas de mesma espessura, que corresponde a um peso próprio 65% menor que as lajes lisas, a rigidez a flexão é calculada de 0,9 a uma laje maciça de mesma altura, e a resistência a cortante como é proporcional a quantidade de concreto existente, o sistema reduz em acordo, cerca de 0,6 a uma laje de mesma altura. Na prática quando o esforço solicitante a cortante é maior, a ligação laje-pilar pode ser considerada vazios sem a inserção de esferas ou a maior utilização de aço de reforço ao cortante, (*BUBBLEDECK INTERNATIONAL*, 2019).

Diante de todas as informações prescritas, este estudo consistiu em analisar a aplicabilidade da técnica construtiva *bubbledeck* comparando com o sistema convencional de lajes maciças, verificando comparativos de quantidades de materiais utilizados e a utilização do concreto na estrutura, além de determinar a viabilidade de se utilizar um novo sistema de lajes bidirecionais com vazios economizando materiais e consequentemente menor custo.

2 Materiais e métodos

A técnica *bubbledeck* flexibiliza a utilização em diversos projetos, pois cabe ao projetista a determinação das espessuras da laje, dos vãos a serem alcançados, visto que o sistema é viável em estruturas com vãos contínuos. (ANDRADE; GUEDES, 2015). Para determinação do tipo empregado pelo projetista, na Tabela 1 podem ser observados todos os dados da técnica utilizada para o dimensionamento apresentando todas as espessuras disponíveis até então deste tipo de laje.

Tabela 1 – Dados *Bubbledeck*

TIPO	ESPESSURA DA LAJE (mm)	DIÂMETRO DAS ESFERAS (mm)	CARGA TOTAL (kPa)	CONSUMO DE CONCRETO (m ³ /m ²)	VÃOS MÁXIMOS A SEREM VENCIDOS (m)
BD230	230	180	4,26	0,15	6 – 9
BD285	285	225	5,11	0,19	7 – 11
BD340	340	270	6,22	0,23	9 – 13
BD395	395	315	6,92	0,25	10 – 15
BD450	450	360	7,95	0,31	11 – 17

Fonte: *Bubbledeck Uk* (2008).

Através dos diâmetros apresentados, de acordo com a Tabela 2, há dados relevantes para projetar o sistema *bubbledeck*, incluindo a inserção do espaçamento entre eixos das “*bubbles*”, a quantidade de esferas por m², fatores de redução de carga, bem como especificações sobre espessura mínima da laje caracterizando as propriedades estruturais permissíveis do sistema.

Tabela 2 – Propriedades de acordo com o diâmetro da esfera

Diâmetro da esfera (mm)	180	225	270	315	360	405	450
Mínimo intereixo das esferas (mm)	200	250	300	350	400	450	500
Número de esferas (m ²)	25	16	11	8,16	6,25	4,94	4
Espessura mínima da laje (mm)	230	280	340	400	450	520	580
Redução de carga por esfera (kN)	0,08	0,15	0,26	0,41	0,61	0,87	1,19
Redução máx. de carga (kPa)	1,91	2,39	2,86	3,34	3,82	4,29	4,77

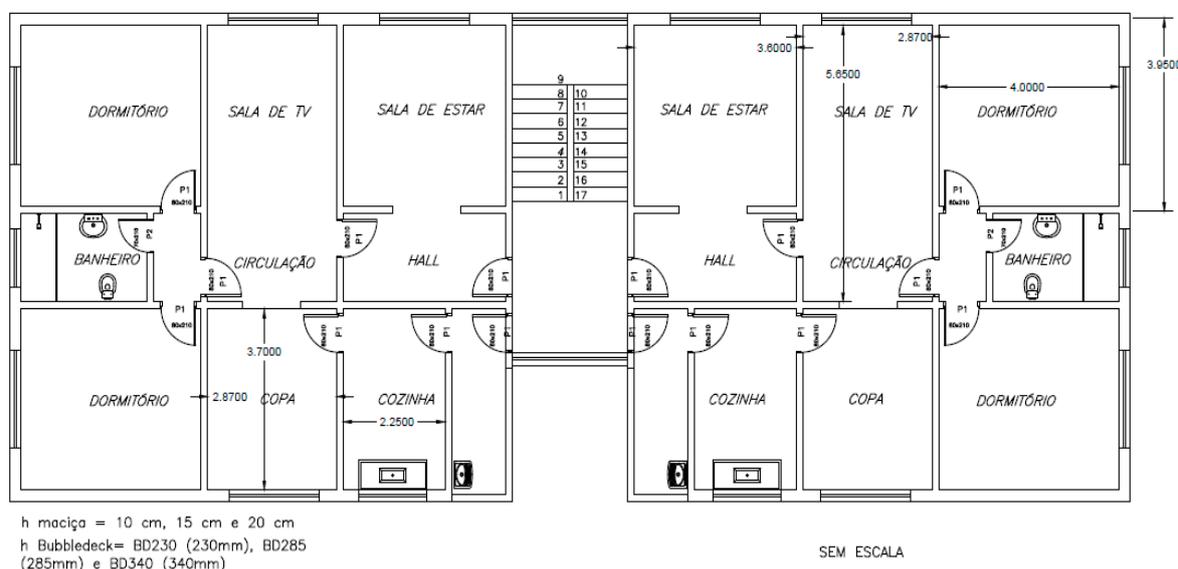
Fonte: *Bubbledeck International* (2019).

Com essas informações é possível realizar um pré-dimensionamento da altura da laje a ser utilizada e a dimensão das esferas empregadas, pois na tabela apresentada anteriormente há as espessuras mínimas da laje a ser utilizada por este sistema e o diâmetro das esferas utilizadas.

2.1 Dimensionamento

O estudo de caso avalia a viabilidade do sistema construtivo de lajes *bubbledeck* e levanta um comparativo entre as lajes maciças de espessuras distintas às lajes *bubbledeck* em uma área concretada de 241,8 m² realizada na cidade de Formiga-MG cuja edificação (Figura 2) é do tipo residencial e possui dois pavimentos, sendo o térreo pilotis e pé direito de 3 m.

Figura 2 – Planta tipo para estudo de caso



Fonte: Autor, 2019.

Para uma laje *bubbledeck* o peso próprio não é o mesmo comparado como uma laje maciça de mesma espessura, então pressupõe-se que 65% do peso próprio de uma laje lisa é diminuída às lajes ocas biaxiais (BUBBLEDECK INTERNATIONAL, 2019). Para cálculo das flechas das lajes, o dimensionamento foi diferente em comparação as lajes maciças utilizando-se como fator 0,9 EI (módulo de elasticidade x momento de inércia). Foram dimensionados módulos de lajes maciças e *bubbledeck* verificando qual a viabilidade de se utilizar o sistema para economia de concreto, utilização de fôrmas para escoramento além da quantidade de materiais empregados na obra.

Na primeira etapa o experimento consistiu no dimensionamento de *bubbledeck* de 230 mm, 285 mm e 340 mm (BD230, BD285 e BD340) para estudo, pois são espessuras usuais para este tipo, segundo *Bubbledeck International* (2019). Assim a resistência utilizada nos três tipos de laje e a quantidade de materiais são usados como referência para os próximos cálculos. No segundo momento lajes maciças foram

calculadas de 100 mm, 150 mm e 200 mm, sequencialmente, para avaliar a quantidade de material empregado no sistema de lajes lisas e sua discrepância em relação ao sistema *bubbledeck*. Foi atribuída resistências diferentes nas lajes para que houvesse a necessidade da inserção de mais espessuras, visto que o sistema *bubbledeck* tem o comportamento igual às lajes maciças. Foram utilizadas lajes maciças com espessuras diferentes das lajes *bubbledeck* pois não se tem espessuras de lajes *bubbledeck* iguais as mínimas das maciças, então optou-se por utilizar espessuras mínimas nos dois sistemas. O concreto utilizado é de classe C-25 e é usinado. O tipo de laje *bubbledeck* utilizado é do tipo B, sem a inserção de uma camada inferior de concreto, para avaliar de fato a resistência total da laje, pois não há dados suficientes do concreto utilizado caso fossem do tipo A. O tipo C também não foi utilizado pois não se tem dados específicos da procedência do concreto e barras de aço utilizadas no processo. O aço utilizado para a estrutura é o CA-50 e CA-60 com malhas inferiores e superiores espaçadas a cada 10 cm e 15 cm consecutivamente (*BUBBLEDECK BRASIL*, 2019).

Para as lajes maciças de acordo com a Tabela 3 foi calculado o volume de concreto por um metro quadrado de laje seguindo as dimensões citadas anteriormente multiplicando a espessura da laje convencional por um metro quadrado. Já o sistema *bubbledeck* o volume de concreto adotado foi seguindo os critérios de consumo em m³ de concreto por m² de laje concretada, de acordo com *Bubbledeck UK Ltda* (2008).

Tabela 3 – Comparativos de volume por m² de lajes

Lajes Maciças		Lajes <i>Bubbledeck</i>	
Espessura (mm)	Volume (m ³)	Tipo	Volume (m ³)
100	0,10	BD230	0,15
150	0,15	BD285	0,19
200	0,20	BD340	0,23

Fonte: Autor, 2019.

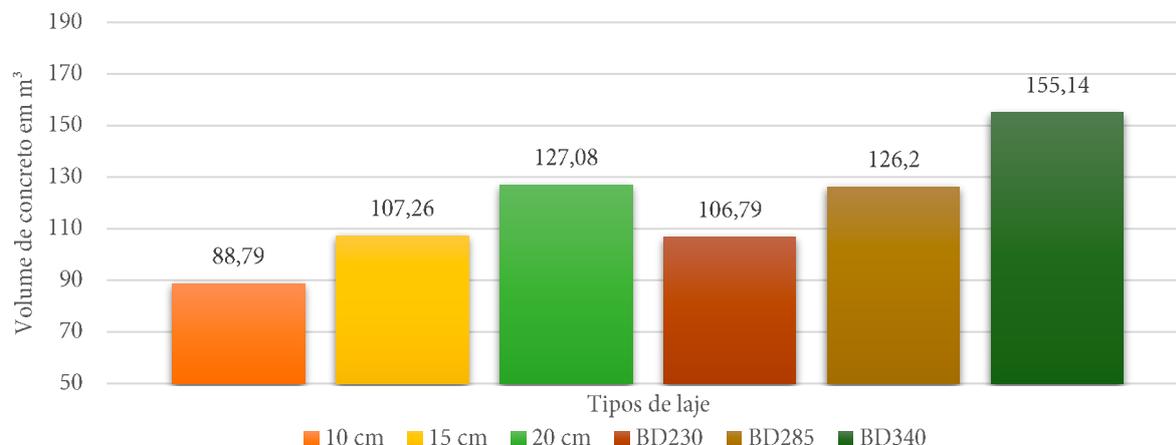
O cálculo de lajes do tipo *bubbledeck* foi realizado através do software CypeCAD (*MULTIPLUS TECNOLOGIA*, 2019) determinando parâmetros como resistência, flexão e peso próprio. De modo a exemplificar e melhorar a visualização de informações foi utilizado também planilhas de Excel, além da planilha SINAPI (2019) como determinação dos custos dos insumos utilizados. A técnica não está presente no software, assim o sistema é calculado como laje nervurada e as informações prescritas pelo fabricante são inseridas para dimensionamento.

3 Resultados e discussões

Acerca dos cálculos realizados, tem-se a geração de dados dos materiais gastos na obra equiparando as lajes maciças e *bubbledeck* com dimensões conforme citadas nos materiais e métodos. Os dados fornecidos de acordo com a Tabela. 2 transparecem que a quantidade de volume em m³ de lajes *bubbledeck* por m² é superior as lajes maciças

apresentadas. De tal modo, a Figura 3 apresenta informações das quantidades de concreto utilizados em m³ de acordo com cada tipo empregado de lajes para estudo.

Figura 3 – Quantidade de concreto utilizado

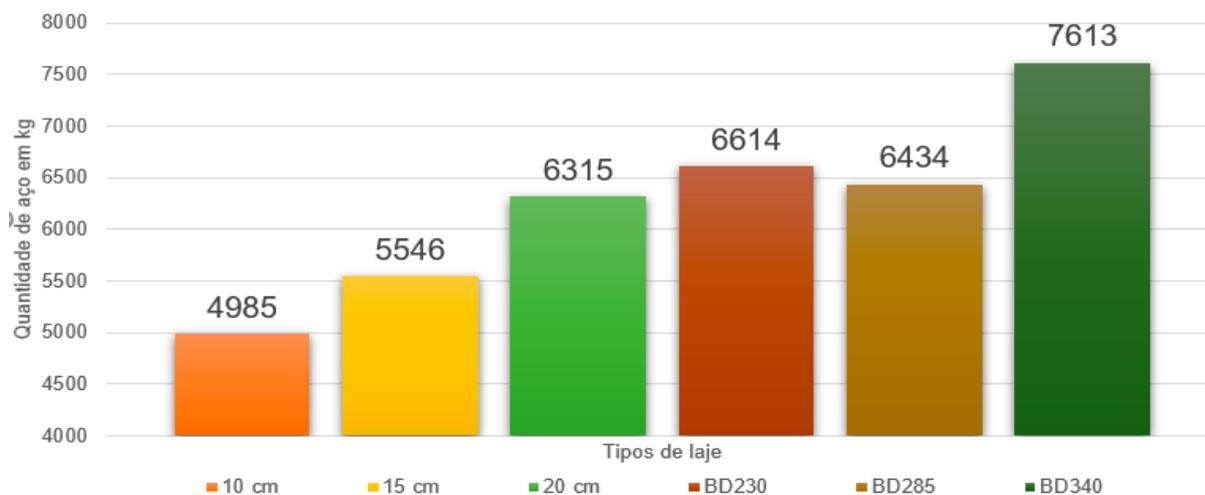


Fonte: Autor, 2019.

Nota-se que a quantidade de concreto em uma laje do tipo BD230 (menor espessura usual para esta tecnologia) é superior a 20,27% a uma laje convencional de 100 mm, evidenciando que os espaços entre uma esfera e outra e os maciços inseridos para cisalhamento da estrutura são suficientes para sobrepujar a laje maciça. Há uma menor discrepância quando se leva em consideração o segundo tipo de laje mencionado, cerca de 17,66% a menos que o *bubbledeck* BD285. Já no sistema BD340 tem-se o maior consumo de concreto comparado a uma laje de espessura 200 mm, cerca de 22,5%, resultado das espessuras mínimas usuais para a tecnologia *bubbledeck*.

As considerações acerca do aço empregado levam ao dimensionamento das malhas inferiores e superiores do sistema *bubbledeck*, além das armaduras complementares nos capitéis e armaduras positivas e negativas do sistema de lajes lisas. A Figura 4 relaciona esta quantidade de aço em kg empregado nos seis tipos de lajes referidos.

Figura 4 – Comparativo da quantidade de aço em lajes lisas e *bubbledeck*

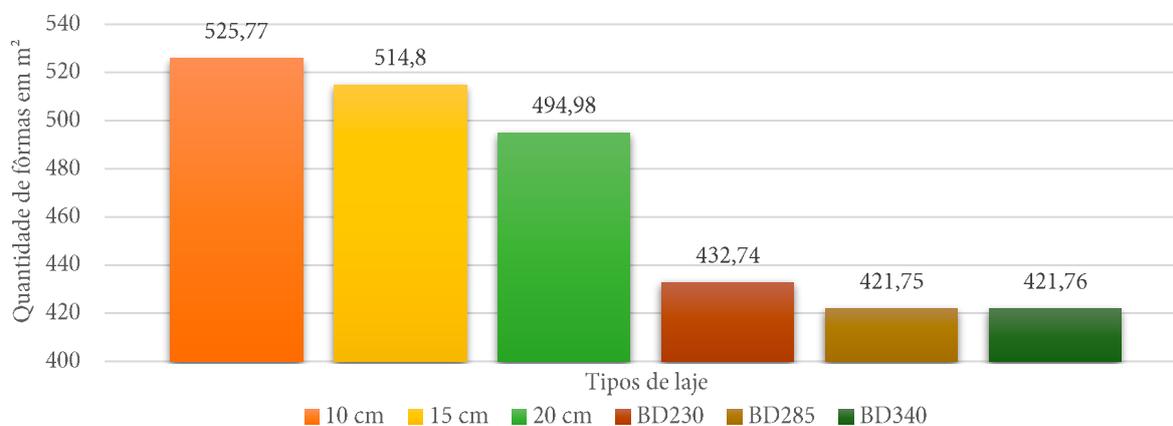


Fonte: Autor, 2019.

Os capitéis presentes nos pilares das estruturas *bubbledeck* sucedem no dimensionamento superior de barras de ligação para resistência ao cisalhamento e à punção da estrutura. As armaduras inferiores e superiores confeccionadas em malhas espaçadas a cada 100 mm e 150 mm consecutivamente, revelam maior emprego do aço nestas regiões. Cerca de 32,68% de aço são economizados em lajes de espessura de 10cm cotejado a uma BD230, 16% em lajes de 150 mm a BD285 e 20,55% em lajes de 20cm de espessura comparada com a BD340.

O dimensionamento de fôrmas pode ser definido pelo fato do sistema de lajes maciças utilizar painéis para vigas e fôrmas de assoalho para garantir que a estrutura permaneça íntegra até seu lançamento e posteriormente a cura do concreto. Já o sistema *bubbledeck* elimina estes quesitos, consequentemente a Figura 5 demonstra em m^2 a economia de fôrmas utilizadas em ambos os tipos de laje empregados.

Figura 5 – Comparativo de fôrmas utilizadas



Fonte: Autor, 2019.

Há uma discrepância nos valores obtidos enfatizando que 21,5% das fôrmas utilizadas em uma laje *bubbledeck* de 230mm são economizadas em relação a uma mesma superfície concretada com uma laje maciça de 100 mm, 22,05% em lajes BD285 com lajes de 150 mm maciça e 17,36% quando compara-se uma BD340 com uma laje lisa de 200 mm.

Nota-se que a quantidade de concreto utilizado em todas as estruturas é proporcional a quantidade de aço empregado nas mesmas, visto que o peso próprio aumenta e consequentemente para se manter estática, a quantidade destes insumos é aumentada. Por outro lado, a quantidade de fôrmas utilizadas diminui graças a estrutura suportar maiores vãos acrescidos pelo aumento da dimensão da espessura.

Ao analisar o consumo de materiais empregados há parâmetros para custear o valor por m^2 de laje utilizada, excluindo-se mão-de-obra e maquinários. As Tabelas 4 e 5 mostram o custo de uma laje *bubbledeck* por m^2 de 230 mm tomando como referência os materiais empregados de acordo Zanchin e Fernandes (2019) e o custo de uma laje maciça de 10 mm de espessura. O custo das *bubbles* é de R\$ 24,50 por m^2 , Fernandes (2014).

Tabela 4 – Custos Lajes *Bubbledeck* por m² tipo BD230

Materiais	Custo	Consumo
Aço CA-50 ø6.3mm (kg/m ²)	R\$ 5,22	6614
Concreto usinado inclui bomba 25 MPa (m ³ /m ²)	R\$ 290,74	106,79
Fôrmas (m ² /m ²)	R\$ 20,66	432,74
Esferas (unidade)	R\$ 0,87	8315
	Custo Total:	R\$ 81747,66
	Custo por m ² :	R\$ 169,23

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 5 – Custos laje maciça 100 mm

Materiais	Custo	Consumo
Aço CA-50 ø6.3mm (kg/m ²)	R\$ 5,22	4985
Concreto usinado inclui bomba 25 MPa (m ³ /m ²)	R\$ 290,74	88,79
Fôrmas (m ² /m ²)	R\$ 20,66	525,77
	Custo Total:	R\$ 62698,91
	Custo por m ² :	R\$ 129,80

Fonte: Autor, 2019.

O custeio da laje bubbledeck BD230 é de R\$ 169,23 por m² de laje construída, enquanto a laje convencional de 10 cm é de R\$ 129,80. Isso se dá pela inserção de esferas de polipropileno na estrutura, a quantidade de aço necessária no tipo dinamarquês e o consumo de concreto. Já para o BD285 e a laje maciça de 15 cm, de acordo com as Tabelas 6 e 7 demonstram custos dos insumos utilizados para fabricação de ambas em m² construídos.

Tabela 6 – Custos laje maciça 150 mm por m²

Materiais	Custo	Consumo
Aço CA-50 ø6.3mm (kg/m ²)	R\$ 5,22	5546
Concreto usinado inclui bomba 25 MPa (m ³ /m ²)	R\$ 290,74	107,26
Fôrmas (m ² /m ²)	R\$ 20,66	514,8
	Custo Total:	R\$ 70770,66
	Custo por m ² :	R\$ 146,51

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 7 – Custos das lajes *bubbledeck* tipo BD285 por m²

Materiais	Custo	Consumo
Aço CA-50 ø6.3mm (kg/m ²)	R\$ 5,22	6434
Concreto usinado inclui bomba 25 MPa (m ³ /m ²)	R\$ 290,74	126,20
Fôrmas (m ² /m ²)	R\$ 20,66	421,75
Esferas (unidade)	R\$ 0,87	5065
	Custo Total:	R\$ 83396,77
	Custo por m ² :	R\$ 172,65

Fonte: Autor, 2019.

O consumo de materiais superiores nas lajes BD285 em comparação com uma laje de 150 mm eleva seu valor aquisitivo em R\$ 26,14. Para vãos até 11 m de comprimento onde o projeto não apresenta e não consente com a inserção de vigas e pilares, o sistema *bubbledeck* BD285 faz jus a esse processo, mesmo que custeie um pouco mais que o sistema convencional. Por fim, lajes do tipo BD340 são apresentadas e seus custos comparados com lajes lisas com espessura de 20cm em m² de superfície concretada, conforme as Tabelas 8 e 9.

Tabela 8 – Custos Lajes *Bubbledeck* por m² tipo BD340

Materiais	Custo	Consumo
Aço CA-50 ø6.3mm (kg/m ²)	R\$ 5,22	7613
Concreto usinado inclui bomba 25 MPa (m ³ /m ²)	R\$ 290,74	155,14
Fôrmas (m ² /m ²)	R\$ 20,66	421,76
Esferas (unidade)	R\$ 0,87	2697
	Custo Total:	R\$ 95905,21
	Custo por m ² :	R\$ 198,55

Fonte: Autor, 2019.

Tabela 9 – Custos laje maciça 200 mm

Materiais	Custo	Consumo
Aço CA-50 ø6.3mm (kg/m ²)	R\$ 5,22	6315
Concreto usinado inclui bomba 25 MPa (m ³ /m ²)	R\$ 290,74	127,08
Fôrmas (m ² /m ²)	R\$ 20,66	494,98
	Custo Total:	R\$ 801237,82
	Custo por m ² :	R\$ 165,90

Fonte: Autor, 2019.

Os valores obtidos, demonstram um custo alto em adotar a nova tecnologia dinamarquesa, além do custeio para se obter tais peças e que viabilizem a utilização nas obras atuais bem como a quantidade de materiais empregados, mas vale afirmar que se torna viável sua utilização, desde que o local disponha de tais métodos e sejam analisados custos de mão-de-obra para adotar tal método.

4 Conclusões

Com base nos dados fornecidos e na literatura apresentada do sistema *bubbledeck*, torna-se necessário avaliar o tipo de obra a ser utilizada a tecnologia visto que obras como a apresentada no trabalho não se tornou favorável sua utilização pelo custo e quantidade de materiais empregados Vale ressaltar a economia de materiais quando se tem grandes vãos a serem vencidos e em obras que possuem dificuldades no transporte de maquinários.

Uma das vantagens utilizadas do sistema é a economia de plásticos utilizados e, porém como comprovado, as espessuras mínimas de lajes maciças ainda entram em vantagem pelo fato de possuírem menor peso próprio e, conseqüentemente, uma menor quantidade de concreto. Mesmo com a inserção de vigas na estrutura e o maior gasto de madeiras para confecção de fôrmas as lajes maciças se tornam mais baratas. Vale ressaltar que o sistema *bubbledeck* economiza na quantidade de fôrmas empregadas conseqüentemente de profissionais que executariam tal serviço.

De fato, o sistema *bubbledeck* só comprova o porquê de não se ter expandido pelo mundo todo, já que suas especificações seguem o mesmo que as normas de lajes maciças, o receio e o preço fazem-se necessários avaliar os detalhes do projeto para executar obras com tal técnica. Assim, novas tecnologias são de suma importância para a construção civil, mas vale analisar suas particularidades ao adotar um sistema novo que seja economicamente pertinente e supra as necessidades projetadas.

Diante o exposto, vale ressaltar que, em nenhum dos casos analisados o sistema *bubbledeck* com lajes maciças foi viável a implementação da nova técnica tomando-se em conta a quantidade de concreto utilizada. A economia de concreto utilizado das lajes *bubbledeck* só é significante quando comparada com lajes de mesma espessura, já com os tipos utilizados para experimento, a quantidade de concreto utilizado foi superior em todos os casos. Vale ressaltar que não se tem espessuras de lajes *bubbledeck* menores que 230mm, o que difere das lajes maciças onde o mínimo a ser utilizado pode ser de 10cm, claro, levando-se em conta as cargas impostas a essa superfície.

Referências bibliográficas

- ALDEJOHANN, M. “*Zum querkrafttragverhalten von hohlkörperdecken mit zweiachsiger lastabtragung*”. Tese de doutorado. Universität Duisburg Essen, Alemanha, 2008, p. 185.
- ANDRADE, Ramon Lauton; GUEDES, Niara Dias. *Avaliação de desempenho de estruturas utilizando lajes do tipo bubbledeck*. Brasília: UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, 2015.106 f. Monografia do curso de engenharia civil. Brasília, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5628 – Componentes construtivos estruturais – Determinação da resistência ao fogo*. Rio de Janeiro, 2001.
- BUBBLEDECK BRASIL. Disponível em: <http://www.bubbledeck.com.br/>. Acesso em: 26 mai. 2019.
- BUBBLEDECK UK LTDA. Disponível em: <http://www.bubbledeck-uk.com/>. Acesso em: 26 mai. 2019.
- CĂLIN, Sergiu *et al.* *Method for bubbledeck concrete slab with gaps*. Universitatea Tehnică, Gheorghe Asachi” din Iași Tomul LV (LIX), 2009.
- CĂLIN, Sergiu *et al.* *Summary of tests and studies done abroad on the bubble deck system*. Department of Concrete, Technology and Organization, 2009.
- CEBALLOS, Manuel Alejandro. *Análise Experimental à punção em lajes tipo Bubbledeck com armadura de cisalhamento*. Distrito Federal, Brasília, 2017.
- CYPECAD: *Software Para Cálculos estruturais*. Versão 2019.a. [S. l.]: Multiplus Softwares Técnicos, 2019. Software.
- FERNANDES, Ossimar Júnior Duarte. *Lajes bubbledeck – características gerais e viabilidade executiva*. Goiás: IPOG, 2014. MBA gerenciamento de obras, tecnologia e qualidade da construção, Instituto de pós-graduação, Goiânia, Goiás, 2014.
- HELD, M. *et al.* *Punching behavior of biaxial hollow slabs*. Cement & Concrete Composites Journal, No. 24, Institute for Concrete Structures and Materials, Darmstadt University of Technology, Darmstadt, Germany, 2002.
- INTERNATIONAL, Bubbledeck. *Calculations*. Disponível em: www.bubbledeck.com. Acesso em: 26 mai. 2019.
- LAI, T., *Structural Behavior of BubbleDeck Slabs And Their Application to Lightweight Bridge Decks*. Cambridge, USA, 2010.
- LIMA, Henrique Jorge Nery. *Análise experimental à punção de lajes lisas tipo BubbleDeck*. Distrito Federal, 2015.
- NICÁCIO, Wanderley Gustavo. *Comportamento à punção de lajes de concreto armado tipo bubbledeck*, Brasília, 2018.
- SAP2000. *Structural Analysis & Design, Versão 14.0.0*. Computers and Structures, California, USA, 2010.

SHETKAR, Arati *et al.* *An experimental study on Bubble Deck slab system with elliptical balls.* Índia, 2015.

SINAPI MG- Índices *da Construção Civil.* Disponível em: http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648. Acesso em: 11 out. 2019.

ZANCHIN, Rayssa e FERNANDES, Mariana dos Santos. Construções de lajes com o sistema bubbledeck. São Paulo: Complexo Educacional FMU, 2019. *Revista INOVAE* vol. 7, p. 186-200.