

CONSTRUÇÕES DE LAJES COM O SISTEMA BUBBLEDECK

RAYSSA ZANCHIN ¹, MARIANA FERNANDES DOS SANTOS ¹

RESUMO

Foi demonstrado um método de construção e desenvolvimento de lajes, adotando o sistema bubbledeck, composto por esferas poliméricas de Polipropileno, inseridas uniformemente entre duas telas metálicas. A principal vantagem do mesmo é a diminuição do volume de concreto de uma laje, proporcionando uma estrutura resistente e de peso reduzido. A pesquisa de caráter explicativo teve por objetivo examinar detalhadamente os processos construtivos da estrutura, assim como as dimensões utilizadas e análises dos resultados obtidos com a mesma, listando vantagens e desvantagens de sua aplicação. Como procedimento técnico, foi desenvolvido um estudo de caso do referido tema, constituindo-se de análises das etapas do desenvolvimento da construção. Por fim, apresentaram-se os resultados das respectivas observações, o que possibilitou efetuar comparações da aplicação do sistema estudado com o método convencional de estruturação de lajes, ou demais métodos utilizados no mercado, visando redução de custos e resistência estrutural.

Palavras-chave: Sistemas construtivos; bubbledeck; lajes; Resistência estrutural;

CONSTRUCTION OF ROOF PLATES WITH THE BUBBLEDECK SYSTEM

ABSTRACT

It was demonstrated a method of construction and development of slabs, adopting the bubbledeck system composed of polypropylene polymer beads inserted evenly between two metallic screens. The main advantage of this is the decrease of the concrete volume of a slab, providing a sturdy structure and weight reduced. The purpose of this research was to examine in detail the constructive processes of the structure, as well as the dimensions used and the analysis of the results obtained with it, listing the advantages and disadvantages of its application. As a technical

¹ Complexo Educacional FMU, Departamento de Engenharia Civil. Contato: rayssa.zanchin@gmail.com

procedure, a case study of this theme was developed (construction of slabs with the bubbledeck system), constituting of analyzes of the stages of the development of the construction. Finally, the results of the respective observations were presented, which made it possible to make comparisons of the application of the studied system with the conventional method of structuring slabs, or other methods used in the market, aiming at cost reduction and structural resistance.

Keywords: Construction systems; bubbledeck; slabs; Structural resistance;

INTRODUÇÃO

Segundo Civilização Engenharia (2013), o sistema bubbledeck, método inovador de construção de lajes se sobressai aos processos tradicionais: lajes, que são estruturas responsáveis por transmitir cargas para as vigas ou pilares, e são construídas no local da obra por formas e vergalhões metálicos. Para estudos levantados sobre lajes bubbledeck segundo Freire (2009), os benefícios alcançados chegam a 37,12% em relação a redução de volume de concreto utilizado, assim como peso próprio, e ao caráter estrutural, reduzindo custos e agilizando a execução da obra.

As tecnologias abordadas são novidades no mercado brasileiro e podem ganhar bastante espaço em um curto período de tempo, assim o estudo proposto pode mostrar alternativas possíveis para esta necessidade atual da construção civil. Através de cálculos, tabelas, e outros informativos, o objetivo deste artigo, será estudar e analisar o sistema bubbledeck como um todo, apresentando os conceitos básicos inerentes às lajes convencionais, bem como os do sistema referido, seus aspectos e métodos construtivos, principais benefícios e potencialidade do mesmo.

Desta forma, o presente trabalho se justifica pela comparação da resistência do método convencional de construção e estruturação de laje, assim como o método em questão.

METODOLOGIA

A ideia de melhoria no consumo do concreto, onde sua utilização possui função estrutural, não é um conceito novo. Segundo Silva (2011), o concreto é utilizado apenas em regiões comprimidas, já que este não se submete a altas tensões de tração, e, portanto, não se faz necessário sua utilização nas regiões sem finalidade estrutural, pois resultaria na perda de material e aumento do peso próprio.

A implementação do conceito de lajes ocas vem sendo empregado desde meados da década de 80. Houve um concurso nacional criado pelo governo dinamarquês que buscava desenvolver as melhores ideias para uma construção inovadora para lajes flexíveis que deveriam ser uma melhor solução em termos econômicos e ecológicos (SILVA, 2011). O engenheiro dinamarquês Jorgen Breuning desenvolveu as lajes com sistema bubbledeck. Seu projeto foi desenvolver uma laje de concreto com vazios, utilizando-se de esferas plásticas, que se posicionam entre treliças. A Figura 1 apresenta a esquematização das esferas.

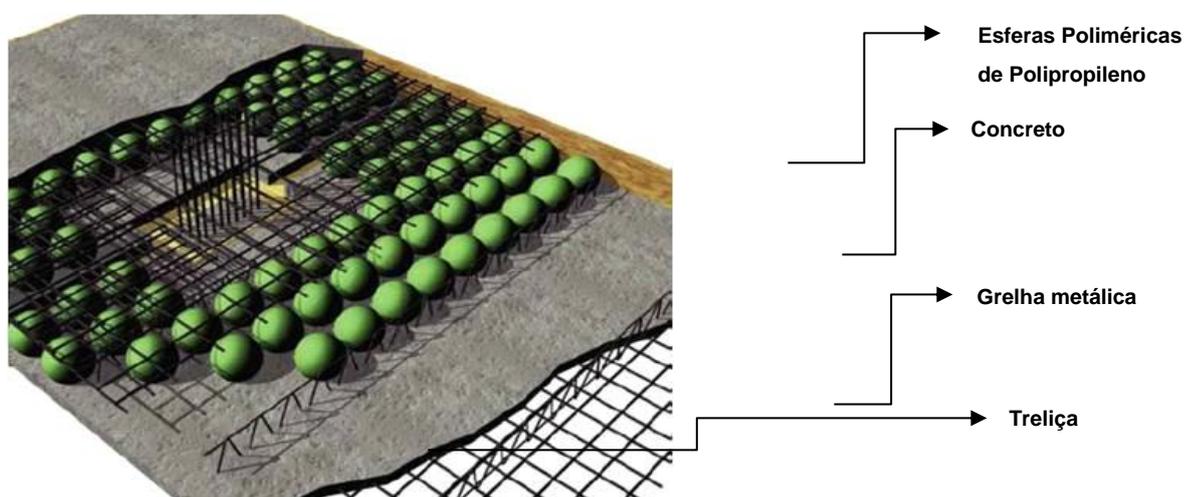


Figura 1 – Sistema estrutural bubbledeck

Fonte: CONCRETO – MA4, 2014.

A primeira construção onde se aplicou o sistema bubbledeck para a construção de lajes foi o edifício Millennium Tower, na cidade de Rotterdam na Holanda (Figura 2).

Preliminarmente, as lajes ocas tubadas seriam utilizadas no projeto. Entretanto, antes que fosse iniciada a construção optou-se por empregar o sistema de lajes bubbledeck, que resultou em uma otimização dos ciclos dos andares de 10 para 4 dias (SILVA, 2011). Além disso, acarretou em uma redução de 50% dos pilares utilizados na obra, e uma economia de quinhentas viagens de caminhão 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 (SILVA, 2011).



Figura 2 – Millennium Tower

Fonte: En phorio, 2000.

A primeira obra a ser executada utilizando o conceito de lajes bubbledeck no Brasil foi a nova sede da empresa Odebrecht na cidade de Salvador, Bahia. Como em Rotterdam, somente após a execução do projeto inicial, a solução em laje bubbledeck foi escolhida, quando a empresa resolveu utilizar a tecnologia então recente no Brasil com a finalidade de testá-la. Outros projetos, como o novo Centro Administrativo de Brasília, estão sendo estudados durante a realização deste trabalho e possivelmente receberão lajes bubbledeck (FREIRE, 2009).

1. PROCESSOS CONSTRUTIVOS

Podemos utilizar de modo explicativo um diagrama de fluxo das etapas submetidas, sendo observado na figura 3.



Figura 3 – Fluxograma das etapas construtivas

As esferas são de polipropileno (PP), material que não reage quimicamente com o concreto, não tem porosidade e experiências mostraram que no processo de concretagem, gera-se efeitos similares a aditivos plastificantes (FILHO, MELO e CASTRO, 2017). Não há restrições quanto ao concreto a ser utilizado, porém, para aumentar a produtividade, eliminar a necessidade de vibração e melhorar a aderência nas esferas, é conveniente utilizar o concreto autoadensável, por conta de sua homogeneidade (LIMA, 2017).

Os módulos são inseridos entre duas telas de aço e a execução da laje é feita basicamente em quatro etapas. Após a fabricação dos painéis na fábrica, se inicia a execução do escoramento e montagem dos elementos pré-moldados. Posteriormente é colocada a armação complementar e feita a concretagem final solidarizando toda laje. Para a produção dos Pré-fabricados Bubbledeck são necessárias duas equipes de produção e estas equipes são divididas em duas tarefas, que dão movimento à produção: armadura e concretagem. (BARRETO e FROTA, 2014.)

A armadura da peça é composta por duas malhas de aço uma inferior que é posicionada em bancadas de armação e sobre elas são posicionadas treliças de acordo com especificação de projeto e são fixadas através de solda. Após a

finalização da solda das treliças é feito o posicionamento do enchimento, que corresponde as esferas poliméricas (“bubbles”), como pode ser observado na Figura 3.



Figura 3 – Posicionamento das esferas na armação.

Fonte: Civilização Engenharia, 2013

Após o posicionamento das esferas, a parte de armação é finalizada ao soldar a outra malha de aço superior, fechando as esferas entre as duas malhas e desta forma as fixando (Figura 4), sem ser necessário nenhum outro tipo de amarração. Assim estas “peças” de armação podem ser destinadas para fôrmas para concretagem, que são metálicas e compostas por um fundo fixo e laterais móveis fixadas por parafusos, para possibilitar a retirada da peça após a concretagem. O preparo das fôrmas para a concretagem é feito de forma cuidadosa, pelo fato de a laje não ter tratamento posterior (BARRETO e FROTA,2014).



Figura 4 – Soldagem da malha de aço superior

Fonte: Civilização Engenharia, 2013.

Depois de concretados, os pré-moldados estão prontos para serem armazenados, e a altura do empilhamento deve atingir no máximo até 2,5 m, sendo espaçadas ainda por peças de madeiras de 5 cm. Como por exemplo em lajes de 28,0 cm, deve-se empilhar até 8 pré-moldados, que chegam a uma altura de 2,40 m (BARRETO e FROTA 2014).

Quando os elementos pré-moldados já se encontram prontos para uso, são transportados para o local de lançamento, geralmente com caminhões do tipo munck. Iniciando o processo de construção da laje, deve-se preparar os escoramentos, onde cada pré-moldado é composto por escoras e vigas metálicas, além das linhas de cimbramentos paralelas a linha principal de escoramento. Recomenda-se que o distanciamento das vigas e linhas de escoramento, seja um valor entre 1,80 a 2,50 metros (BARRETO e FROTA, 2014).

Posicionadas as peças no pavimento, onde pode ser visualizado na Figura 5, inicia-se a execução da armação dos capitéis e dos reforços dos pré-fabricados, como a laje Bubbledeck é um tipo de laje cogumelo e dispensa a presença de vigas em sua estrutura. Se faz necessário também, uma sequência de armações localizadas nos encontros das lajes, chamadas de barras de transição, onde conduzem a transferência dos esforços de um pré-moldado para outro, fazendo as cargas chegarem até os pilares. (BARRETO e FROTA, 2014.)

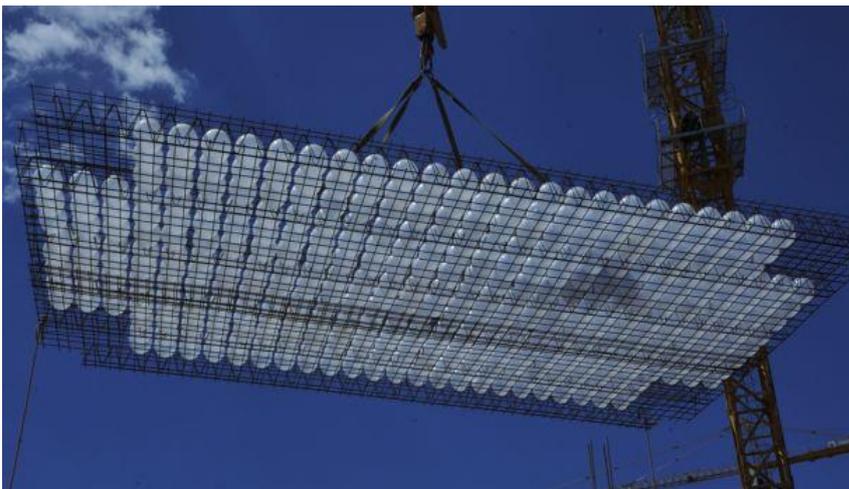


Figura 5- posicionamento do pré-moldado.

Fonte: Civilização Engenharia, 2013.

E por fim, representado na Figura 6, a concretagem que consiste no lançamento, adensamento do concreto de segundo estágio com vibradores, partindo então ao processo de cura.



Figura 6 – Processo de concretagem da laje.

Fonte: Civilização Engenharia, 2013.

2. DIMENSIONAMENTO

As lajes bubbledeck são dimensionadas da mesma maneira que métodos convencionais de lajes lisas maciças, porém, com uma redução do peso próprio da estrutura (ANDRADE e GUEDES, 2015). As partes maciças da laje são definidas a partir da capacidade de suporte de carga cortante sem a utilização de armadura para resistir aos esforços de cisalhamento.

As dimensões das esferas e o espaçamento entre elas são variáveis de acordo com a necessidade do projeto, e são apresentados tipos de lajes com variação na espessura, vãos alcançados, carga, e volume de concreto (ANDRADE e GUEDES, 2015). A Tabela 1 apresenta dados dos diferentes tipos de laje.

Tabela 1 – tipos de lajes bubbledeck comercializadas

TIPO	Espessura de laje (mm)	Diâmetro das esferas (mm)	Vão (m)	Carga (Kgf/m ²)	Concreto (m ³ /m ²)
BD230	230	180	7 a 10	370	0,15
BD280	280	225	8 a 12	460	0,19
BD340	340	270	9 a 14	550	0,23
BD390	390	315	10 a 16	640	0,25
BD450	450	360	11 a 18	730	0,31

Fonte: *Civilização Engenharia, 2013*

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 após a conclusão da laje (ANDRADE e GUEDES, 2015).

Na Tabela 2, através dos diâmetros apresentados temos os respectivos fatores de redução de peso, rigidez, e cortante que caracterizam as propriedades estruturais permissíveis, adotando-as por metro quadrado, propostas pela Bubbledeck internacional (2013).

Tabela 2- Caracterização geral para aplicação do bubbledeck

Diâmetro da esfera (m)	0,18	0,225	0,27	0,315	0,36	0,405	0,450
Mínimo Intereixo das Esferas (m)	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50
Número de Esferas (m ²)	25,00	16,00	11,00	8,16	6,25	4,94	4,00
Espessura Mínima da Laje (m)	0,23	0,28	0,34	0,40	0,45	0,52	0,58
Redução de Carga por Esfera (KN)	0,08	0,15	0,26	0,41	0,61	0,87	1,19
Redução Máx. de Carga (KN/m ²)	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, 2013*.

Com essas informações básicas, é possível fazer um pré-dimensionamento da altura da laje, e então definir o diâmetro das esferas a ser empregado.

2.1 Comparativos

As lajes Bubbledeck, se sobressaem quando comparadas com o método convencional, através de análises técnicas no que diz respeito à redução do consumo de concreto e peso próprio, pela incorporação de material inerte na intersecção da laje (SILVA e CAMPI, 2016), enquanto a primeira apresenta bolhas cheias de ar, a segunda será completamente preenchida por concreto.

O parâmetro adotado para os comparativos que seguirão será a espessura das lajes, utilizando alturas aproximadas. As espessuras adotadas para as lajes maciças foram de 25, 30, 35 e 40 cm, e os representativos equivalentes para o sistema Bubbledeck foram os modelos BD230, BD285, BD340 e BD395, que possuem espessuras de 23, 28,5, 34 e 39,5 cm respectivamente (SILVA e CAMPI, 2016).

Para lajes maciças, foi calculado o volume de concreto em metros cúbicos (m^3) de acordo com as espessuras citadas anteriormente por metro quadrado (m^2), obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 3.

Segundo os valores de volume fornecidos pela Bubbledeck (2008) pode-se levar em conta a comparação com os valores obtidos na presente pesquisa científica.

Tabela 3 – comparativo entre lajes maciças e bubbledeck

Laje Maciça		Laje Bubbledeck	
MODELO (m)	m^3	MODELO	m^3
0,25	0,25	BD230	0,15
0,30	0,30	BD285	0,19
0,35	0,35	BD340	0,23
0,40	0,40	BD395	0,25

Fonte: Autores

Já referente ao peso próprio, foi adotado o peso específico do concreto de fck: 2500 kg/m^3 , vezes o volume do mesmo, e para valores dos tipos bubbledeck, são especificados de acordo com o fabricante, evidenciado na tabela 4 e mensurados a partir da equação 1.

Equação 1: $P.P. = \rho \times V$ (kg/m³)

Onde:

P.P. – Peso Próprio

ρ – Peso específico do material

V – Volume do sólido

Tabela 4 – comparativo do peso próprio

<i>Laje Maciça</i>		<i>Laje Bubbledeck</i>	
MODELO (m)	Kg/m ³	MODELO	Kg/m ³
0,25	625	BD230	370
0,30	750	BD285	460
0,35	875	BD340	550
0,40	1000	BD395	640

Fonte: Autores

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As esferas preenchidas de ar incorporadas ao concreto proporcionam excelente isolamento acústico e baixa condutibilidade térmica, com boa aceitação em edifícios residenciais e comerciais. O desempenho está em conformidade com a NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho da ABNT, e a mesma apresenta resultados satisfatórios quanto a exposição ao fogo em termos de estabilidade, estanqueidade e condução térmica. (NUNES, 2018)

Através dos comparativos realizados nas tabelas anteriores (tabelas 3 e 4), é observado que as lajes bubbledeck, superam as maciças no quesito de menor volume de concreto e menor peso próprio.

Nos 4 tipos de espessura, sendo o primeiro, a laje maciça de 25 cm de espessura, com o volume de concreto por m² de 0,25 m³, e a bubbledeck 0,15 m³, é verificado que o tipo BD230 tem uma redução de 40% no volume de concreto utilizado. O tipo BD285, comparado com a laje maciça de espessura 30cm tem redução de aproximadamente 36,67%, o tipo BD340, comparado com a laje maciça de espessura 35cm tem redução de aproximadamente 34,28%, e por fim, o tipo BD395, em comparação com a laje maciça de espessura 40 cm, possui uma

redução de 37,5%, aproximadamente.

Já referente ao peso próprio, também foram obtidas reduções nos valores dos quatro tipos, sendo eles nas respectivas porcentagens:

- Laje maciça de 25 cm com tipo bubbledeck BD230 – redução de 40,8%;
- Laje maciça de 30 cm com tipo bubbledeck BD285 – redução de 38,67%;
- Laje maciça de 35 cm com tipo bubbledeck BD340 – redução de 37,14%;
- Laje maciça de 40 cm com tipo bubbledeck BD395 – redução de 36%;

A critério de demonstrações de custo, realizamos uma análise comparativa de quantitativos de materiais utilizados por metro quadrado entre lajes maciças e o sistema bubbledeck, e posteriormente comparamos os respectivos valores em reais dos dois métodos.

O consumo de materiais de lajes maciças, entre aço, concreto e formas apresentou um custo de aproximadamente R\$ 213,80, de acordo com valores atualizados da tabela de preços do PRACONSTRUIR.

Assim sendo, na tabela 5 pode-se verificar a relação do quantitativo de materiais e seus respectivos custos por m² (metro quadrado).

Tabela 5 – Custo lajes maciças

LAJES MACIÇAS (m²)		
Materiais	Consumo	Custo
Aço (Kg/m ²)	22,50	R\$120,83
Concreto (m ³ /m ²)	0,250	R\$60,78
Forma (m ² /m ²)	1,00	R\$32,19
		Custo total: R\$213,80

Fontes: Autores

Da mesma forma, temos a relação de custos da execução de 1m² do sistema bubbledeck evidenciados na tabela 6, em que de acordo com JUNIOR, as bubbles ou esferas, possuem um custo de R\$ 24,50 por m². (JUNIOR, 2014)

Tabela 6 – Custo lajes bubbledeck

LAJES BUBBLEDECK (m²)		
Materiais	Consumo	Custo
Aço (Kg/m ²)	20,00	R\$107,40
Concreto (m ³ /m ²)	0,150	R\$36,45
Forma (m ² /m ²)	1,00	R\$32,19
Esferas (unidade)	28	R\$24,50
		Custo total: R\$200,56

Fonte: Autores

Para efeitos de aprimoração, não foram considerados os custos de mão de obra, já que o sistema bubbledeck não carece de mão de obra especializada, e sua viabilidade executiva é favorável, os valores gastos serão igualados ao do sistema convencional de lajes maciças.

Analisando os dois métodos construtivos, o bubbledeck supera ligeiramente o convencional no quesito economia de custos, além de suas vantagens, por diminuir peso próprio, podendo reduzir custos também da fundação, de acordo com os respectivos projetos a serem utilizados o sistema.

CONCLUSÕES

Com base nos dados fornecidos pela literatura e na análise dos resultados obtidos se observa que o método construtivo de lajes bubbledeck possui um excelente desempenho no quesito redução de volume de concreto, que acarreta na diminuição do peso próprio das estruturas se comparado aos métodos construtivos tradicionais.

Outro fator que conta a favor das lajes Bubbledeck é a possibilidade de utilizar cabos de protensão, resultando no aumento de vãos entre pilares. A climatização do ambiente interno também impacta positivamente a optar pelo sistema, garantindo um ótimo desempenho acústico, eficiência térmica satisfatória, pois possui baixa condutibilidade, e por fim, em termos ambientais, a bubbledeck é considerada uma tecnologia sustentável, pois seu produto é ambientalmente adequado, possui selo verde, e proporciona redução da emissão

de CO₂.

Desta forma podemos considerar que o sistema atende as necessidades das construções civis que buscam novas soluções e tecnologias construtivas visando gerar economia de custos, associada a uma menor geração de resíduos, e tempo benefício de construções.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

BARRETO, Thaume Chaves; FROTA, Wesley Novaes. **Estudo comparativo de lajes pré-moldadas, com estudo de caso em lajes bubbledeck e comparação com o método pré-vigas**. Brasília: UCB,2014. 25 f. Projeto de graduação, Universidade Católica de Brasília, Brasília ,2014.

FILHO, Márcio Alves de Oliveira; MELO, Nayane Ferreira De; CASTRO, Francielly Djanira De Oliveira. **Utilização do sistema bubbledeck em edifícios**. Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 10, n. 2 (edição extra), jul. 2017.

FREIRE, Tamara Carvalho. **Estudo comparativo para lajes cogumelo utilizando as tecnologias “bubbledeck” e atex**. Rio de Janeiro: UFRJ,2009. 52 f. Projeto de graduação, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

HUNT, Anie.**Sistema Construtivo BubbleDeck - Inovação no Brasil**. Concreto-MA4.2014.Disponível em: <<http://concreto-ma4.blogspot.com/2014/03/sistema-construtivo-bubbledeck-inovacao.html>> Acesso em:25,maio de 2018.

JUNIOR, Ossimar Fernandes 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.

LIMA, Matheus Pereira de Sousa. **Tecnologia bubbledeck: uma abordagem de sua execução e aplicabilidade quando comparada a laje steel deck**. Rio de Janeiro: UFRJ,2017.104 f. Projeto de Graduação, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

Millennium tower in rotterdam. Disponível em: <https://en.phorio.com/millennium_tower,_rotterdam,_netherlands>. Acesso em: 25, maio 2018.

O sistema construtivo bubbledeck. Civilização engenharia, 2013.Disponível em:

< <https://civilizacaoengenhaira.wordpress.com/2013/09/11/o-sistema-construtivo-bubbledeck/> > Acesso em: 26, maio de 2018

Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. docente.ifrn.edu.br, 2004. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/abnt-6118-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento>> Acesso em :25,de maio de 2018

PraConstruir. **Tabelas de preços de materiais de construção.** PraConstruir, 2018. Disponível em: <<https://praconstruir.com.br/tabela-de-precos-materiais-de-construcao>>

SILVA, Yuri Mariano de Oliveira. **Estudo comparativo entre lajes “bubbledeck” e lajes lisas.** Rio de Janeiro: UFRJ,2011. 62f.Projeto de Graduação, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SILVA, Jessica dos Santos; CAMPI, Brunna Ferreira. **Estudo comparativo entre BubbleDeck e painel treliçado.** In: ANAIS DO 58º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO,58, 2016, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte: IBRACON ,2016. p.9-10

NUNES, Willian. **Sistema Bubbledeck reduz custo de laje e desponta como solução sustentável.** Going green brasil, 2018.Disponivel em: <<http://goinggreen.com.br/2018/07/18/sistema-bubbledeck-reduz-custo-de-laje-e-desponta-como-solucao-sustentavel/> > Acesso em : 10, de Abril 2019

NORMAS TÉCNICAS:

Associação brasileira de normas técnicas (ABNT), NBR 6118, 2003, **Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado.**

DIN 1045, 2001, Concrete – German code for the design of concrete structures, 2001.

EN 13747,2005, Concrete – Precast concrete products – Floor plates for floor systems, 2005.