

# ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS METODOLOGIAS DE FORMAS INFLÁVEIS E FORMAS METÁLICAS PARA A CONSTRUÇÃO DE ESTACAS PRÉ-MOLDADAS NA APLICAÇÃO DE OBRAS DE INFRAESTRUTURA

## COMPARATIVE STUDY BETWEEN THE METHODOLOGY OF INFLATABLE FORMS R METALLIC FORMS FOR THE CONSTRUCTION OF PRECAST PILERS IN THE APPLICATION OF INFRASTRUCTURE WORKS

Glauber Sepp<sup>1</sup>, Lucas Augusto dos Santos e Barros<sup>2</sup>, Allan Miranda Pereira<sup>3</sup>

**Resumo:** O presente trabalho apresenta o sistema de fôrmas infláveis analisando sua aplicabilidade em estacas pré-moldadas de concreto, comparando a viabilidade técnica e econômica em relação às fôrmas metálicas. A escolha do tema se deu, em virtude da busca por novas tecnologias de baixo custo e fácil aplicabilidade. No estudo de caso realizaram-se entrevistas e visitas à obra que utilizou essa técnica levantando dados sobre a durabilidade, tempo de execução, redução de mão de obra, custo e demanda. Com as informações foram obtidos dados comparativos entre as fôrmas infláveis e as metálicas, observando-se a otimização nos processos construtivos. No andamento da pesquisa tomou-se conhecimento de outras aplicações em obras de grande importância no Brasil, para execução de estacas pré-moldadas. A falta de discussões e abordagens científicas às questões relacionadas ao tema, fez com que tivéssemos que aprofundar ainda mais as pesquisas de campo sobre o assunto. Conclui-se que o método de fôrma inflável é viável, além de diminuir o tempo de montagem e desmontagem, havendo aumento na produtividade, redução de perdas de materiais assim reduzindo o custo.

**Palavras-chave:** Formas exageradas. Saco de ar para concreto. Forma de ar cilíndrica. Construir cúpula. Concreto projetado de fora, durável e econômico.

**Abstract:** This paper presents the system of inflatable molds analyzing its applicability in pre-cast concrete piles, comparing the technical and economic viability in relation to the steel deck. The theme was given because the search for new technologies at low cost and easy applicability. In the case study interviews were conducted and visits to the work that used this technique collecting data on the durability, runtime, reduction of manpower, cost and demand. Information with comparative data between the inflatable and metal molds, observing the optimization in construction processes were obtained. In the course of the research, it became known from other applications in the works of great importance in Brazil, for execution of pre - cast piles. The lack of discussion and scientific approaches to the issues related to the theme, which meant that we delve further field research on the subject. We conclude that the method is feasible inflatable mold, and shorten the assembly and disassembly, with an increase in productivity, reduction of losses of materials thereby reducing the cost.

**Keywords:** Inflated forms. Air bag forms. Cylindrical air form. Build domed. Shotcrete from outside, durable, and economical.

### I. INTRODUÇÃO

O método de fôrmas infláveis surgiu nos estados Unidos em 1960, a princípio era estendido somente à

<sup>1</sup>Acadêmico do curso de Engenharia de Civil, Centro Universitário ENIAC. e-mail: [253652021@eniac.edu.br](mailto:253652021@eniac.edu.br)

<sup>2</sup>Mestre em Arquitetura e Urbanismo e Professor no Centro Universitário ENIAC. e-mail: [lucas.santos@eniac.edu.br](mailto:lucas.santos@eniac.edu.br)

<sup>3</sup>Especialista em Engenharia Civil e Professor no Centro Universitário ENIAC. e-mail: [allan.miranda@eniac.edu.br](mailto:allan.miranda@eniac.edu.br)

fabricação de estacas pré-moldadas, em 1982 o método foi aprimorado, ampliando suas aplicações técnicas construtivas, hoje se estende, sendo aplicado em estrutura de concreto armado: construções de pontes, bueiros, aduelas concretas (Galerias), túneis, estacas, tubos de concreto e outras. (CONN, 1960; HALE, 1984; CONCRETE CONSTRUCTION STAFF, 1988).

Trata-se de um balão insuflável cilíndrico apresentando algumas tiras que servem de ancoragem que se estendem em torno do cilindro em planos perpendiculares ao eixo. Estas tiras apresentam comprimento selecionado que é menor que a circunferência do balão para estabilização do cilindro junto ao chão, tomando o cuidado para não depositar uma camada excessiva de concreto podendo causar deformações no balão (HALE, 1984).

As fôrmas infláveis são utilizadas em estacas pré-moldadas, e a mesma vem sendo utilizada no Brasil desde 2000, sendo fabricada pela empresa – Sansuy S.A. Indústria de Plásticos. O primeiro projeto nesse seguimento foi elaborado para atender a demanda da Empresa Premoldalit, especializada em fabricar postes de luz. A técnica foi aplicada no Brasil em obras de grande importância como Projeto SILPE – Obra da alça Viária do Distrito de Ponta Negra Marituba/PA 2001, Obra Rodoanel trecho sul Lote 4, São Bernardo do Campo/SP 2007, Obra no Porto de Vila do Conde (Companhia Docas do Pará CDP) - Terminal Graneleiro de Barcarena - Barcarena/PA 2010, Obra do Cais/P-58 Rio Grande/RS 2011.

Nas obras realizadas com esta técnica em comparação a fôrmas metálicas, nota-se que o percentual de desperdício de material foi muito menor, ganhando agilidade no tempo da montagem da fôrma e da desforma, otimizando a utilização de equipamentos e mão de obra, agilizando todo o processo construtivo, fator importante no custo de uma obra.

Esta pesquisa estuda e analisa a aplicabilidade de fôrmas infláveis em estacas pré-moldados comparando a viabilidade técnica e econômica em relação às fôrmas metálicas.

Figura 1 – Aplicação de fôrma inflável – Obra Rodoanel trecho sul Lote 4, São Bernardo do Campo/SP 2007



Fonte: Autor, 2007.

Figura 2 – Aplicação de fôrma inflável – Porto de Vila do Conde (Companhia Docas do Pará CDP) 2011.



Fonte: Eng Ademar J. Coradini Jr

## II. REFERENCIAL TEÓRICO

A realização deste trabalho se apoiou no método de pesquisa principal conhecido como estudo de caso. Para tanto, foram realizadas visitas e entrevistas na empresa SANSUY que é a única fabricante brasileira de fôrmas infláveis, também realizamos visitas de campo na obra que a utilizou: Obra 1 - Rodoanel trecho sul Lote 4, realizada pelo consorcio Construtor Queiroz Galvão Construção e CR Almeida Engenharia de Obras em São Bernardo do Campo/SP 2007; e Obra 2 - Porto de Vila do Conde (Companhia Docas do Pará CDP); Obra 3 - Terminal Graneleiro de Barcarena - Barcarena/PA 2010, sendo que nestas duas últimas foram realizadas entrevistas com o

engenheiro civil responsável pela qualidade e controle tecnológico, Ademar José Coradini Junior que trabalha na empresa Triunfo Construtora S.A., que nos auxiliou com a pesquisa.

Com o objetivo de caracterizar as fôrmas infláveis e identificar seu uso no Brasil, foram realizadas visitas à fábrica da empresa Sansuy. Foi também realizada uma entrevista com engenheiro Felipe Teixeira Kushiyama da mesma empresa. Essa entrevista seguiu o roteiro abaixo:

-Características inerentes da utilização (Deformação);

- Tipo de desmoldante aplicado;
- Pressão e temperatura que suporta;
- Teste de estanqueidade;
- Quais polímeros são usados;
- Durabilidade;
- Posicionamento da armadura
- Lançamento e adensamento de concreto
- Vantagens e Desvantagens
- Processo de aplicação;

Para a análise do uso prático das formas em uma obra real usamos outras informações colhidas em campo junto ao Engenheiro Ademar José Coradini Junior da Construtora Triunfo S.A., pesquisa realizada sobre a obra Vila do Conde Companhia Docas do Pará - CDP - Barbacena PA/2010 e sobre a obra do Terminal Graneleiro, ambas utilizando formas infláveis.

Para efeitos comparativos, foi estudada também a obra que usou formas metálicas do Terminal Embraport juntamente com o engenheiro Vitório Falotico Viana que trabalha da construtora Norberto Odebrecht e nos cedeu gentilmente informações técnicas para o andamento da pesquisa.

Este trabalho de campo seguiu o roteiro abaixo:

- Quantidade de estacas fabricadas;
- Diâmetro das estacas fabricadas;
- Consumo de concreto aplicado;
- Quantidade de colaboradores envolvidos na montagem e desforma;
- Tempo gasto para essa atividade;
- Desmoldante utilizado.

Na obra do terminal Embraport da Construtora Norberto Odebrecht foi utilizado forma metálica, e com os dados obtidos foi possível comparar a forma metálica com a forma inflável.

### III. CARACTERIZAÇÃO DAS FÔRMAS INFLÁVEIS PARA ESTACAS PRÉ-MOLDADAS.

Entende-se que não são problemas, mas características inerentes de sua utilização: com o uso normal, ao longo da vida útil do produto, por conta da pressão de enchimento e do calor gerado pela cura do concreto, a forma vai sofrendo uma deformação dimensional, dilatando gradualmente a cada utilização. Isso significa que, no início da utilização, o diâmetro da fôrma deve ser um pouco menor e consequentemente o consumo de concreto por estaca será maior; na metade da vida útil da forma a utilização será otimizada; e no final de sua vida útil, o diâmetro será dilatado, com menor consumo de concreto.

Outra característica é que a fôrma inflável requer o uso de espaçadores, que garantem o posicionamento ideal da fôrma dentro da armadura metálica, ou seja, o diâmetro da fôrma deve ser concêntrico ao da armadura, e consequentemente, concêntrico ao da estaca a ser fabricada; e como tais espaçadores são posicionados em distâncias regulares uns dos outros como visto logo abaixo, pode ser que esses vão possibilitar um *embarrigamento* da forma, por conta da pressão interna.

Figura 3 – Espaçadores de concreto



Fonte: Autor, 2007.

## V. Outras utilizações

### IV. Tipo de Desmoldante aplicado

É utilizado um desmoldante para que a fôrma não venha a aderir ao concreto, pois isto acarretaria na queda de produtividade e durabilidade da mesma.

O desmoldante adequado deve possuir compatibilidade química com o PVC, ou seja, preferencialmente à base de água, ou com componentes que não tenham interação química com a lona de PVC.

Nas obras do terminal Porto de vila do Conde (companhia docas do Pará – CDP) e o terminal de descarga de barcas do terminal graneleiro de Barcarena- PA 2010, foi utilizado o desmoldante Ortolan 710 da MC - Bauchemie, como mostra a aplicação na Figura 2, ele é universal servindo tanto para formas dos pré-moldados, quanto para formas de concretagem “in loco”.

Figura 4 – Aplicação de desmoldante



Fonte: Eng Ademar J. Coradini Jr.

Por se tratar de um produto fabricado em material flexível e muito específico, necessita de conhecimento no manuseio com esse tipo de material.

A lona, por si só, apesar de suas características de alta resistência à abrasão e puncionamento, é suscetível a rasgos e furos. Além disso, a vida útil pode ser comprometida por conta de pressão interna excessiva, e calor externo em excesso (ocasionado pela cura do concreto). Assim sendo, a Sansuy tem uma estimativa média de 20 reutilizações para cada fôrma inflável.

Para execução desse método é construída uma laje de fundação tipo radier como mostrado na Figura 16, e deixado um tubo de ar para que seja inflada a fôrma como visto na Figura 17, a partir da finalização da laje é acoplado a fôrma inflável que é fabricada tamanho apropriado a laje, é colocado sobre a base do anel conforme corte visto na Figura 15. Usando ventoinhas, que é inflada e a fôrma inflável cria a forma da estrutura a ser concluída.

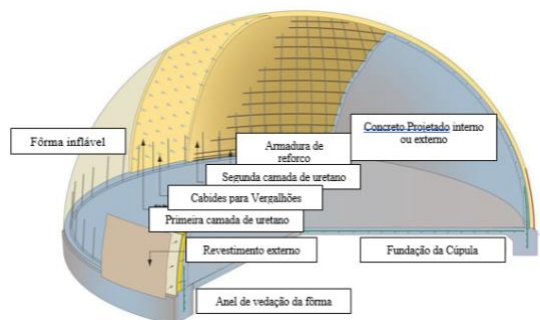
Os ventiladores funcionam durante a construção da cúpula. É lançada uma Espuma de Poliuretano - A espuma de poliuretano é aplicada à superfície interior da fôrma inflável. A entrada na estrutura de ar é feita através de uma câmara de ar de porta dupla que mantém a pressão do ar no interior a um nível constante. Aproximadamente três centímetros de espuma são aplicados. A espuma é também a base para a fixação do vergalhão de reforço.

O aço de reforço está ligado à espuma usando um layout especialmente projetado de aro horizontal e vertical.

Para pequenas cúpulas aplica-se barras de pequeno diâmetro, com espaçamento maior. As grandes cúpulas exigem barras maiores com menor espaçamento.

O concreto projetado é aplicado à superfície interior da cúpula conforme Figura 18. Os vergalhões de aço são embutidos no concreto, e cerca de três centímetros de concreto projetado é aplicado, o *Monolithic Dome* está terminado. As ventoinhas são desligadas após o concreto estiver com sua forma definida.

Figura 5 – Detalhe do corte de uma casa em estrutura monolítica



Fonte: MONOLITHIC (Monolíticos Dome Homes)

## VI. Forma metálica para Estaca

Sendo de amplo conhecimento técnico, o uso das fôrmas metálicas em pátios de construções industrializadas visa responder à necessidade de acabamento perfeito, tendo uma repetição em larga escala na atividade.

Sendo de fácil remoção por algum tipo de equipamento devido ao peso próprio do material agregado, esse tipo de fôrma necessita de colaboradores com conhecimento em materiais metálicos, pois o mau manuseio pode acarretar danos irreversíveis à mesma, tornando-se inviável o reaproveitamento deste material.

Figura 6 – Forma interna metálica para estaca pré-moldada.



Fonte: Autor.

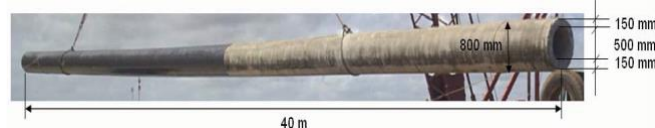
Essas fôrmas internas são módulos de 2,00m de comprimento, feitos com chapa calandrada de 1/8" de espessura, fixados na sua forma definitiva através de parafusos produzidos para este fim, travados com o auxílio de tubos de PVC, porcas e arruelas.

Após a fixação de cada módulo de fôrma interna, estes são unidos através de encaixes tipo macho e fêmea, onde suas juntas são calafetadas por lona

plástica preta como visto na Figura 26, para evitar a entrada de nata durante a concretagem.

Essas estacas após concretadas ficam com as dimensões de 800 mm de diâmetro total, 500 mm de diâmetro interno e 150 mm de capa, conforme mostra a Figura 27 e já prontas para serem utilizadas na frente de serviço.

Figura 7 – Estaca pronta, sendo içada



Fonte: Autor.

## VII. REFERÊNCIAS

- CONN, Nathan A. Means for forming voids in precast concrete structural members, Agosto 1960. Disponível em: <<http://pdfpiw.uspto.gov/piw?docid=02949658&PageNum=1&&IDKey=41C007D61529&HomeUrl=http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO1%2526Sect2=HITOFF%2526d=PALL%2526p=1%2526u=%25252Fnethtml%25252FPTO%25252Fsrchnum.htm%2526r=1%2526f=G%2526l=50%2526s1=2949658.PN.%2526A000000.PN.%2526OS=PN/2949658%2526BOR%2526BPN/A00000%2526RS=PN/2949658%2526BOR%2526BPN/A000000>> Acesso em 20 ago 2021.
- CONCRETE CONSTRUCTION STAFF. **Concrete Construction**, setembro de 2008, Inflatable Form Search, Disponível em: <<http://www.concreteconstruction.net/construction/problem-clinic.aspx>>. Acesso em: 17 out 2021.
- CONCRETE CONSTRUCTION STAFF, Formwork: a Big Balloon. **Concrete Construction**, abril 1988. Disponível em: <[http://www.concreteconstruction.net/Images/Formwork\\_%20a%20Big%20Balloon\\_tcm45-348686.pdf](http://www.concreteconstruction.net/Images/Formwork_%20a%20Big%20Balloon_tcm45-348686.pdf)>. Acesso em: 17 out 2021.
- COMPOSITES & POLYCON 2009, American Composites Manufacturers Association, January 2009. Disponível em <<http://www.maine.gov/mdot/tr/documents/pdf/FRP>

Arch Behavior of Rigidified Composite Arches-ACMA\_C&P\_2009.pdf>. Acesso em 27 de abril de 2022.

COMPOSITES TECHNOLOGY, Formwork: Bridge cost cut with inflatable arches. **Composites Technology**, abril 2009. Disponível em: <<http://www.compositesworld.com/articles/bridge-cost-cut-with-inflatable-arches#>> Acesso em: 10 jan 2022.

HALE, Loren E. Inflatable form for concrete structures, Novembro 1984. Disponível em: <<http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO1&Sect2=HITOFF&d=PALL&p=1&u=/netahtml/PTO/srchnum.htm&r=1&f=G&l=50&s1=4723751.PN.+A000000.PN.&OS=PN/4723751+OR+PN/A000000&RS=PN/4723751+OR+PN/A000000>> Acesso em 20 ago 2022

HURD, Mary K., Formwork Concrete. 7. ed. American Concrete Institute, 2005.

\_\_\_\_\_. Bridges and Culverts Shotcreted over Inflated Forms. **Concrete Construction**, Abril 1988. Disponível em: <<http://www.concreteconstruction.net/concrete-articles/bridges-and-culverts-shotcreted-over-inflated-for.aspx>> Acesso em: 17 out 2021.

\_\_\_\_\_. Earth-Sheltered Residences Built Over Inflated Forms. **Concrete Construction**, Abril 1988. Disponível em: <[http://www.concreteconstruction.net/images/Insulated%20Domes%20Built%20over%20Inflated%20Forms%20for%20Bulk%20Storage\\_tcm45-346162.pdf](http://www.concreteconstruction.net/images/Insulated%20Domes%20Built%20over%20Inflated%20Forms%20for%20Bulk%20Storage_tcm45-346162.pdf)> Acesso em: 17 out 2021.

MONOLITHIC, Monolíticos Dome Homes. Disponível em: <<http://www.monolithic.org/topics/homes>> Acesso em: 30 mar 2021