



PRINCIPAIS VANTAGENS DO USO DE CONSTRUÇÃO MODULAR DE CONCRETO ARMADO, PARA HABITAÇÕES POPULARES

Main Advantages Of The Use Of Modular Construction Of Reinforced Concrete, For Popular Housing

Sebba, P. ¹; Santos, R. S. ²

Graduandos, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

Roriz, T. R. P. ³

Professor., Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil

¹ professorpaulororiz@gmail.com; ² arthur.sebba@gmail.com; ³ ruancks@outlook.com

RESUMO: As diferentes tecnologias utilizadas na construção civil, abrem possibilidades para que estudos de viabilidade sejam feitos, de modo a encontrar o mais eficaz e econômico método construtivo, comparando e analisando determinados fatores como prazo e custo. O método construtivo modular em concreto armado, está entre essas tecnologias no setor, que podem favorecer em diversas situações, novas soluções de moradias em todo o Brasil. O presente trabalho tem como finalidade elaborar uma análise da inserção do método construtivo modular para criação de casas de padrão popular. A pesquisa foi desenvolvida através de coleta de dados com empresas especializadas sobre o modelo proposto, atentando-se também, às normas regulamentadoras que permitem que a construção modular seja realizada de maneira correta, tal como o auxílio de materiais complementares disponíveis. Através do estudo realizado, será possível analisar a viabilidade do método construtivo modular, comparado ao método mais utilizado no Brasil atualmente, a alvenaria convencional. Como resultado, conclui-se que o método modular apresenta vantagens no cronograma da obra. Apesar de, inicialmente, parecer menos vantajoso, resulta em uma maior economia de recursos ao final do processo.

Palavras-chaves: Construção civil, Pré-fabricados, Paineis Modulares, Casa Popular, Painel Alveolar

ABSTRACT: The different technologies used in civil construction open up possibilities for feasibility studies to be conducted in order to find the most effective and economical construction method, comparing and analyzing certain factors such as time and cost. The reinforced concrete modular construction method is among these technologies in the sector, which can favor, in several situations, new housing solutions throughout Brazil. The present work aims to elaborate an analysis of the insertion of the modular construction method to create popular standard houses. The research was developed through data collection with specialized companies about the proposed model, also paying attention to the regulatory norms that allow the modular construction to be carried out correctly, as well as the help of complementary materials available. Through this study, it will be possible to analyze the viability of the modular construction method, compared to the most commonly used method in Brazil today, conventional masonry. As a result, it can be concluded that the modular method presents advantages in the construction timetable. Although initially it may seem less advantageous, it results in greater savings of resources at the end of the process.

Keywords: Civil Construction, Prefabricated, Modular Panel, Popular House.

Área de concentração: Construção Civil

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho, pretende principalmente, mostrar com dados concisos, o quão vantajoso é optar pelo método construtivo modular em relação ao método construtivo tradicional (estrutura de concreto armado com fechamento em alvenaria). Analisando dados reais, realizando estimativas e estudos preliminares, será mostrado por meio deste, que, a construção modular é um fenômeno que vem se mostrando cada vez mais vantajoso na grande maioria dos aspectos estudados.

O método foi criado “oficialmente” em 1908, porém conquistou o mercado principalmente no período pós Segunda Guerra. Mas ainda assim, não se tornou muito popular no Brasil, por este motivo, será feita uma análise para que se crie uma discussão acerca desta “nova tecnologia”, tendo em vista que esta, apresenta uma alternativa para desafios importantes na Engenharia Civil, tais como: custo, prazo e qualidade na execução.

O método modular, se mostra, ao longo da pesquisa, sendo muito mais vantajoso se diante de uma grande produção. Ou seja, a maior produção de moradias populares, justificável pela alta demanda habitacional, possibilita uma construção de conjuntos habitacionais em massa e, para estes casos, o método se torna o mais ideal e vantajoso.

Ao mesmo tempo, a estagnação dos métodos de construção civil que, no Brasil, são os mesmos há pelo menos 50 anos, abre-se uma discussão de como esse processo construtivo é vantajoso. Utilizando dados reais e algumas estimativas para uma visão mais ampla do que se está sendo proposto, serão utilizados como base de dados, a reunião dos principais parâmetros de desempenho e qualidade (NBR 15.577/2015); o procedimento de estruturas de concreto (NBR 6118/2004); norma da qualidade (NBR 9062/2017); norma sobre divisórias leves internas moduladas (NBR11675/2016), etc.

Neste artigo, serão levantados custos e prazos necessários além das produtividades de mão de obra para este tipo específico de serviço. Estes dados, coletados por orçamentos reais de casas populares e por estimativa feita a partir de pesquisa de mercado. O comparativo dos dois métodos será realizado primeiramente em etapas específicas da construção e

posteriormente serão elencadas as principais vantagens da utilização do método de Construção Modular, para a execução de casas populares.

2 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Através da revisão bibliográfica realizada, foi possível destacar algumas vantagens e desvantagens a respeito do uso do método de construção modular, se comparado com o método construtivo tradicional. Conforme El Debs (2000), é importante lembrar que para garantir tais benefícios, é de suma importância respeitar todas as etapas do processo de implantação do método construtivo como:

- Respeito a filosofia do sistema;
- Padronização e repetição dos elementos;
- Coordenação modular
- Uso de detalhes simples
- Consideração nas tolerâncias dimensionais;
- Minimização no número de ligações;
- Utilização de elementos na mesma faixa de peso;

Dentre as vantagens, podem ser destacadas, tanto o conforto térmico e acústico quanto a economia do tempo de execução em obra, já que as peças são previamente fabricadas e montadas *in loco* com maior velocidade, principalmente, se tendo em conta a aplicação na construção de casas populares em larga escala, onde se torna ainda mais significativa a distância de prazos. É possível também apontar uma diminuição da mão de obra por se tratar de um esquema de montagem mais prático em relação ao tradicional, com um trabalho mais especializado e usando matéria-prima selecionada, garantindo um produto final de grande qualidade. Pode ser notado também a redução de resíduos e desperdícios de materiais, já que os componentes são pré-fabricados, evitando cortes, ajustes ou demolições durante o andamento da obra, tornando assim um modelo mais sustentável.

Por outro lado, conforme Mello et al (2015), observa-se como desvantagens a limitação na arquitetura de empreendimentos, tidos como modelo, a construção modular. Ainda há uma metodologia de padronização das peças pré-fabricadas, dando destinação apropriada para construções em grande escala, de mesmo modelo, como é o caso de casas populares. Além disso, também é visto como um empecilho do método, o transporte dos

componentes até o canteiro de obras. Os módulos necessitam de grandes cuidados no transporte das fábricas até a obra, a fim de evitar danos as peças, como trincas, cortes ou qualquer outro problema do tipo.

3 METODOLOGIA

O objetivo do presente artigo foi realçar as principais vantagens de se construir pelo método modular. Para isso, foi analisado parte do orçamento real de uma casa popular, construída pelo método tradicional, da qual foram destacados pontos-chave do orçamento e do cronograma, seguindo as exigências da AGEHAB (Agência Goiana de Habitação).

A casa popular analisada possuía as seguintes características: 42,43m² de área construída, fundação de sapatas corridas, estrutura em concreto armado moldada *in loco*, tempo de construção foi de 4 meses e o custo unitário da casa ficou em R\$61.364,00 sem contar o valor do lote.

A partir destas informações, foi executado um estudo analítico, para se comparar principalmente dois fatores: estrutura e fechamento/divisórias. Tendo em vista que a fundação teve que ser executada de forma tradicional, não foi analisado este tópico, pois o mesmo não faria diferença no orçamento, tampouco no cronograma da casa modular.

Foi necessário, também, analisar alguns fatores como instalações elétricas e hidrossanitárias, conforto térmico e acústico, método de montagem das peças de concreto e o acabamento utilizado nos pisos e paredes.

Para a análise comparativa financeira dos dois métodos, foi feita uma abordagem não tão equiparada que contenha o lucro dos dois lados. Claramente que é um fator importante no meio, porém não foram fornecidas informações suficientes para esta análise, assim este trabalho não vai se basear nestes tópicos.

É conhecido que não se pode comparar dois orçamentos com base em cálculos diferentes (um contendo lucro/BDI e o outro sendo o preço bruto). Porém não foi fornecida pela empresa responsável pelos painéis alveolares, uma planilha mais detalhada com as composições e serviços embutidos no valor. Independente desta ocasião, é possível ver ainda com mais clareza como o método proposto é mais vantajoso, mesmo sendo comparado com certa “desvantagem”.

Também foi necessária uma pesquisa de mercado com empresas do ramo, não só do estado de Goiás, para melhor entendimento do mercado. Foram consultadas duas empresas de referência no mercado de painéis alveolares, para melhor e mais prático entendimento de valores, padrões, cronogramas, etc.

3.1 FABRICAÇÃO

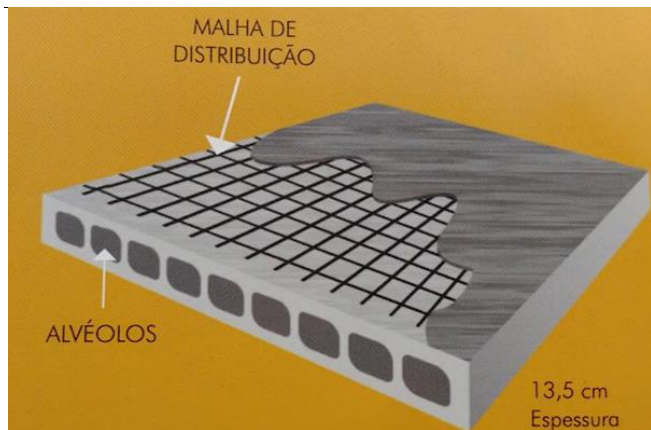
O processo de construção modular inicia-se na fabricação dos elementos (estrutura e fechamento), estes sendo 100% industrializados. A padronização destes elementos é peça-chave para a qualidade do produto (eficiência estrutural e ganho em custo final). Essa industrialização resulta em uma redução significativa de horas de mão de obra na construção.

Ao analisar o método construtivo que utiliza de paredes pré-fabricadas como solução de fechamento (substituindo a alvenaria tradicional), percebe-se que este, de acordo com a empresa Premo Construções e Empreendimentos S.A. (uma das maiores indústrias de pré-fabricados do Brasil), demoraria cerca de 3 horas para ser concluída, em uma construção de padrão popular (Padrão Minha Casa Minha Vida). Por outro lado, a alvenaria tradicional utilizada na mesma casa, de acordo com o cronograma da empresa X, gastaria semanas para ser concluída, contando, é claro, que a equipe inteira não trabalharia apenas nessa frente de serviço.

O sistema de fabricação destes elementos, basicamente, consistiu em uma modelagem industrial que utilizou de formas fabricadas em chapas de aço. O resultado foi um acabamento impecável, no produto final. Suas medidas, puderam ser ajustadas por essas formas, conforme a necessidade do projeto, gerando, assim, uma padronização quanto à qualidade. Foi possível verificar que, ao mesmo tempo, as formas metálicas permitiram uma maior flexibilidade na produção.

A fabricação dos painéis alveolares foi feita a partir de concreto armado, onde se posicionou uma malha de distribuição em aço, a garantir a movimentação do concreto, conforme a figura 1, sem que o painel se trincasse.

Figura 1 – Esquema da composição de um painel alveolar de concreto armado com malha de distribuição.



Fonte: Marcia Sena Arquitetura e Paisagismo (2013).

Os painéis em questão possuem as seguintes especificações: painéis alveolares pré-moldados de concreto armado, 13cm de espessura, pé direito de 2,80m, comprimento máximo de 6m (restrição dada por norma para manuseio e transporte mais adequados).

Na fabricação, é utilizado o concreto autoadensável, massa $\mu=2.250\text{kg/m}^3 (\pm 50)$, resistência característica à compressão de 30MPa e consistência mínima igual a 600mm, com adição de fibras de polipropileno e armaduras podendo ser do tipo simples e centralizada, ou dupla a depender do projeto. Na desenforma, a resistência mínima necessária é de 8MPa, após essa etapa, os painéis precisam passar por um processo de cura, conforme a figura 2, por pelo menos 48 horas para depois serem levados para a obra.

Figura 2 – Produção industrial de painéis alveolares.



Fonte: Clube do Concreto (2014).

3.2 MONTAGEM

De acordo com El Debs (2017), com relação à montagem de painéis pré-fabricados, é indispensável que se tenha uma estratégia prévia, para a montagem deste tipo de construção. Fatores como condições de acesso e sequenciamento da montagem, devem ser

observados e descritos em projeto, para maior assertividade.

A Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto (ABCIC), prevê que sejam seguidos procedimentos conforme o manual de planejamento de montagem, lançado em 2019.

Antes da montagem, foi de suma importância ter um planejamento logístico dos módulos, desde sua chegada ao canteiro de obras até a montagem dos módulos, sendo necessário um *layout* adequado, para seu transporte, deslocamento e armazenamento.

A montagem dessa casa popular se iniciou com uma viga baldrame feita de blocos de concreto do tipo calha, ligada à sapata, de tal modo que os painéis se encaixaram na calha. Cada sapata correspondia ao ponto de encontro de dois painéis. A junção destes funcionava da seguinte forma: do lado interno, ambos se conectavam pelas suas quinas, já externamente, utilizavam-se chapas de aço que “abraçavam” o pilar. Estas chapas tinham a função meramente de acabamento. Juntamente com o pilar utilizaram-se parafusos para solidarizar as placas ao pilar, e, conseqüentemente à sapata.

A montagem dos painéis alveolares se deu através de um processo chamado chaveamento, que consistia em criar uma coesão entre dois painéis, através do preenchimento, com betão de solidarização (em alguns casos, usa-se calafete com mastique de silicone), das juntas longitudinais dos mesmos, em um processo similar ao grauteamento. Adicionalmente, uma camada de betão armado, conforme a figura 3, na parte que tem contato com a laje, com fins de proteção sísmica que, futuramente, evitaria trincas na região dessas juntas.

Figura 3 – Detalhe da junta dos painéis.



Fonte: Análise de produção, junta de dilatação (2013).

Em alguns pontos, os painéis foram solidarizados, através de elementos metálicos galvanizados e juntas calafetadas com silicone, que fizeram todo o trabalho de vedação. O posicionamento final dos painéis, no caso de elementos pré-moldados/fabricados, teve que ocorrer, na obra, com o uso de máquinas e equipamentos, utilizando pontos de suspensão indicados no projeto para evitar futuros danos na peça.

3.3 INSTALAÇÕES

Conforme sugere *Smith* (2010), os serviços gerais que atendem a residência popular: instalações elétricas e hidráulicas, foram locados em projeto, antes mesmo da etapa de transporte, para os módulos de concreto. A instalação elétrica assemelha-se, em alguns aspectos, ao sistema construtivo convencional. Utilizando conduítes, as instalações foram distribuídas em sentido vertical, devido à utilização de painéis alveolares para o fechamento da casa, não é necessário acabamento para se cobrir as instalações, tanto elétricas quanto hidráulicas, uma vez que essas se localizam no interior dos painéis como indicado na figura 4.

Figura 4 –Passagem de tubulação hidráulica nos painéis.



Fonte: R4 tecnologias (2021).

Apesar da facilidade no acabamento dessas instalações, o posicionamento dos pontos elétricos e hidráulicos seriam os mesmos para ambos os métodos construtivos, uma vez que o que dita o dimensionamento e a execução de tais fatores, é a demanda pessoal de água e eletricidade e não a posição ou o material que a envolve.

3.4 CONFORTO TÉRMICO E ACÚSTICO

Foi proposta por *Barton* (2002), a utilização de painéis alveolares em um sistema de ventilação tratado como ar insuflado, onde grandes dutos captavam o ar externo e os conduziam para uma rede de fendas (no caso os alvéolos do painel em estudo). A conclusão do método foi uma significativa atenuação da variação de temperatura interna do ambiente, independente da área de secção do painel.

Sendo assim, uma casa popular que contém fechamento em painéis alveolares, apresentaria, da mesma forma, uma pequena variação de temperatura, tornando o ambiente mais confortável, do ponto de vista térmico, independente do clima externo, logicamente que o mesmo afeta bastante a temperatura interna, mais ainda se não houver o uso de ar condicionado. Mas, pelos resultados do teste de *Barton*, os painéis alveolares são uma solução bastante eficiente para o quesito térmico.

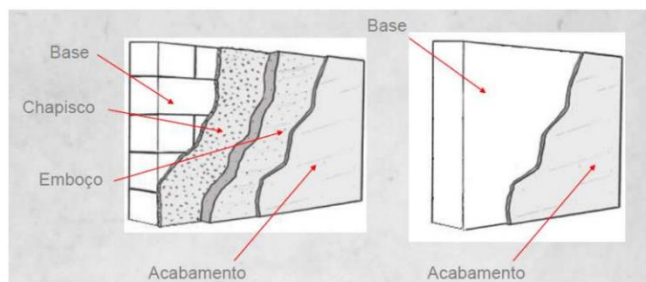
O conforto acústico também é um ponto forte e reconhecido dos painéis alveolares, devida presença de ar dentro dos alvéolos. Pode ser ainda mais eficaz, se forem preenchidos com material isolante, no interior dos alvéolos, tais como: lã de rocha, espuma ou isopor.

3.5 ACABAMENTO

O bom acabamento superficial dos painéis alveolares é proporcionado por um abatimento do concreto, determinado pela NBR 7215, norma 67, que define o mesmo sendo superior a 240mm. O teor de argamassa definido pelo procedimento, conforme descrito em Helene e Terzian (1992), prioriza uma boa trabalhabilidade do concreto, sendo este coeso e sem exsudação, ou seja, sem o fenômeno migratório da água existente na composição para a superfície, água que gera consigo uma “nata” de cimento na superfície.

Tal acabamento dispensa, na etapa da pintura, o lixamento, um maior gasto de massa corrida (reduz o número de demãos, sendo uma, o suficiente) e, conseqüentemente, reduz o tempo de pintura. Conforme a figura abaixo, é possível entender a diferença de acabamento dos dois métodos.

Figura 5 – Diferença de acabamento em alvenaria comum e em painéis pré-fabricados de concreto.



Fonte: Análise de produção, moldagem e execução de painéis alveolares (2013).

3.6 ARMAZENAMENTO E IÇAMENTO

Para garantir a qualidade das peças, tanto no aspecto físico quanto na integridade das mesmas, são necessários diversos cuidados em situações transitórias. É muito importante atentar-se ao fato de que para a utilização de painéis alveolares de concreto, existem normas a serem seguidas, que garantam que as situações transitórias e a estocagem, não afetem a integridade das peças. O processo de transporte e cuidado com os painéis é tão importante quanto a sua instalação em si.

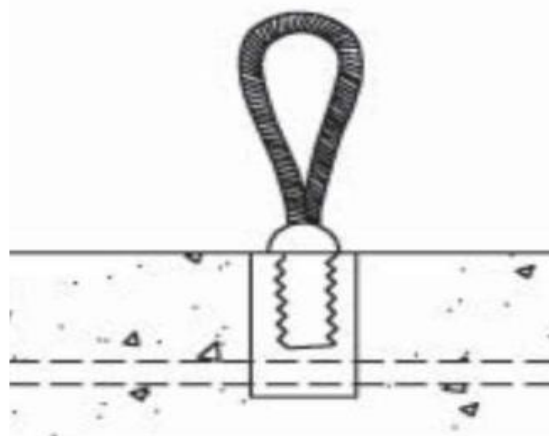
De acordo com Melo (2004), os painéis de parede alveolares, devem ser armazenadas horizontalmente, com calços de madeira entre os painéis respeitando uma distância de 30cm de cada extremidade, assim como

também na posição vertical, porém garantindo sempre que a borda inferior esteja bem protegida e calçada.

A NBR 9062/2017, já prevê a utilização de alças e pinos como ligações temporárias. Então, uma vez que os painéis estão nos pallets, o caminhão Munck é carregado, para executar o transporte e, futuramente o posicionamento, dos módulos. Ainda sobre a norma citada, a mesma diz que elementos pré-moldados necessariamente devem ser suspensos por máquinas, equipamentos e acessórios apropriados em pontos de suspensão localizados nas peças de concreto perfeitamente definidos em projeto, ainda evitando-se choques e movimentos abruptos.

Um estudo realizado por Silva e Silva (2004), se refere a estes pontos de suspensão como sendo, *inserts* de içamento. Ancoragens aparafusadas no formato de elo, alça de cabo de aço, ou encaixe para gancho, sendo o mais utilizado o de alças de cabo de aço como mostrado na figura 6.

Figura 6 – Detalhe de alça de cabo de aço para içamento de painéis.



Fonte: Painéis de vedação (2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Shen (2009) demonstra os benefícios econômicos e ambientais da substituição de recursos da construção tradicional para o de painéis alveolares, através de dados coletados e estatísticas tiradas de um estudo de caso. Os resultados apontam que estes painéis são viáveis e alcançam valores (em termos de custos) entre 43% e 70%, variáveis conforme o porte do empreendimento e a escala de produção do módulo.

Com embasamento de pesquisa de mercado, foi possível deduzir que a velocidade de construção, em se tratando de montagem de painéis alveolares, é de aproximadamente 100m²/dia, desde que o material já esteja na obra e a equipe já esteja mobilizada.

Tendo o objeto de estudo como uma casa popular de 42m² de área construída e aproximadamente 150m² de alvenaria e divisórias, pode-se concluir que a montagem da mesma, uma vez que sua fundação e estrutura já estivessem posicionados, levaria apenas 1,5 dias de trabalho.

Para a instalação destes painéis, seriam necessários dois pedreiros com o custo médio de R\$65,26/m² cada e um ajudante com o valor de R\$24,01/m².

Pelo método tradicional, foi possível simular a construção das paredes com metragem de 150m² de alvenaria e concluir que dois pedreiros e um ajudante construiriam a alvenaria da casa em estudo, em aproximadamente 5,5 dias.

No orçamento real analisado da construção de 30 casas, constatou-se que, pelo método tradicional, tal frente de serviço levaria 60 dias para ser concluída, segundo o cronograma real da obra. Em contrapartida, se as casas fossem de paredes alveolares, as 30 casas levariam, aproximadamente, 45 dias para serem concluídas, o que significaria uma redução de 15% do tempo estimado no cronograma.

Ao analisar o preço dos materiais utilizados para a construção tradicional desta alvenaria, obteve-se um valor aproximado de materiais de R\$10.221,18. Com o custo da mão de obra necessária, o valor total seria de R\$20.358,18/unidade habitacional.

MÃO DE OBRA				
Serviço	Quant.	Preço/m ²	Preço execução de 150m ²	
Pedreiro com encargos	2	130,52	9789	
Ajudante com encargos	1	24,01	432,18	
MATERIAL				
Insumo	unidade	quantidade por m ²	Preço por m ²	Preço total execução de 150m ²
Argamassa traço 1:2:8	m ³	0,0134	8,13	1219,5
bloco ceramico vazado	und	56,6	59,45	8917,5
TOTAL				20358,18

Fonte: Próprio autor (2022).

Pelo método de alvenaria alveolar, o resultado para a construção dos 150m² de alvenaria seria de aproximadamente R\$33.000,00/unidade habitacional.

Contando como um serviço terceirizado, é importante frisar que existe uma margem de lucro que foi considerada, pela empresa que executa o serviço. Enquanto a mesma não foi aplicada na composição da tabela acima.

Pela composição completa dos serviços de produção e montagem da alvenaria de painéis alveolares, leva-se em consideração: preço de produção dos módulos, transporte, instalação, custos com caminhão Munck, operadores, mão de obra especializada e logicamente, o preço dos materiais. Pelo fato de a cotação ter sido feito por uma empresa terceirizada, novamente o orçamento final é ainda onerado pelo lucro da mesma.

Mas mesmo que o preço do primeiro método seja sem BDI ou lucros na base de cálculo e o do segundo seja com estes fatores, é bem claro que, a priori, o método modular seja economicamente desvantajoso, em relação ao método tradicional.

Porém, com uma redução de 15% do tempo, o preço elevado em pouco menos de 40% não é algo desproporcional devida às vantagens já apontadas deste método. Além do que, se elevarmos a análise para um parâmetro macro, a conclusão muda de direção.

Na construção de 30 casas populares pelo método modular, por exemplo, a quantidade de dias economizados seriam, mantendo a equipe de 2 pedreiros e 1 ajudante, de 15 dias. Considerando que, neste empreendimento, utilizou-se o método tradicional, mesmo que o número de colaboradores seja desconhecido, a informação contida no documento, é que o custo total da obra (sem considerar o BDI), seria de R\$2.120.416,00. De acordo com o cronograma da empresa, é estimado um prazo de 60 dias para a execução desta frente de serviço. Abaixo a parte do cronograma mostra o momento e a duração deste serviço na obra.

CRONOGRAMA MÓDULO DE CONSTRUÇÃO - 30 UH													
ITEM / BANCO		DESCRIÇÃO	CUSTO	PESO	MÊS-1			MÊS-2			MÊS-3		
CÓDIGO		DE	TOTAL	%	SMP %	ACUM %	SMP %	ACUM %	SMP %	ACUM %	SMP %	ACUM %	
AREA CONSTRUIDA: 42,43M2													
AREA MEDIA DOS LC 200,00M2													
PRAZO DE OBRA: 4 MESES													
ENDEURO: DIVERSOS													
RT ORÇAMENTO: WALQUÍRIA OLIVEIRA PIRES CREIA-GO Nº 15.124/D													
DATA DO ORÇAMENTO:													
DATA DE REVISÃO:													
DATA BASE SINAPI:													
DATA BASE GOINFRA:													
BDI:													
VIL5		ALVENARIAS E DIVISÓRIAS	R\$ 202.305,30	9,54%			R\$ 141.613,71	70,00%	R\$ 60.691,59	30,00%			
VIL6		IMPERMEABILIZAÇÃO	R\$ 91.983,30	4,34%	R\$ 82.784,97	90,00%			R\$ 9.198,33	10,00%			
VIL7		ESTRUTURA METÁLICA	R\$ 194.081,40	9,15%			R\$ 97.040,70	50,00%	R\$ 97.040,70	50,00%			
VIL8		COBERTURAS	R\$ 80.158,80	3,78%			R\$ 40.079,40	50,00%	R\$ 40.079,40	50,00%			
VIL9		ENQUADRIAS METÁLICAS	R\$ 138.826,40	6,59%					R\$ 97.878,48	70,00%			
VIL10		VIDROS	R\$ 17.657,70	0,83%									
VIL11		REVESTIMENTO DE PAREDES	R\$ 133.384,50	6,29%			R\$ 53.953,80	40,00%	R\$ 66.692,25	50,00%			
VIL12		FORROS	R\$ 40.097,10	1,89%					R\$ 8.019,42	20,00%			
VIL13		REVESTIMENTO DE PISO	R\$ 100.458,30	4,74%					R\$ 40.183,32	40,00%			
VIL14		PINTURA	R\$ 88.815,90	4,19%					R\$ 17.763,18	20,00%			
VIL15		DIVERSOS	R\$ 3.928,50	0,19%									

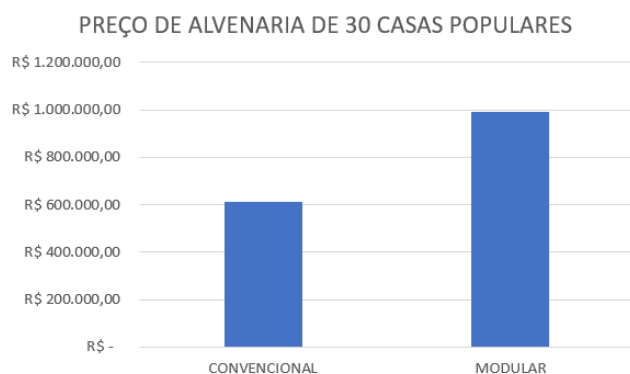
Fonte: Empresa X (2022).

No entanto, pelo método de painéis alveolares, a empresa especializada, garante, em um empreendimento deste porte, uma economia de 15 dias somente nessa frente. Ainda possuindo agilidade em uma outra frente não mencionada que seria a da pintura de acabamentos.

Analisando o custo diário para o funcionamento desta obra do método tradicional, obtém-se a um valor, que multiplicado por 15 dias, pode chegar em R\$265.052,12 reais de economia somente nesta frente.

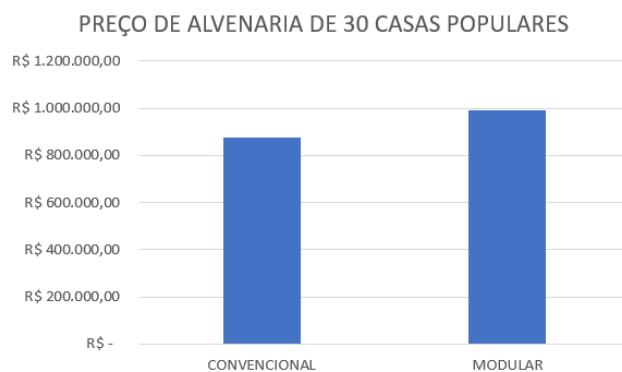
Sabe-se que o tempo de uma obra vai muito além do valor gasto, com essa economia de 15% de tempo, uma construtora encontra mais tempo para realizar outras obras ou até repetir o processo em outras áreas. Vale também ressaltar que com a análise feita, pode-se concluir que o preço praticamente se equipara, ainda mais analisando em um empreendimento de maior escala.

Basta entender que pelo método tradicional, o valor de 30 alvenarias e divisórias para as casas populares seria de R\$610.740,00 enquanto o preço pelo método modular seria em torno de R\$990.000,00. Resultando neste gráfico de barras comparativo.



Fonte: Próprio autor (2022).

Porém quando se aplica a economia citada anteriormente e soma-se com o valor do método convencional, entendendo que o valor deste método também tem despesas de 15 dias de obra a mais. Independentemente de quais outras frentes sejam, percebemos o seguinte fenômeno:



Fonte: Próprio autor (2022).

Uma diferença de R\$114.208,00, bem menor do que a inicial, novamente tendo em mente que a convencional não possui BDI ou lucro embutido em sua base de cálculos, enquanto a modular possui. Deste modo ainda há mais valor a se abater desta diferença, fazendo com que o método proposto, tenha ainda maior viabilidade.

5 CONCLUSÕES

Como esperado, o resultado final do estudo comprova que, mesmo com todas as vantagens e economias geradas pelo método modular, o custo bruto total, se utilizado o método tradicional, ainda é inferior ao custo final do método proposto.

Apesar da descoberta de novos métodos e tecnologias construtivas a serem aplicadas à Engenharia Civil, o Brasil, naturalmente, ainda tende a utilizar os modelos convencionais, que vêm sendo aplicados com mais frequência, no mercado. O contexto histórico das construções, no país, tornou-se fator determinante para uma especialização limitada da mão de obra, com a busca da qualificação dos serviços relacionados ao método tradicional, deixando em segundo plano, novos modelos construtivos.

De qualquer forma, vale ressaltar que na prática, o método modular se mostrou mais vantajoso, por possuir um fator importantíssimo ao seu favor: o tempo. Este, que não deve ser relevado, uma vez que a redução do tempo de obra não implica somente na redução dos custos diretos, mas, também, nos custos indiretos com a segurança e a administração do canteiro, em geral.

Apesar de estas vantagens estarem restritas ao campo econômico, a Engenharia, no Brasil, tem conseguido

propor meios alternativos, com o uso de criatividade, para tornar o método em estudo mais vantajoso.

O fato de o método modular ser essencialmente mais oneroso, a diferença se dá por custos extras necessários, relacionados aos equipamentos e, principalmente, ao transporte dos painéis.

Um caso ideal para a utilização do método seria a montagem de uma linha de fabricação de painéis, no próprio canteiro de obras. Isso acarretaria uma diminuição significativa do preço final, uma vez que o transporte específico desses painéis de concreto tem um custo bastante relevante, por serem muito pesados e não se encontra um fabricante dessas peças, facilmente, dependendo do local da obra.

Além disso, uma situação em que a construção seja de mais de 30 casas populares, o uso de uma área dentro do canteiro de obras, para comportar uma linha de fabricação de painéis modulares, pode ser bem favorável e possibilitar uma economia significativa de custos. Neste sentido, Alvez e Peixoto (2011) constataram que o método de painéis de concreto armado é mais vantajoso quando se têm uma produção padronizada e feita em grande escala. Com uma grande economia e um menor prazo de execução conforme o número de habitações, crescem as vantagens do método.

O formato vazado dos painéis é uma vantagem para a própria produção, mesmo se comparados com painéis maciços de espessura menores. Primeiramente pelo fator volume de concreto utilizado (uma vez que fazer elementos vazados geram economia de material diante de elementos maciços de mesma espessura), além de gerar um desempenho acústico e térmico que, como citado anteriormente, é uma das grandes vantagens do método (podendo ser potencializado com o auxílio de outros materiais) e é regulamentado pela NBR 15575-1: 2013 – Norma de desempenho e qualidade.

6 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para dar continuidade dos trabalhos nesta área de estudo, recomenda-se um levantamento detalhado dos custos operacionais (diretos e indiretos) para o método construtivo modular em concreto armado, tendo em vista que foram uma das dificuldades encontradas para fornecer todos os dados para orçamento real do método.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **ABCIC.** Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto. Curso Básico Construction – EXPO, 2013.
- **ABNT.** NBR 7215 – Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro. 2019.
- **ABNT.** NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro. 2017.
- **ABNT.** NBR 15575-1 – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro. 2013.
- **AGEHAB** – Agência Goiana de Habitação – Habitação Casa Goiás Social, Memorial Descritivo, GO, 2019.
- **ALVES, C. O.; PEIXOTO, E. J. S.** Estudo comparativo de custo entre alvenaria estrutural e paredes de concreto armado moldadas no local com fôrmas de alumínio. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Curso superior de Engenharia Civil) Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade da Amazônia, Belém, 2011.
- **BARTON, P.; BEGGS, C.B.; SLEIGH, P.A.** (2002). *Theoretical study of the thermal performance of the termodeck hollow core slab system. Applied Thermal Engineering, Oxford*, v.22, n.13, p.1485 – 1499, Sept
- **DEBS, Mounir Khalil El.** Concreto Pré-Moldado: Fundamentos e Aplicações. EESC-USP, São Carlos, SP, 2000.
- **DEBS, Mounir Khalil El.** Concreto Pré-moldado: Fundamentos e Aplicações. [S.l.: s.n.], 2017.
- **HELENE, P.R.L.; TERZIAN, P.** Manual de dosagem e controle do concreto. São Paulo: Pini; Brasília, DF: SENAI, 1992.
- **MELO, C.E.E.** Manual de projeto em pré-fabricados de concreto. São Paulo: Pini. 2004.
- **MELLO.T; PRECELLO.V. A. Z; MASUTTI. G. C.** Estruturas pré-moldadas na construção civil: vantagens e desvantagens de seu uso. 2015. UniCruz, Rio Grande do Sul.
- **SILVA, M.G; SILVA, V.G.** Painéis de Vedação. 2. Ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de siderurgia / centro Brasileiro da construção em aço. Séries Manuais da construção em Aço. 2004.
- **SHEN, L.; TAM, V.W.; LI, C.** *Benefit analysis on replacing in situ concreting with precast slabs for temporary construction works in pursuing sustainable construction practice. Resources, Conservation and Recycling, Amsterdam*, v.53, n.3, p.145-148, Jan. 2009.
- **SMITH, R. E.** *Prefab Architecture: A guide to modular design and construction.* John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, 2010
- **SPADETO, T. F.** Industrialização na construção civil – uma contribuição à política de utilização de estruturas pré-fabricadas em concreto. 2011. 193 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. Espírito Santo. 2011.

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE PUBLICAÇÃO DE PRODUÇÃO ACADÊMICA

Os estudantes do Curso de Engenharia Civil, **ARTHUR MALUF SEBBA**, matrícula 2015.1.0025.0025-6, telefone: (62)9.9903-1096, e-mail 20151002500256@pucgoias.edu.br, e **RUAN SOUZA DOS SANTOS**, matrícula 2018.2.0025.0126-0, telefone: (62)9.9833-7111, e-mail 20182002501260@pucgoias.edu.br, respectivamente, na qualidade de titulares dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autorizam a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado

PRINCIPAIS VANTAGENS DO USO DE CONSTRUÇÃO MODULAR DE CONCRETO ARMADO, PARA HABITAÇÕES POPULARES

gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 15 de junho de 2022.

Assinatura do autor 1: _____



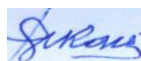
Nome completo do autor 1: **Arthur Maluf Sebba.**

Assinatura do autor 2: _____



Nome completo do autor 2: **Ruan Souza dos Santos.**

Assinatura do professor-orientador: _____



Nome completo do professor-orientador: **Paulo José Mascarenhas Roriz.**