

ESTUDO DA VIABILIDADE DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDE ALVEOLAR DE CONCRETO ARMADO, EM COMPARAÇÃO AO MÉTODO TRADICIONAL: UM ESTUDO DE CASO¹

STUDY OF THE FEASIBILITY OF THE CONSTRUCTIVE SYSTEM OF REINFORCED CONCRETE HOLEBALL WALLS, COMPARED TO THE TRADITIONAL METHOD: A CASE STUDY¹

SANTOS, José Carlos Ferreira²
SOUSA, Neurajany Brito³
OLIVEIRA, Ana Paula⁴

RESUMO

Os elementos de paredes alveolares de concreto armado têm ganhado espaço no mercado de construção civil, apresentando importantes avanços nos aspectos construtivos. Dessa forma, esse artigo tem por objetivo realizar um estudo de caso verificando a viabilidade do sistema construtivo de parede alveolar de concreto armado, em comparação ao método tradicional. Para isso, foi utilizado, como base de estudo, uma edificação composta por quatro apartamentos de médio padrão, localizada no município de Inhumas-GO, construída pelo método de paredes alveolares de concreto armado. Para fins de comparação, foi considerada uma obra de forma fictícia, de mesmas características, construída pelo método de paredes convencionais de blocos cerâmicos. Ao final, foi possível concluir que o método construtivo de paredes alveolares de concreto armado se tornou o mais vantajoso com o lucro que chega a cerca de R\$80.376,49 mil reais ao final, com economia de tempo de um mês e dezesseis dias.

Palavras-chave: Parede Alveolar de Concreto; Parede em Blocos Cerâmicos; Métodos Construtivos; Orçamento

ABSTRACT

The elements of reinforced concrete hollow walls have gained space in the civil construction market, presenting important advances in the constructive aspects. Thus, this article aims to carry out a case study verifying the viability of the reinforced concrete alveolar wall construction system, compared to the traditional method. For this, a building composed of four medium standard apartments, located in the municipality of Inhumas-GO, built by the method of alveolar walls of reinforced concrete was used as a base of study. For comparison purposes, it¹ was considered a work of fictitious form, with the same characteristics, built by the method of conventional walls of ceramic blocks. In the end, it was possible to

¹Este artigo é uma versão que faz parte do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de Engenharia Civil na Faculdade de Inhumas – FacMais no segundo semestre de 2022. Orientado pela professora Ma. Ana Paula de Oliveira.

²Bacharel em Engenharia Civil pela Faculdade de Inhumas - FacMais. E-mail: jose@aluno.facmais.edu.br;

³Bacharel em Engenharia Civil pela Faculdade de Inhumas - FacMais. E-mail: neurajanyousa@aluno.facmais.edu.br.

⁴ Bacharela em Engenharia Civil pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás e em Mestra Geotecnia, Estruturas e Construção Civil pela Universidade Federal de Goiás. E-mail: anapaula@facmais.edu.br.

conclude that the construction method of hollow-core reinforced concrete walls has become the most advantageous with a profit that reaches about R\$80,376.49 thousand at the end, with a time saving of one month and sixteen days.

Key Words: Hollow-core Concrete Wall; Wall in Ceramic Blocks; Construction Methods; Budget.

INTRODUÇÃO

Com as crescentes inovações tecnológicas das diferentes áreas da sociedade, a indústria da construção civil percebeu a necessidade de aprimorar os métodos construtivos em todos os setores. Buscando, assim, uma forma de deixar a obra mais rápida, reduzindo etapas e custos, e contribuindo simultaneamente com o meio ambiente. Objetiva, ainda, a máxima produtividade, qualidade e desempenho (OLIVEIRA, 2015). Para isso, é necessário desenvolver estratégias com vistas a qualificar os trabalhadores, tornando-os eficientes e aptos a trabalhar com os novos produtos e materiais que estão surgindo. A falta de mão de obra qualificada tem sido empecilho para assimilação de novas tecnologias, materiais e processos, especialmente no Brasil (TELLES, 2017).

Neste sentido, as casas de paredes alveolares de concreto armado compõem um tipo de projeto visionário para os tempos atuais, sendo uma opção eficaz para reduzir a instabilidade das obras civis. Uma vez que a baixa produtividade, desperdício excessivo de materiais, baixa velocidade e o escasso controle de qualidade são os principais problemas associados à indústria da construção. O grande impedimento, além da escassez de mão de obra, e de modo geral, o Brasil, ainda assume postura conservadora quando se trata de absorção de tecnologias inovadoras no ramo da construção civil (QUEIROZ; OLIVEIRA, 2018).

Ainda assim, conforme Gehrke (2009), os elementos de paredes alveolares de concreto armado têm ganhado espaço no mercado de construção civil e apresentando avanços nos aspectos construtivos, possibilitando a otimização da engenharia e o aprimoramento técnico. Haja vista um rigoroso controle de qualidade, as estruturas das paredes alveolares de concreto armado têm como principal função a redução de mão de obra e o tempo necessário para construção de uma edificação. A característica principal da montagem é sua rapidez e simplicidade.

Embora seja comum à sua utilização em projetos complexos como pontes, edifícios e viadutos, o material paredes alveolares de concreto armado tem obtido êxito em projetos menores, como casas e em outras construções de pequeno e grande portes. Destaca-se o uso de paredes alveolares de concreto na construção de estacionamentos, escritórios e escolas (CAVALCANTI, 2014).

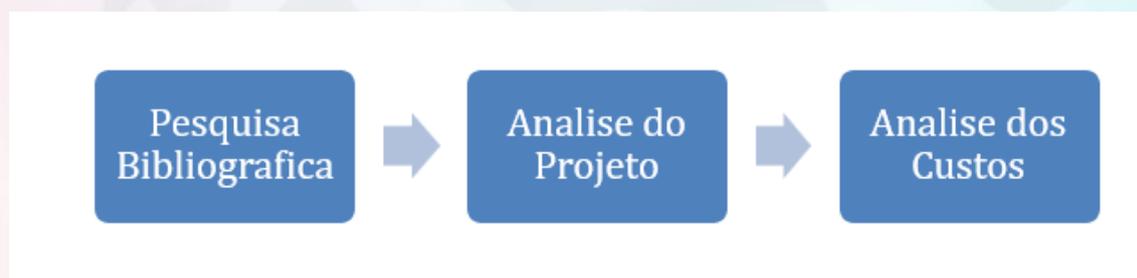
Cabe lembrar que o desperdício de materiais, retrabalhos e atrasos de cronograma são problemas encontrados nas obras de construção civil. Assim, a tecnologia em paredes alveolares de concreto se mostra uma alternativa promissora que possibilita também a redução dos impactos ambientais causados pelo setor da construção civil (ALVES; DREUX, 2015).

Dessa forma, esse artigo tem por objetivo realizar um estudo de caso comparativo entre uma obra de dois andares, composta por quatro apartamentos de médio padrão, localizada no município de Inhumas-GO, na qual foi construída pelo método de paredes alveolares de concreto armado, com uma obra construída pelo método tradicional em paredes de alvenaria em blocos cerâmicos. Como não havia uma obra semelhante, foi preciso realizar um levantamento das etapas construtivas do projeto existente, adaptando e considerando a construção em alvenaria tradicional, fazendo a diferenciação de etapas construtivas, criando um projeto e orçamento fictícios. A partir daí foi realizado o comparativo dos orçamentos em termos de etapas construtivas, quantitativo de materiais e tempo, estimados para a obra realizada e para a uma obra fictícia considerada.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado em 3 fases, como mostra o Fluxograma abaixo.

Figura 1: Fluxograma da sequência metodológica



Pesquisa bibliográfica

Inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico nos bancos de dados na internet (Plataforma Google acadêmico), além de revistas da área de engenharia civil, artigos de eventos técnico-científicos, teses, normas, Trabalhos de Conclusão de Curso e dissertações de mestrado. Este acervo foi o aporte teórico da pesquisa e serviu para fundamentação teórica e discussão dos resultados obtidos, trazendo pontos relevantes do comparativo entre a alvenaria convencional e a de paredes alveolares de concreto armado, levantamento orçamentário e discussão dos resultados.

Análise do projeto

O objetivo do estudo de caso foi comparar o sistema construtivo de paredes alveolares de concreto armado com o de método convencional em blocos cerâmicos em termos orçamentários, no que se refere ao quantitativo de materiais, gasto total e tempo de execução. Assim, foi considerada uma obra real composta por dois pavimentos contendo quatro apartamentos (sendo dois em cada andar) a qual foi construída com o método de paredes alveolar de concreto armado, localizada na cidade de Inhumas-GO. Na ausência de obra similar, construída em de blocos cerâmicos, foi feito um levantamento das etapas construtivas do projeto considerado, adaptando-as para uma obra em parede de blocos cerâmicos, gerando um projeto fictício.

Ao final, foi feita uma comparação em termos de orçamento deste estudo de caso do projeto executado, com um projeto hipotético que utilizaria tecnologia tradicional de bloco cerâmico e revestimento de argamassa. Essa análise comparativa foi realizada em termos de tecnologia e etapas construtivas, materiais utilizados, cronograma e custos finais.

Análise dos custos

O levantamento de quantitativos do projeto em paredes alveolares de concreto armado foi elaborado por meio do projeto arquitetônico disponibilizado. A partir daí foi possível obter dados sobre custo de fornecimento das paredes e laje alveolar de concreto armado, definindo o custo por metro quadrado, valores de produção de mão de obra, que foi adquirido diretamente dos fabricantes do

sistema construtivo utilizado.

Levando em conta que no primeiro orçamento já existente obteve se algumas informações, restando apenas que fosse feito o cálculo das vigas e pilares que não constava no material cedido inicialmente para o estudo de caso.

Para o projeto de alvenaria tradicional, o levantamento de quantitativos foi obtido também através do projeto arquitetônico, entretanto foi realizada a adaptação de projeto, considerando etapas construtivas essenciais a essa tecnologia, como vigas baldrame, por exemplo. Informações relacionadas a custos de materiais, preço unitário e mão de obra, assim como seus coeficientes de produtividade, foram todos extraídos do banco de dados da tabela SINAPI. Todos os dados obtidos foram trabalhados em uma com o auxílio do software Excel.

Assim, a tabela do Sistema Nacional de Preços e Índices da Construção Civil para o estado de Goiás (SINAPI, 2022) foi utilizada com o intuito de obter dados para a composição do orçamento e tempo de execução da obra fictícia em alvenaria tradicional. Para que estivesse o mais alinhado possível o custo real, adotou-se o orçamento desonerado para o custo da superestrutura, e os encargos e BDI não foram considerados, por haver variação por região. Já no método de paredes alveolares de concreto foi utilizado o orçamento real com preços apanhados direto da cotação e executados na obra.

Foi desprezada a análise das fundações, instalações elétricas e hidrossanitários, pois ambas se mantêm iguais independentemente da tecnologia considerada, tendo o mesmo espaço de tempo para sua execução, sendo assim não tendo diferença nessa parte da construção.

Como o objetivo deste trabalho é evidenciar diferenças orçamentárias entre os métodos construtivos, esta etapa não foi analisada. Custos como de projetos e documentos necessários para iniciar a obra foram excluídos do orçamento.

Ao final foi feita uma análise de custos em termos de custos de mão de obra, equipamentos, materiais, tempo de execução e custo final.

As análises e resultados obtidos foram demonstrados por meio de gráficos e tabelas, tendo como base para cálculo de mão de obra e tempo da obra fictícia os índices destacados na tabela 1 a seguir

Tabela 1. Coeficientes extraídos da tabela (SINAPI)

ALVENARIA DE VEDAÇÃO	COEFICIENTE M²/H
Pedreiro	2,20
Servente	1,10
LAJE	
Servente	0,30
Carpinteiro (Pedreiro)	0,43
EMASSAMENTO (PINTURA)	
Pintor	0,23
Servente	0,09
CHAPISCO	
Pedreiro	0,09
Servente	0,05
REBOCO E EMBOÇO	
Pedreiro	0,62
Servente	0,62

Fonte: Tabela (SINAPI)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 abaixo ilustra os itens de diferenciação das etapas construídas, consideradas para as duas obras (real e fictícia) e que, por isso, impactam diretamente o tempo de execução e o orçamento final da obra.

Tabela 2. Resumo itens do orçamento que se diferenciam.

PAREDE ALVEOLAR DE CONCRETO ARMADO	ALVENARIA TRADICIONAL
Mão de obra (Pedreiro/Servente)	Mão de obra
Mão de obra (Empresa de pré-moldados)	Viga baldrame
Parede alveolar de concreto armado	Bloco cerâmico de tijolo
Laje alveolar de concreto armado	Laje Pré moldada convencional
	Argamassa para chapisco
	Argamassa para emboço e reboco
	Emassamento (pintura)

Fases para construção da alvenaria convencional

Para o método tradicional de blocos cerâmicos foi considerada a quantidade de 4 pedreiros e 4 serventes, sendo a mesma quantidade utilizada na obra em paredes alveolares de concreto armado. O cálculo do tempo foi feito por meio dos coeficientes de produtividade, assim foi possível definir os dias de trabalho que seriam necessários se esta tecnologia fosse utilizada. Tais coeficientes foram citados anteriormente na Tabela 1.

A partir das informações contidas no projeto arquitetônico obteve-se um perímetro total de 154,09 metros de alvenaria, considerando os dois pavimentos e uma altura de 2,4 metros para as paredes e descontado os vãos de esquadrias. Para realizar a análise foram considerados blocos cerâmicos de seis furos, com medidas de (09 x 14 x 19 cm). A tabela 3 mostra os valores obtidos através do cálculo dessas informações.

Tabela 3. Valores obtidos para alvenaria tradicional.

ITEM	Quantidade total	Dias de trabalho	Valor
Viga baldrame	1,85m ³	7	R\$ 13.061,99
Vedação	369,82m ²	23	R\$ 16.309,55
Laje (laje e concretagem)	295,48m ²	5	R\$ 14.611,49
Argamassa chapisco	369,82m ²	1	R\$ 34.380,42
Argamassa para emboço e reboco	369,82m ²	7	R\$ 33.662,01
Pintura (emassamento)	369,82m ²	3	R\$ 2.842,92
TOTAL		46	R\$ 147.628,38

A Tabela 3 informa que seriam necessários um total de gasto de R\$147.628,38 para conclusão desta tecnologia. No que se refere a laje, quando se utiliza paredes em blocos cerâmicos, uma opção é utilizar laje pré-moldada para construções mais simples. Esta laje vem pronta de fábrica, mas para finalizar é necessário realizar sua concretagem *in loco* (Figura 2 à direita). De modo oposto, em estruturas de concreto alveolar, as lajes já vêm prontas, precisando apenas ser engatadas (Figura 2 à esquerda). As diferenças entre os dois tipos de tecnologia podem ser visualizadas na Figura 2.

Figura 2 - esquerda- Laje alveolar e direita - laje convencional Pré-moldada



Quanto às outras etapas, é possível notar um gasto total de R\$32.760,00 com mão de obra. Para as etapas construtivas aqui analisadas seriam gastos R\$27.673,48 para execução de parte da estrutura, R\$16.309,55 para vedação e R\$2.842,92 reais para pintura. A etapa de pintura considerou apenas a aplicação de massa corrida, única que se diferenciou entre as tecnologias. Ainda, a Tabela

3 apresentou um total de 46 dias de obra para execução das etapas que diferem as tecnologias, sendo 23 deles gastos apenas com a elevação da alvenaria.

Considerando os dados de produtividade e todas as etapas construtivas totais de projeto (limpeza do canteiro, instalações hidrossanitários, elétrica, mobilização, desmobilização, dentre outras), o tempo total de obra gasto nesta tecnologia seria de seis meses e dezesseis dias.

Etapas executivas da tecnologia “Alveolares de Concreto Armado”

As paredes alveolares de concreto armado foram executadas em apenas dois dias cada pavimento, totalizando quatro dias de serviço, com a ajuda de profissionais da empresa que fornece este material.

Após a colocação das paredes, como demarcado em projeto, é feita a ligação entre elas com pequenas hastes de ferros soldadas umas nas outras. O mesmo procedimento foi realizado para a execução das lajes. A instalação é feita por meio de içamento da peça, com guindaste, como mostra Figura 3.

Figura 3. Içamento das paredes alveolares



Terminada a execução são inseridas as fôrmas dos pilares para a concretagem das estruturas. Essa etapa ocorre da mesma forma do que é realizado na tecnologia de alvenaria tradicional e com o mesmo prazo de execução, considerando o mesmo número de elementos e mesma locação. A quantidade de vigas (exceto baldrame) e pilares são as mesmas para as duas tecnologias, bem como a forma de execução, por isso não foram aqui

consideradas, uma vez que não impactam no orçamento. Assim, foi obtido junto à empresa contratada para o serviço, os valores das paredes por metro quadrado, sendo os valores dos painéis de paredes R\$180,00 m² e R\$235,00 m² para os painéis de lajes. Por meio desses valores e com as medidas obtidas no projeto foi possível encontrar os valores gastos com este tipo de tecnologia para as etapas consideradas neste artigo, conforme Tabela 4.

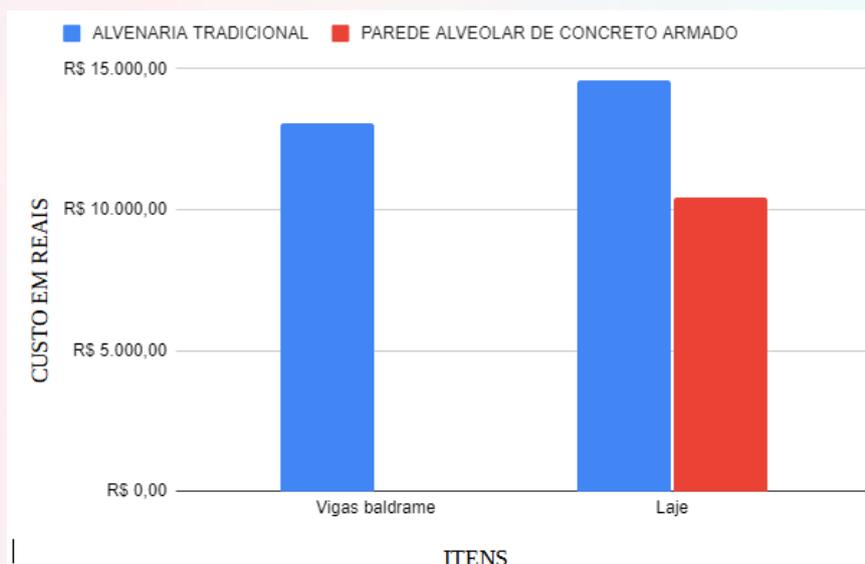
Tabela 4. Valores obtidos para tecnologia em paredes alveolares de concreto.

ITEM	Quantidade total	Dias de trabalho	Valor
Mão de obra (Empresa de pré-moldados)	2 profissionais	4	R\$ 6.000,00
Laje	295,48m ²	2	R\$ 26.124,02
Vedação	369,82m ²	2	R\$ 27.736,20
TOTAL		8	R\$ 59.860,22

Por fim, considerando os dados de produtividade e todas as etapas construtivas, o tempo total de obra gasto foi de 110 (cento e dez) dias e considerando apenas dias úteis trabalhados somam um total de 5 (cinco) meses de obra.

Comparação de custos de elementos estruturais

Após a realização dos orçamentos de ambos os métodos e a partir da Tabela 3 e Tabela 4 e de informações descritas ao longo do texto, foi possível fazer uma comparação resumida dos custos de cada método, conforme apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1. Comparação dos preços das alvenarias

Fonte: Projeto orçamentário - adaptado (2022)

O Gráfico 1 mostra que após obtidos os valores, para obra fictícia em alvenaria tradicional houve o acréscimo de vigas baldrames, por se tratar de uma necessidade de projeto, o que impactou o orçamento. Já na obra de paredes alveolares este procedimento não é necessário, uma vez que as próprias paredes armadas desempenham o papel destas vigas, fazendo com que o método alveolar de concreto armado tenha economia de 100% nesta etapa da obra. Quanto a laje, houve um acréscimo de 28,72% em relação a laje alveolar de concreto armado.

Revestimentos e Pintura

Em relação ao sistema de paredes alveolares de concreto armado, o emassamento da parede com massa corrida não é obrigatório, tendo em vista que a superfície do painel de vedação já está nivelada e acabada, não sendo necessária a regularização e preparo da base antes da utilização da tinta, seja textura, acrílica ou outras.

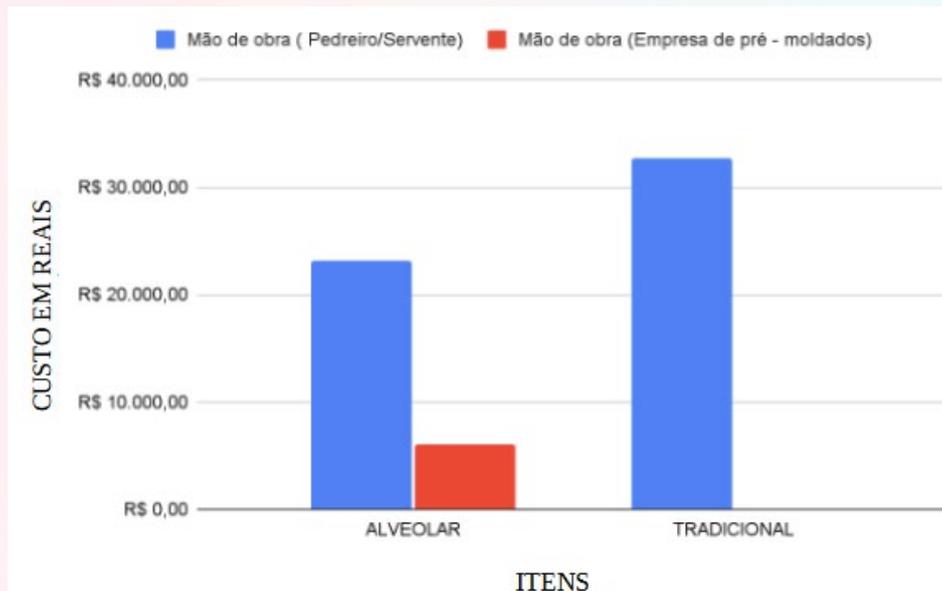
Já no sistema convencional, é necessário a aplicação de massa corrida para preparar a parede antes da aplicação da tinta. Dessa forma, se aplica a massa corrida e somente após isso executa-se a pintura. Por isso, esta etapa foi considerada para a obra fictícia e promoveu um acréscimo de R\$2.842,92 reais nesta etapa do orçamento.

Mão de obra

Para cálculo da mão de obra, algumas variáveis foram consideradas para análise comparativa entre ambas as obras como: salários, jornada de trabalho, produtividade dos profissionais e o tempo de execução da obra.

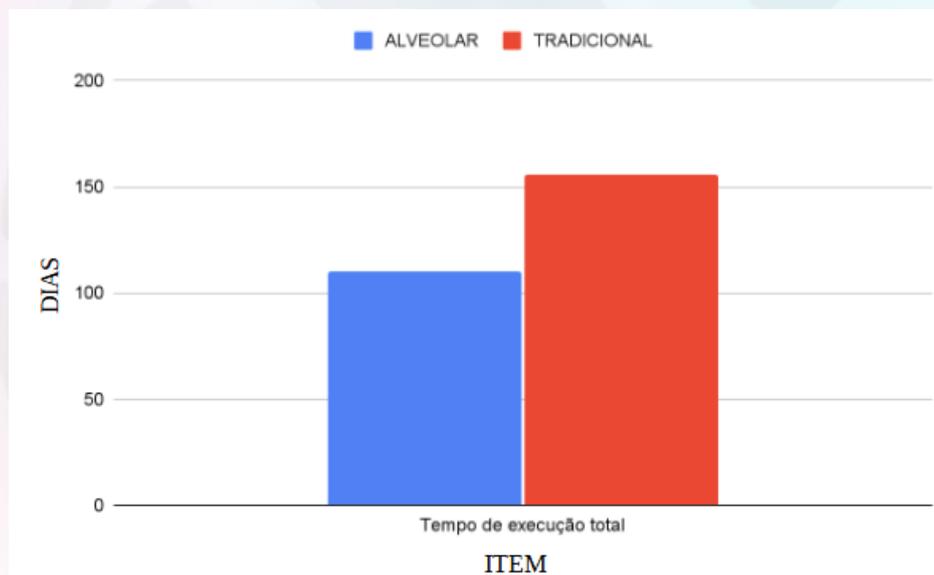
O efetivo de funcionários da obra real de paredes alveolares de concreto armado foi de oito funcionários, sendo quatro pedreiros e quatro serventes que foram de fato utilizados na obra. A princípio as contratações foram feitas por profissionais que, apesar de terem muita experiência em obras, não tinham amplo conhecimento sobre o novo método construtivo. A diária paga para cada pedreiro foi de R\$130,00 reais, já os serventes de R\$80,00 reais por dia. O tempo total de obra foi de cinco meses.

Na obra convencional fictícia analisada, foi considerada a mesma quantidade de profissionais visando uma efetiva comparação. Pensando em chegar em um valor perto do real, também foram considerados os mesmos valores pagos da edificação de paredes alveolares de concreto armado para alvenaria tradicional. Desta forma, foi possível gerar um gráfico comparativo de valores de mão de obra e duração das atividades no (Gráfico 2).

Gráfico 2. Comparação dos preços mão de obra

O gráfico 2 mostra o gasto total com colaboradores, considerando o tempo total para a conclusão das duas obras em questão. Observou-se que no método alveolar utiliza-se duas mãos de obra: mão de obra (pedreiro, servente) e mão de obra qualificada (empresa de pré-moldados). Contudo, mesmo o método alveolar tendo dois tipos de mão de obra, nota-se economia de 10,02% nos gastos em relação ao método tradicional.

Em relação ao tempo de execução, é possível perceber uma redução de 46 (quarenta e seis) dias, caso se opte pela tecnologia em parede alveolar de concreto, conforme o Gráfico 3.

Gráfico 3. Demonstração da comparação do tempo total

Fonte: Projeto orçamentário - adaptado (2022)

Na tabela 5 é apresentado um resumo final do orçamento dos dois métodos, referente às etapas que se diferenciam.

Tabela 5. Comparativo final de preços

ITEM	ALVEOLAR	TRADICIONAL
Mão de obra (Pedreiro/Servente)	R\$ 23.100,00	R\$ 32.340,00
Mão de obra (Empresa de pré-moldados)	R\$ 6.000,00	R\$ 0,00
Viga baldrame	R\$ 0,00	R\$ 13.061,99
Vedação	R\$ 27.736,20	R\$ 16.309,55
Laje	R\$ 10.415,69	R\$ 14.611,49
Argamassa chapisco	R\$ 0,00	R\$ 34.380,42
Argamassa para emboço e reboco	R\$ 0,00	R\$ 33.662,01
Pintura (Emassamento)	R\$ 0,00	R\$ 2.842,92
TOTAL	R\$ 67.251,89	R\$ 147.628,38

Fonte: Projeto orçamentário - adaptado (2022)

Os gastos totais para o método de parede alveolar de concreto armado são de R\$67.251,89, por outro lado, esses gastos seriam de R\$147.628,38 para o método de alvenaria tradicional, o que representa um acréscimo de 54%.

O gráfico 4 mostra a variação ocorrida entre ambas as tecnologias analisadas em termos de custo para cada etapa realizada.

Gráfico 4. Variação total das etapas da obra entre as tecnologias



No comparativo total de custos de todas as etapas da obra de ambos os métodos descritos, é possível perceber que mão de obra, vedação e revestimento são as etapas que mais impactam o orçamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no estudo de caso apresentado nesta pesquisa, pode-se concluir que o método construtivo de paredes alveolares de concreto armado se tornou o mais vantajoso na construção da edificação analisada. Como pode-se observar na Tabela 5, o método de paredes alveolares de concreto armado foi mais vantajoso no fator prazo de execução que resultou na redução de um mês e dezesseis dias úteis de serviço, com redução de 28,57% nos custos de mão de obra. Além disso, também pode se afirmar que esse sistema construtivo foi 54% mais barato ao final, que resultou em uma economia de R\$80.376,49 mil reais. Em relação a esta economia houve 100% de redução no que se refere à execução de vigas baldrames. Quanto às lajes houve uma redução de 28,72% nos custos, em relação à tecnologia tradicional. Já na parte da pintura essa redução foi de R\$2.842,92 que se refere a aplicação de massa PVA das paredes.

Embora este estudo apresente a alvenaria em blocos alveolar de concreto armado como mais vantajosa, cabe ressaltar que não foram considerados fatores relacionados à durabilidade das edificações e manifestações patológicas pós obra que são imprescindíveis para o cálculo dos custos finais da obra. Assim, este artigo sugere este fator como item essencial que deverá ser abordado em pesquisas futuras para, de fato, apontar qual método é mais vantajoso.

REFERÊNCIAS

ALVES, J.C; DREUX, V. P. **Resíduos da construção civil em obras novas**. Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas, Aracaju, 2015.

CAVALCANTI, E. **Introdução às estruturas pré-moldadas de concreto**. Blog da Engenharia, 2014.

DUARTE, E.L; ELMIR, J.C.J; PITOL, A.P. **As principais vantagens e desvantagens da utilização de elementos pré-fabricados de concreto e**

seus processos de fabricação. Universidade Unipar, Cascavel, 2016.

GEHRKE, D. B. B. **Industrialização da construção civil: pré-fabricados em concreto.** Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2009.

OLIVEIRA, D. F. C. **Concreto pré-moldado: processos executivos e análise de mercado.** Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

QUEIROZ, L.P.; OLIVEIRA, M.P. **Análise dos sistemas construtivos de concreto pré-fabricados e moldados in loco.** Universidade federal rural do semi árido, Rio Grande do Norte, 2018.

SINAPI - Sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil 1

TELLES, A.A. **Estudo comparativo entre métodos construtivos de concreto moldado in loco e concreto pré-fabricado, por meio da plataforma bim.** Faculdade de tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.