

PAINÉIS PRÉ-MOLDADOS ALVEOLARES: ORÇAMENTAÇÃO E COMPARAÇÃO COM PAREDES DE BLOCOS CERÂMICOS

Precast hollow panels: budgeting and comparison with ceramic block walls

Tacio Maciel Souza de Souza¹, Davi Barbosa Costa da Silva²



PALAVRAS CHAVE:

Construção Civil;
Painel Alveolar;
Blocos Cerâmicos;
Análise Orçamentária;
Custo.

KEYWORDS:

Civil Construction;
Hollow Panels;
Ceramic blocks;
Budget Analysis;
Cost.

RESUMO: Nos dias atuais, buscam-se cada vez mais adequações e alternativas na construção civil que minimizem a quantidade de resíduos, deem mais celeridade à construção e possibilitem versatilidade no processo de execução de obras. Um exemplo é o uso de painéis alveolares pré-moldados. A respeito desses painéis, tem-se como objetivo deste trabalho fazer uma análise orçamentária dos custos de implantação e aplicação de painéis alveolares em substituição a paredes convencionais de blocos cerâmicos, com o intuito de apresentar características que permitam optar ou não pelo seu uso em obras civis. Para isso, é fundamental compreender o processo de planejamento, execução e desempenho na prática, isto é, avaliar a necessidade de aplicação que justifique o custo benefício desse método alveolar. Em relação à metodologia deste trabalho foram feitas pesquisas bibliográficas, normativas, de custo e também de execução, que visaram subsidiar e dar ênfase ao estudo de caso, direcionado a um muro de fechamento com uso de placas alveolares na cidade de Santa Isabel do Pará. Os resultados evidenciaram economicidade tanto de recursos, quanto de custos no uso desses painéis em comparação a alvenaria convencional cerâmica, tendo como aspectos principais o custo de mão de obra e o tempo de execução de implantação.

ABSTRACT: Nowadays, civil construction is increasingly looking for adjustments and construction alternatives that minimize the amount of waste, speed up construction and enable versatility in the process of carrying out works. One example is the use of pre-molded hollow panels. Regarding these panels, the objective of this work is to carry out a budgetary analysis of the costs of implementing and applying alveolar panels to replace conventional walls made of ceramic blocks, with the aim of presenting characteristics that allow opting or not for their use in civil works. To achieve this, it is essential to understand the process of planning, execution and performance in practice, that is, evaluating the need for an application that justifies the cost-benefit of this alveolar method. In relation to the methodology of this work, bibliographical, normative, cost and execution research was carried out, which aimed to support and emphasize the case study, aimed at a closing wall using honeycomb plates in the city of Santa Isabel do Pará. The results showed the economy of both resources and costs in the use of these panels in comparison to conventional ceramic masonry, with the main aspects being labor costs and implementation execution time.

* Contato com os autores:

Publicado em 30 de dezembro de 2023

¹e-mail: tacio.engcivil@gmail.com (T. M. S. Souza)

Acadêmico em Engenharia Civil, Campus Universitário de Tucuruí, Universidade Federal do Pará (UFPA)

¹e-mail: davisilva@ufpa.br (D. B. C. Silva)

Eng. Civil, Mestre, Prof. da Faculdade de Engenharia Civil, Campus Universitário de Tucuruí, Universidade Federal do Pará (UFPA)

1 INTRODUÇÃO

No setor da construção civil, dentre os métodos de execução mais utilizados destacam-se o emprego de técnicas convencionais, que exigem uma grande movimentação de mão de obra, consumo de recursos e são responsáveis por gerar elevada quantidade de resíduos, implicando em problemas de cunho social, político e ambiental. Para El Debs (2017), em meio a esse cenário, tem-se cada vez mais a necessidade de técnicas construtivas que sejam econômicas, seguras, práticas e sustentáveis. Assim, o sistema com uso de pré-moldados, que teve sua criação na Alemanha e atualmente tem se expandido na Europa e na América do Norte, surge como uma alternativa eficiente que influencia diretamente na customização e no período de execução de uma obra.

De acordo com Santos (2017), para a viabilidade de métodos inovadores no Brasil, é necessário superar obstáculos como: cadeia produtiva altamente fragmentada; baixa colaboração entre construtores e fornecedores, baixo investimento em processos e gestão, pouco acúmulo de conhecimento e baixo nível de treinamento. Entretanto, o sistema pré-moldado trouxe um elemento principal que influencia na otimização construtiva – o tempo de execução. Neste sentido, as paredes alveolares de concreto armado compõem um tipo de projeto que buscam reduzir a instabilidade das obras civis, por apresentarem praticidade de aplicação, redução de peso próprio, bom desempenho térmico, menor geração de resíduos sólidos, diminuição de prazos e de mão de obra.

De maneira geral, a tecnologia de painéis alveolares é empregada em larga escala para construções de plantas industriais, edifícios comerciais, pontes e viadutos (CARVALHO, 2012). Todavia, ressalta-se que ainda é preciso uma normatização e padronização, que simplifique a utilização desses elementos em conjunto com outros métodos construtivos, bem como uma adequação relacionada ao formato e dimensões desses painéis, indo desde obras de maior porte até obras de menor complexidade, a mencionar – construções residenciais, muros de fechamento, instalações sanitárias, entre outras. Para Augusto Guimarães Pedreira de Freitas, coordenador da norma ABNT NBR 16475:2017 - Painéis de parede de concreto pré-moldado, o principal objetivo da busca por uma norma específica é difundir o uso do sistema construtivo de painéis, de forma segura e com condições que permitam aos profissionais da área desenvolver projetos e produzir painéis (ROCHA, 2020).

Respeitando os princípios construtivos e possuindo o embasamento teórico encontrado na literatura, o principal propósito desse trabalho é analisar o panorama atual de pesquisas referentes ao uso de painéis alveolares, fazendo uma comparação orçamentária de dois métodos construtivos e visando ainda verificar a viabilidade do uso de tal metodologia construtiva por meio de levantamento baseado na coleta de dados desde a produção, mobilização e instalação desses painéis, pontuando execução, potencialização do tempo e da mão de obra, demonstrando, assim, qual método é mais vantajoso.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção do trabalho apresenta-se o sistema construtivo de painéis de parede pré-moldados e abordam-se os principais conceitos que devem ser previamente conhecidos na comparação do método com uso de painéis alveolares em relação a paredes convencionais de bloco cerâmicos.

2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS PRÉ-MOLDADOS

As características do CPM (Concreto Pré-moldado) possibilitaram benefícios importantes para a construção, tais como: diminuição do tempo, melhor controle dos componentes pré-moldados, redução do desperdício de materiais na construção e reutilização durante o processo de fabricação (EL DEBS, 2017).

A NBR 9062 (ABNT, 2006), que trata de estruturas pré-moldadas, traz algumas definições, diferenciando os tipos de estruturas. Elemento pré-moldado é aquele executado fora do local de utilização

definitiva, com controle de qualidade básico. Já o elemento pré-fabricado consiste em um elemento pré-moldado, executado industrialmente, sob condições rigorosas de controle de qualidade.

Conforme a NBR 16475 (ABNT, 2017), os painéis pré-moldados, em relação a sua função, podem ser classificados em: estruturais – são projetados para exercer a função estrutural na edificação e resistir as ações internas e externas; e não estruturais ou painéis de parede de vedação – necessitam de uma superestrutura na qual são fixados e por onde são transmitidas as ações externas e internas sobre os painéis, tendo potencialidade de aplicação em qualquer edificação.

Para Cichinelli (2009), o custo e a delimitação de transporte dos pré-moldados são os maiores desafios em relação a esse método construtivo, por requerer equipamentos especializados para sua logística, como por exemplo: caminhão munck e guindaste. Todavia, a estrutura de pré-moldado garante uma grande agilidade na obra, pois as peças chegam prontas para serem encaixadas e montadas, o que resulta em uma entrega da obra em prazos menores. Sendo assim, o preço de uma estrutura de pré-moldado pode ser mais alto, porém, a garantia de término da obra em um curto prazo assegura um bom custo-benefício.

2.2 ALVENARIAS COM PAINÉIS ALVEOLARES

A NBR 16475 (ABNT, 2017) traz algumas definições em relação a painéis pré-moldados, sendo estes classificados quanto a sua seção transversal em painéis: maciços, alveolares, nervurados, sanduíche, de parede dupla e reticulado misto. Quanto aos painéis pré-moldados não estruturais com seção alveolar, estes possuem a função de minimizar o peso próprio da estrutura, em virtude das suas áreas seccionais vazadas. Assim, a Figura 1 ilustra uma seção transversal de um painel alveolar com a descrição das partes que o constituem.

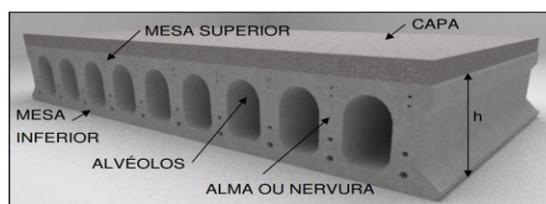


FIGURA 1 – Elementos do painel alveolar.

FONTE: BPM Pré-moldados (2023).

2.3 ALVENARIAS CONVENCIONAIS

Milito (2009) afirma que quando a alvenaria não é dimensionada para resistir a cargas verticais, além de seu peso próprio, é denominada como alvenaria de vedação ou alvenaria convencional. Complementado, para Nascimento (2004) em relação as particularidades das ligações com as estruturas reticuladas (pré-moldadas, aço, concreto armado, entre outras) e suas condições de uso, as alvenarias de vedação podem ser classificadas em função do sistema a ser adotado principalmente pela estrutura de apoio.

2.4 DISCRETIZAÇÃO DE CUSTOS ORÇAMENTÁRIOS

De acordo com Mattos (2006), o orçamento não tem a obrigação de ser exato, porém deve ser preciso. Mesmo que todas as variáveis sejam analisadas, há sempre uma estimativa associada e, por este motivo, todo orçamento é uma aproximação. Quanto mais criteriosa for uma orçamentação, menor será sua margem de erro e mais próximo do real estará o orçamento. Sob esta perspectiva, Librelotto (1998) classifica os custos em diretos, que são aqueles relacionados diretamente com o serviço, e indiretos, que são os que se referem a todos os demais custos, em que é difícil atribuir um valor para cada unidade produzida.

3 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos deste trabalho foram utilizados os seguintes procedimentos: pesquisa bibliográfica, análise do projeto e processo executivo, e discretização de custos orçamentários aplicados a ambos métodos analisados.

3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Na elaboração desse trabalho, foi feita inicialmente uma pesquisa de exploração bibliográfica utilizando revistas da área de engenharia civil, artigos de eventos científicos, teses, normas, Trabalhos de Conclusão de Curso e dissertações de mestrado. Assim, este acervo teórico contribuiu na pesquisa e serviu para fundamentação teórica e discussão dos resultados obtidos, trazendo pontos relevantes do comparativo dos métodos em análise.

3.2 ANÁLISE DE PROJETO E DO PROCESSO EXECUTIVO

O estudo de caso desse artigo foi aplicado à obra de implantação de um muro de fechamento na cidade de Santa Isabel do Pará, que possui perímetro de 213,95 metros e altura de 2,00 metros, totalizando uma área de 427,90 metros quadrado de muro, distribuído ao longo de 3 laterais.

Essa obra é decorrente de procedimento licitatório da administração pública, no qual é permitida a supressão de material, isto é, substituição de itens orçamentários de contrato em até 25 % do valor total da obra, conforme Lei Nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Assim, a empresa ganhadora da licitação optou por utilizar painéis alveolares em substituição a paredes de alvenaria convencional de tijolo cerâmico, mantendo do projeto executivo a altura do muro e os componentes estruturais como blocos de coroamento e pilares, e consequentemente modificando a parede de vedação ao longo da cortina do muro.

Para subsidiar a análise de custos, comparou-se então o orçamento feito pela prefeitura com o orçamento real de implantação da empresa, analisando os seguintes quesitos: tempo de execução, custo de execução, discretização de mão de obra e materiais empregados. O procedimento está ilustrado na Figura 2.

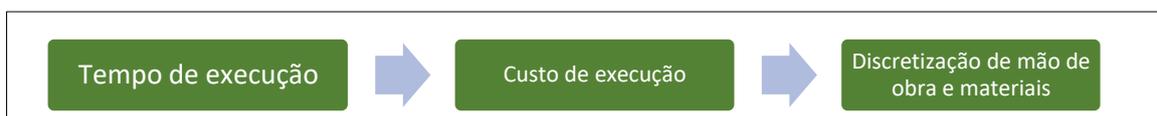


FIGURA 2 – Itens analisados para o orçamento comparativo.

FONTE: Autoria própria, 2023.

Ademais, conseguiu-se ainda coletar algumas informações através registros fotográficos, quantitativos e técnicas aplicadas para o método com uso de peças alveolares. Portanto, o resultado consistiu também na determinação das quantidades de materiais utilizados e na identificação das etapas necessárias: produção, transporte e execução dos painéis, mostrados de forma esquemática na Figura 3.

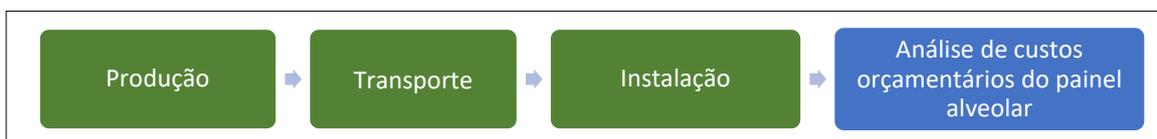


FIGURA 3 – Etapas para implantação do método alveolar.

FONTE: Autoria própria, 2023.

O levantamento de quantitativos do projeto de paredes alveolares de concreto armado, foi elaborado tendo como base o projeto arquitetônico disponibilizado pela prefeitura. Deste modo, a empresa responsável pela obra, pretendendo economia de recursos e celeridade na execução, iniciou a produção dos painéis antes da ordem de serviços da licitação.

3.3 ANÁLISE DOS CUSTOS ORÇAMENTÁRIOS

Para o método convencional proveniente da administração pública, tem-se um orçamento com todas as especificações e serviços requeridos para execução do muro. Por sua vez, o método utilizado pela empresa precisou da aferição de serviços e seus respectivos quantitativos, como pôde ser verificado na Equação 1, em que primeiramente foi calculada a quantidade total de painéis alveolares a serem utilizados na obra.

$$QP = \frac{(P \times H) - (N_p \times A_p)}{A} \quad \text{Eq. [1]}$$

Em que:

QP = Quantidade de Painéis (Unidades)

P = Perímetro do muro (metros)

H = Altura muro (metros)

N_p = Numero de pilares (unidade)

A_p = Área unitária do pilar no muro (metros quadrados)

A = Área unitária do painel alveolar (metros quadrados)

Posteriormente, tanto para o método convencional com uso de blocos cerâmicos, quanto para o método com uso de placas alveolares, foi considerada neste trabalho uma quantidade 8 profissionais (4 Oficiais e 4 serventes) para execução. Sabendo que algo muito importante ao orçamento é o planejamento, usou-se a Equação 2 para calcular a duração das atividades (MATTOS, 2010, pág. 82).

$$D = \frac{Q_{total} \times I_{cons.}}{N_j \times J_{diária}} \quad \text{Eq. [2]}$$

Em que:

D = Duração das atividades (Dias)

Q_{total} = Quantidade de trabalho

$I_{cons.}$ = Índice de consumo de mão de obra

N_j = Quantidade de mão de obra alocada

$J_{diária}$ = Jornada Diária (8,8 h/dia)

O cálculo do tempo foi feito por meio dos índices de consumo de mão-de-obra, possibilitando definir os dias de trabalho utilizados para execução de cada método. Multiplicou-se, então, a quantidade unitária pelos seus respectivos índices, chegando-se a um valor de duração de atividade adotado.

Tendo posse de todos esses dados, foi elaborado o orçamento por meio de *software* específico voltado para a construção civil, periodicamente atualizado junto aos principais bancos de dados do país, como o Sistema Nacional de Custo e Índices da Construção Civil (SINAPI), Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Obras Públicas (SEDOP), entre outras. Adotou-se o orçamento desonerado - sem incidência de alguns impostos relacionados a mão de obra. Já os encargos sociais e BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) não foram considerados por apresentarem variação regional.

As análises e resultados obtidos foram, assim, demonstrados por meio de gráficos e tabelas, tendo como subsídio de cálculo tanto para mão de obra quanto para duração de atividades de implantação, índices de produtividade padronizados conforme bases de dados orçamentárias mencionadas. Outrossim, a partir deste estudo, foi possível comparar o custo do metro quadrado do painel alveolar em relação a alvenaria com uso blocos cerâmicos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item são apresentados os detalhes construtivos, quantitativos e os custos das composições com a mão de obra correspondente, compondo as planilhas orçamentárias de ambos os métodos, o que torna possível a comparação de custos do referente estudo realizado.

4.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO DOS PAINÉIS ALVEOLARES

Os painéis alveolares possuem dimensões padronizadas para facilitar a produção das peças e para se adequarem esteticamente ao projeto executivo. Essas dimensões são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1 – Dimensões do painel alveolar		
Comprimento (m)	Altura (m)	Espessura (m)
2,90	2,20	0,12

FONTE: Autoria própria (2023).

Procede-se o processo de produção dos painéis conforme as seguintes etapas: sistema de formas, armação, concretagem e cura. Cada um desses processos está apresentado nas seções seguintes.

4.1.1 Sistema de formas

As formas e tubos metálicos foram utilizados para moldar, dar forma e espessura as paredes, propiciar um bom acabamento e impedir deformações durante o lançamento do concreto, evitando prejudicar o prumo e o alinhamento. Além disso, foram reutilizadas durante todo o processo de produção. A partir das Figuras 4 e 5, pode-se observar a disposição do modelo de forma e a distribuição das armaduras ao longo da peça.



FIGURA 4 – Posicionamento das formas laterais.

FONTE: Autoria própria, 2023

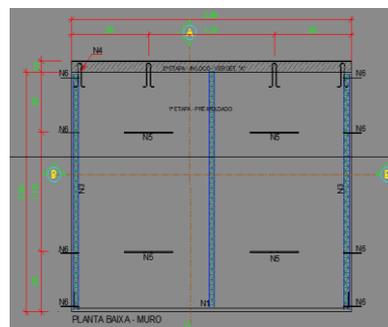


FIGURA 5 – Posicionamento das barras - Treliças.

FONTE: Autoria própria, 2023.

4.1.2 Armação

Após a etapa de montagem das formas, foram realizados corte, dobra e posicionamento do aço. Os tipos de aço utilizados para as armaduras estão descritos na Tabela 2.

TABELA 2 – Quantidade de barras para produção de um painel alveolar		
Aço	Quantidade linear (metros)	Quantidade em peso (Kg)
CA-50 Φ = 10 mm (3/8) - Barras transversais e ganchos de içamento – Peso (0,617 kg/m)	12	7,4
Treliça TG -12 M (TR12645) – Peso (0,866 kg/m)	8,4	7,3
Total geral		14,7

FONTE: Autoria própria (2023).

É válido destacar que para fabricação desses painéis alveolares foi necessário um correto posicionamento das barras de aço, de modo que fosse garantido estabilidade da peça. Logo, considerando que a peça poderia estar sujeita a carregamento axial distribuído do peso próprio, optou-se por colocar uma maior quantidade de barras na parte inferior, reforçando as áreas que ficam diretamente apoiadas sobre os blocos de coroamento, visto que é onde se concentram o momento e cortante máximo na peça.

4.1.3 Concretagem e cura

Tendo posse das dimensões executivas para o projeto do painel alveolar, quantificaram-se os agregados graúdos, miúdo e cimento que foram utilizados para produção de cada peça. É importante frisar que durante a concretagem fez-se o uso de vibrador com a finalidade de diminuir os vazios e possíveis manifestações patológicas que poderiam influenciar no processo de resistência e cura. Fazendo alusão aos preceitos da ABNT NBR 6118:2014, o tempo de cura para mobilização logística em destino à obra do muro foi de 7 dias, visto que segundo está norma o concreto apresenta 70% de sua resistência nesse período. A partir destas considerações, analisadas diariamente, pôde-se elaborar uma tabela resumo do quantitativo de cada insumo necessário para produção unitária de painel, sendo base para uma precificação de custo mais precisa no orçamento da Tabela 3.

TABELA 3 – Quantidade de material para produção de uma placa alveolar		
Item	Quantidade	Unidade
Cimento	5	Sacas
Areia	0,36	m ³
Seixo	0,65	m ³
Sika (Ligante)	0,5	L
Óleo Desmoldante	2	L
Ferro Φ 10 mm	12	m
Treliça	8,4	m

FONTE: Autoria própria (2023).

4.2 TRANSPORTE DOS PAINÉIS ALVEOLARES

Considerando a NBR 16475 (ABNT, 2017) no seu item 9.2.2, que trata sobre os eventuais empenamentos decorrentes de procedimentos de estocagem, foi necessário adotar um ângulo de 45° para um correto içamento, a fim de que a excentricidade da peça não fosse comprometida na instalação, como demonstrado nas Figuras 7 e 8. É preciso destacar, que a empresa produziu os painéis alveolares no município de Castanhal - PA e foi necessário um trajeto logístico de aproximadamente 35 quilômetros para o local de implantação da obra – Município de Santa Isabel - PA.

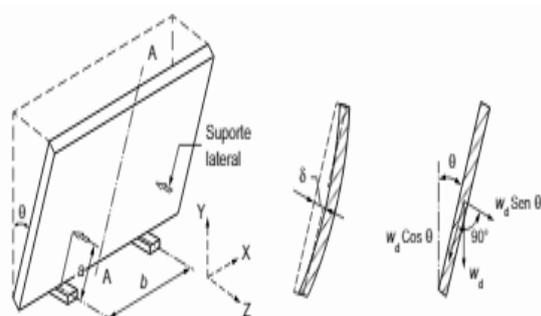


FIGURA 7 – Empenamentos durante a estocagem

FONTE: NBR 16475 (ABNT, 2017).



FIGURA 8 – Içamento com Munck

FONTE: Autoria própria (2023).

4.3 PROCESSO DE EXECUÇÃO DO SISTEMA COM USO DE PAINÉIS ALVEOLARES.

Para o processo de execução foram feitos os blocos de coroamento *in loco*, obedecendo os distanciamentos pré-definidos das placas alveolares, de forma a evitar erro em relação ao eixo dos pilares, como mostrado nas Figuras 9, 10 e 11.

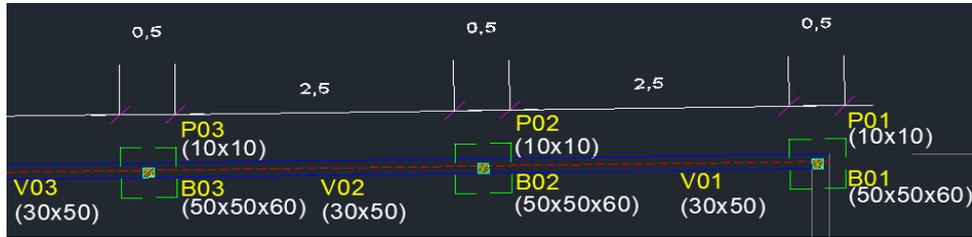


FIGURA 9 – Elementos estruturais do muro

FONTE: Projeto executivo, prefeitura de Santa Isabel (2023).

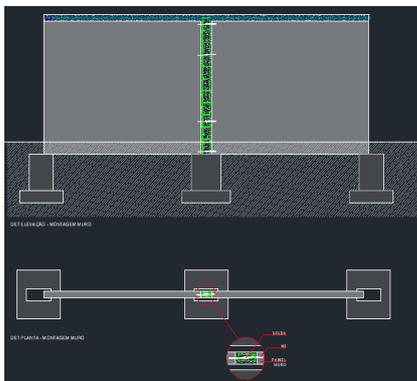


FIGURA 10 – Locação dos blocos e pilares

FONTE: Autoria própria (2023).



FIGURA 11 – Espera das placas alveolares

FONTE: Autoria própria (2023).

Os volumes de concreto armado para blocos e pilares, que foram distribuídos ao longo de 91 unidades, estão representados na Tabela 4. Cabe ressaltar que se fez a utilização desses quantitativos em cálculos posteriores deste trabalho, considerando que a obra foi executada mantendo as fundações de espera do projeto executivo convencional e que posteriormente foi feita adaptação das características de materiais na cortina do muro (painel alveolar).

TABELA 4 – Volume total de concreto armado para blocos e pilares no entorno do muro

Item	Dimensões		Altura (m)	Volume unitário (m³)	Volume total (m³)
	Largura (m)	Compr. (m)			
Blocos	0,50	0,50	0,20	0,05	$0,05 \times 91 = 4,55$
Arranque dos pilares	0,15	0,20	0,40	0,012	$0,012 \times 91 = 1,092$
Pilar	0,10	0,10	2,00	0,02	$0,02 \times 91 = 1,82$
Total geral (m³)				0,082	7,46

FONTE: Autoria própria (2023).

No manuseio e instalação *in loco* dos painéis nas redondezas do terreno, foram utilizadas armaduras de ligação nas bordas laterais (ganchos) para possibilitar transporte e fixação das placas com outros elementos de apoio. A partir disso foi feita soldagem das armaduras de ligação dos painéis adjacentes às armaduras verticais dos pilares, desde a fundação. Posteriormente, a interface entre os painéis foi preenchida com graute, com auxílio de formas, finalizando a instalação, conforme as Figuras 12 e 13.



FIGURA 12 – Manuseio dos painéis

FONTE: Autoria própria (2023).



FIGURA 13 – Posicionamento dos painéis

FONTE: Autoria própria (2023).

4.4 COMPARAÇÃO DE CUSTOS ORÇAMENTÁRIOS (PAREDES DE BLOCOS CERÂMICOS E PAINÉIS ALVEOLARES)

Na comparação orçamentária, foram estimados possíveis custos relacionados a precificação final de cada método construtivo, analisando-se tempo de obra, custo de execução, mão de obra e materiais de ambos os sistemas de construção. Vale ressaltar que o sistema aplicado na obra foi o de painéis alveolares, sendo o orçamento da prefeitura, decorrente de licitação pública, um subsídio para fins comparativos e complementares.

4.4.1 Método Convencional de blocos cerâmicos– Orçamento da prefeitura.

O Quadro 1 denota quantitativos e especificações de materiais que foram considerados no orçamento do muro, com o valor de R\$ 453,24 reais para cada metro de muro.

QUADRO 1: Composição 03, do orçamento da prefeitura.						
ITEM	DESCRIÇÃO					
	EXECUÇÃO DE MURO EM ALVENARIA, ALTURA DE 2M, REVESTIDO COM CHAPISCO, EMBOÇO E PINTURA PVA NAS DUAS FACES, INCLUSO FUNAÇÃO CORRIDA COM SEIXO, BALDRAME EM CONCRETO SIMPLES E PILARES EM CONCRETO ARMADO FCK= 20MPA					M
COMPOSIÇÃO 03						
FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID	QUANT.	VALOR	TOTAL
SEDOP	10269	Locação planimétrica de linha	M	1,000	R\$1,84	R\$ 1,84
SEDOP	30010	Escavação manual até 1.50m de profundidade	M3	0,04	R\$51,21	R\$ 2,05
SEDOP	40025	Fundação corrida com seixo	M3	0,04	R\$673,37	R\$ 26,93
SEDOP	40285	Baldrame em conc.simples c/seixo incl.forma mad.br.	M3	0,02	R\$1.454,58	R\$ 29,09
SEDOP	50729	Concreto armado fck=20MPA c/ forma mad. branca (incl. lançamento e adensamento)	M3	0,020	R\$3.276,26	R\$ 65,53
SINAPI	103356	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X29 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	M2	2,00	R\$52,48	R\$ 104,96
SINAPI	87894	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (SEM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF_06/2014	M2	4,00	R\$6,10	R\$ 24,40
SINAPI	87792	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADA MANUALMENTE EM PANOS CEGOS DE FACHADA (SEM PRESENÇA DE VÃOS), ESPESSURA DE 25 MM. AF_06/2014	M2	4,00	R\$40,05	R\$ 160,20
SEDOP	150654	PVA sobre muro	M2	4,00	R\$9,56	R\$ 38,24
Total do item						R\$ 453,24

FONTE: Prefeitura de Santa Isabel (2022).

No Quadro 2, por sua vez, buscou-se estimar a quantidade de dias e horas para cada serviço construtivo por meio da Equação 2, descrita anteriormente. Assim, calculado o total de dias e horas correspondentes, conseguiu-se definir a duração de cada etapa construtiva.

QUADRO 2: Duração das atividades e horas totais de mão-de-obra.

ITEM	UNID.	QTD. UNITÁR.	QTD. TOTAL	INDICES E CONSUMO		JORN.	EQUIPE		Nº DE EQUIPES	DURAÇÃO			DURAÇ. ADOT.	HORAS TOTAL OFICIAL	HORAS TOTAL SERVENTE
				OFIC.	SERV.		OFIC.	SERV.		OFIC.	SERV.	ADOT.			
LOCAÇÃO PLANIMÉTRICA DE LINHA	M	1	213,95	0,03	0,03	8,8	2	2	2	0,18	0,18	0,18	1	6,42	6,42
ESCAVAÇÃO MANUAL	M³	0,04	8,56	0,00	3,00	8,8	0	4	2	0,00	0,36	0,36	1	0,00	25,68
FUNDAÇÃO CORRIDA	M³	0,04	8,56	6,50	10,00	8,8	2	2	2	1,58	2,43	2,43	3	55,64	85,60
BALDRAME EM CONC. SIMPLES	M³	0,02	4,23	5,94	10,60	8,8	1	3	2	1,43	0,85	1,43	2	25,13	44,84
CONCRETO ARMADO	M³	0,02	4,23	6,04	9,59	8,8	2	2	2	0,73	1,15	1,15	2	25,55	40,57
ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS	M²	2	427,9	0,77	0,385	8,8	2	2	2	9,36	4,68	9,36	10	329,48	164,74
CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (M²	4	855,8	0,124	0,062	8,8	3	1	2	2,01	3,01	3,01	4	106,12	53,06
EMBOÇO OU MASSA ÚNICA AF_06/2014	M²	4	855,8	0,4	0,4	8,8	2	2	2	9,73	9,73	9,73	10	342,32	342,32
PVA sobre muro	M²	4	855,8	0,15	0,15	8,8	2	2	2	3,65	3,65	3,65	4	128,37	128,37
TOTAL GERAL													37	1.019,03	891,59

Fonte: Autoria própria (2023).

A partir das informações contidas na planilha orçamentária, projeto arquitetônico e cálculos anteriores, sintetizaram-se no Quadro 3 os gastos de serviços atribuídos ao uso de parede convencional de blocos cerâmicos.

QUADRO 3: Gastos atribuídos para alvenaria convencional de blocos cerâmicos

ITEM	UNID.	QUANT. TOTAL	DIAS DE TRABALHO (DURAÇÃO ADOTADA)	VALOR (R\$)
LOCAÇÃO PLANIMÉTRICA DE LINHA	M	213,95	1	393,67
ESCAVAÇÃO MANUAL ATÉ 1.50M DE PROFUNDIDADE	M3	8,56	1	438,59
FUNDAÇÃO CORRIDA COM SEIXO	M3	8,56	3	5761,67
BALDRAME EM CONC. SIMPLES C/SEIXO INCL.FORMA MAD.BR.	M3	4,23	2	6223,80
CONCRETO ARMADO FCK=20MPA C/ FORMA MAD. BRANCA (INCL. LANÇAMENTO E ADENSAMENTO)	M3	4,23	2	14020,14
ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X29 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	M2	427,9	10	22456,19
CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (SEM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF_06/2014	M2	855,8	4	5220,38
EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADA MANUALMENTE EM PANOS CEGOS DE FACHADA (SEM PRESENÇA DE VÃOS), ESPESSURA DE 25 MM. AF_06/2014	M2	855,8	10	34274,79
PVA sobre muro	M2	855,8	4	8.181,48
Total do Item			37	96.970,69

FONTE: Autoria própria, 2023.

O Quadro 3 informa que seria necessário um total gasto de R\$ 96.970,69 para conclusão deste muro de fechamento com o método convencional, na qual estão inclusos: material, equipamentos e mão de obra.

Com relação ao valor da diária, foi considerado para cada oficial o valor de R\$ 115,00 e para os serventes, R\$ 97,00, conforme os parâmetros de composições de mão de obra do SINAPI e SEDOP. Assim, pôde-se quantificar as horas de ambos os colaboradores, dividindo-se o valor total de horas disposto no Quadro 2, por oito horas de trabalho diárias, visto que a jornada semanal de trabalho foi de segunda a sexta e não se consideraram horas trabalhadas no sábado. Com isso, verificou-se que o custo com mão de obra corresponde a 26% do valor total previsto para o empreendimento, como denota a Tabela 5.

TABELA 5 – Levantamento financeiro de mão de obra.

Horas total oficial (Dias)	Horas total servente (Dias)	Valor total (R\$) – Horas/Dias x valor das diárias		Total geral
1.019,03/8 = 127,38	891,59/8 = 111,45	127,38 × 115 = 14.648,70	111,45 × 97 = 10.810,65	25.459,35/96.970,69 = 26%

FONTE: Autoria própria, (2023).

Destaca-se ainda que, de acordo com o Quadro 3, o tempo total execução seria de 37 dias de obra para realização das etapas orçadas. Por fim, constatou-se que 18 desses dias foram gastos com a etapa de acabamento (emboço, reboco e pintura), o que representaria R\$ 47.676,62 (49% do custo total).

4.4.2 Método com uso de painel alveolar – Orçamento da empresa

A quantidade total de painéis alveolares necessários para implantação do muro foi calculada por meio da Equação 1, com as variáveis demonstradas no Quadro 4. Justifica-se que os 20 centímetros adicionados na altura do muro previsto no orçamento da prefeitura (Altura = 2,00 metros), levou em consideração que não foram feitas vigas baldrame; em virtude de os painéis alveolares serem apoiados na instalação diretamente no solo e nas fundações. Portanto, adotou-se uma altura padrão para cálculo do quantitativo e fabricação dos painéis de 2,20 metros.

QUADRO 4 – Resumo da quantidade total de painéis empregados no muro

Perímetro (m)	213,95
Altura (m)	2,20
Número de pilares (unid.)	91
Área unitária de pilar no muro (m ²)	(0,10 x 2,20)
Área unitária do painel (m ²)	(2,90 x 2,20)
Quantidade total (unid.)	71

FONTE: Autoria própria (2023).

Em relação à produção diária dos painéis alveolares, na Tabela 6 nota-se que existe uma proporção estimada de 1 painel por hora, resultando diariamente na produção de 8 painéis, utilizando 8 colaboradores, como citado na seção anterior. Desse modo, as 71 placas totais calculadas seriam produzidas em aproximadamente 9 dias (71 placas/8 horas diárias = 9 Dias).

TABELA 6 – Relação de produção dos painéis alveolares

Item	Qtd. de horas	Qtd. de painéis	Equipe (8 colaboradores)	
			Oficial (Horas)	Servente (Horas)
Produção Unitária	1	1	4	4
Produção Diária	8	8	4 × 8 = 32	4 × 8 = 32

Fonte: Autoria própria (2023).

O Quadro 5 representa um resumo do que foi utilizado para implantação do método com painéis alveolares. É importante frisar que as precificações de insumos utilizadas estão conforme os parâmetros das composições SINAPI e SEDOP, visto que esse artigo poderá ser utilizado para complementações de outros trabalhos científicos que precisem referenciar os custos adotados.

QUADRO 5 – Composição 01: Valores obtidos para uma unidade de painel alveolar							
ITEM	CÓDIGO	BANCO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
PRODUÇÃO							R\$ 700,51
C	280023	SEDOP	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	4	14,36	57,44
C	280004	SEDOP	AJUDANTE DE PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	4	12,14	48,56
I	J00005	SEDOP	AREIA	m ³	0,36	79,81	28,73
I	J00003	SEDOP	CIMENTO	SC	5	45,15	225,75
I	J00007	SEDOP	SEIXO LAVADO	m ³	0,65	206,11	133,97
I	M00008	SEDOP	BETONEIRA ELÉTRICA - 320L	H	8	4,07	32,56
I	M00013	SEDOP	VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁ POTÊNCIA DE 2 CV	H	1	2,16	2,16
I	D00425	SEDOP	AÇO CA 50/60 - PREÇO MÉDIO	KG	14,7	10,03	147,44
I	D00043	SEDOP	ARAME RECOZIDO NO. 18	KG	0,1	20,72	2,072
I	4.46.80	FDE	OLEO MINERAL P/DISJUNTOR E TRANSF	L	1	21,82	21,82
TRANSPORTE							R\$ 77,00
C	100953	SINAPI	TRANSPORTE COM CAMINHÃO CARROCERIA COM GUINDAUTO (MUNCK), MOMENTO MÁXIMO DE CARGA 11,7 TM, ADICIONAL PARA DMT EXCEDENTE A 30 KM (UNIDADE: TXKM).	TXKM	70	1,1	77,00
INSTALAÇÃO							R\$ 18,43
C	280027	SEDOP	SOLDADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,1	15,12	1,512
C	05.025.0050-A	EMOP	SOLDA DE TOPO EM VERGALHOES DE ACO, COM DIAMETRO DE 3/8"	UN	2	8,46	16,92
CUSTO TOTAL UNITÁRIO							R\$ 795,94

FONTE: Adaptado, Sinapi e Sedop (2023).

A partir do Quadro 5, e tendo a quantidade total de 71 peças alveolares necessárias para a execução do muro de fechamento, pode-se calcular então o custo total correspondente de R\$ 56.511,74 (71 Un. × R\$ 795,94) aos painéis alveolares.

No Quadro 6, encontram-se discriminados os elementos estruturais (blocos e pilares) que foram mantidos do projeto executivo e auxiliaram para instalação e montagem das placas.

QUADRO 6 – Duração das atividades e horas totais de mão-de-obra para blocos e pilares															
ITEM	DESCRIÇÃO	UN.	QTD. TOTAL	INDICES E CONSUMO		JORN.	EQUIPE		N° DE EQUIP.	DURAÇÃO			DURAÇÃO ADOT.	HORAS TOTAL OFICIAL	HORAS TOTAL SERVE NTE
				OFIC.	SERV.		OFIC.	SERV.		ADOT.					
BLOCOS E ARRANQUES	CONCRETO ARMADO FCK = 20 MPA	M ³	5,64	6,04	9,59	8,8	2	2	2	0,73	1,15	1,15	2	25,55	40,57
PILARES	CONCRETO ARMADO FCK = 25 MPA	M ³	1,82	6,04	10,90	8,8	2	2	2	0,16	0,28	0,28	1	10,99	19,84

FONTE: Autoria própria (2023).

Com a finalidade de demonstrar o custo total gasto para implantação do muro com placas alveolares incluindo blocos e pilares, montou-se o Quadro 7, no qual percebe-se que o valor total correspondente para o método alveolar foi de R\$ 80.992,73.

QUADRO 7 – Gastos Totais atribuídos ao método alveolar							
ITEM	UNID.	QUANT. TOTAL	DIAS DE TRABALHO	BANCO DE DADOS	CÓDIGO	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
BLOCOS E ARRANQUES	M³	5,64	2	SEDOP	050729	3.276,26	18.478,11
PILARES	M³	1,82	1	SEDOP	050766	3.298,29	6.002,88
PAREDE ALVEOLAR (A= 6,38 M²) – INCLUSO: PRODUÇÃO, TRANSPORTE E INSTALAÇÃO.	UN.	71	9	COMPOS. PRÓPRIA	01	795,94	56.511,74
Total geral			12				80.992,73

FONTE: Autoria própria (2023).

Em relação à mão de obra para execução das paredes alveolares, o valor diário pago para cada oficial foi de R\$ 115,00, e para os serventes, R\$ 97,00, estando de acordo com os mesmos custos de composições da base de dados convencional. Sabendo-se do valor do custo de mão de obra para estes colaboradores, foi feita a multiplicação pelo tempo de produção dessas placas, chegando-se aos valores ilustrados na Tabela 7.

TABELA 7 – Valor de mão de obra do muro com painéis alveolares		
Colaboradores		
Oficial	Servente	Total (R\$)
Blocos e Arranques (colab. × Dias × Valor da Diária)		
$4 \times 2 \times 115 = 920,00$	$4 \times 2 \times 97 = 776,00$	1696,00
Pilares		
$4 \times 1 \times 115 = 460,00$	$4 \times 1 \times 97 = 388,00$	848,00
Parede Alveolar		
$4 \times 9 \times 115 = 4140,00$	$4 \times 9 \times 97 = 3492,00$	7632,00
Total geral (R\$)		$10.176,00 / 80.992,73 = 12,56\%$

FONTE: Autoria própria (2023).

Incluindo o valor gasto com mão de obra para os elementos estruturais (blocos, arranques e pilares) e placas alveolares, chegou-se a um valor total com mão de obra de R\$ 10.176,00, que representa 12,56 % do custo total desse método.

4.5 DISCRETIZAÇÃO DE CUSTOS

4.5.1 Elementos estruturais

Após a realização dos orçamentos de ambos os métodos e a partir dos dados dos Quadros 3 e 7, bem como de informações descritas ao longo desta seção, foi possível fazer uma comparação resumida dos custos de cada método. Assim, em relação aos valores para obra de alvenaria convencional, destaca-se que seria necessário o acréscimo dos custos com vigas baldramas, por se tratar de uma necessidade de projeto, o que impactaria no orçamento consumindo forma, concreto e aço. 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 deste

serviço.

4.5.2 Revestimento e pintura

No método convencional de blocos cerâmicos, logo após o fechamento do muro é feita a parte de acabamentos, demandando custos. Nos painéis alveolares não é obrigatório o revestimento, incluindo chapisco e reboco, onde seriam necessários cerca de R\$ 39.331,18, ou seja, 40% do valor total do método convencional de blocos cerâmicos. Em relação à pintura nas paredes alveolares de concreto armado, ressalta-se também que não é exigida, tendo em vista que a superfície do painel de vedação alveolar foi nivelada e acabada.

4.5.3 Mão de obra, tempo de execução e custo

Para o cálculo da mão de obra, algumas variáveis foram consideradas para análise comparativa entre os métodos, sendo eles: jornada de trabalho, produtividade dos profissionais e o tempo de execução da obra. O efetivo de funcionários da obra de paredes alveolares de concreto armado foi de oito funcionários, sendo quatro pedreiros e quatro serventes. A princípio, contrataram-se profissionais que, apesar de terem muita experiência em obras, não tinham amplo conhecimento sobre o novo método construtivo.

Ademais, para o método convencional foi considerada neste artigo a mesma quantidade de profissionais visando uma efetiva comparação. Desta forma, foi possível gerar um gráfico comparativo de valores de mão de obra e tempo de execução, expressos nos gráficos das Figuras 14 e 15.

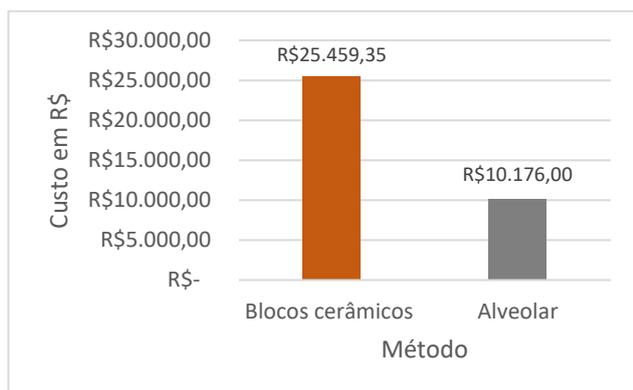


FIGURA 14: Comparação dos custos de mão de obra
FONTE: Autoria própria (2023).

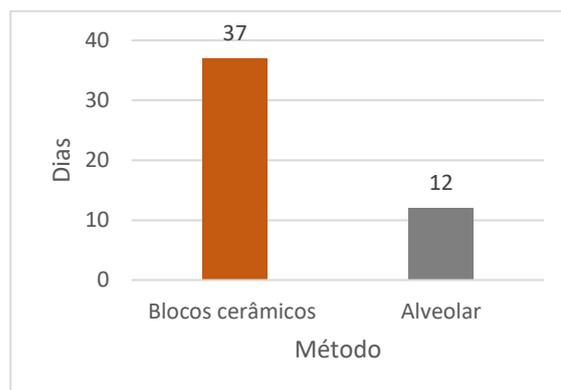


FIGURA 15: Comparação do tempo de execução
FONTE: Autoria própria (2023).

Na Tabela 8 é apresentado um resumo final do orçamento feito para os dois métodos, destacando-se os itens que se diferenciam.

TABELA 8: Resumo final de ambos métodos		
Item	Blocos cerâmicos	Painel alveolar
Mão de Obra (Pedreiro/Servente)	25.459,35	10.176,00
Viga Baldrame	6.201,12	0,00
Vedação (cortina)	22.374,33	53.327,98
Chapisco	5.201,35	0,00
Emboço e Massa Única	34.149,83	0,00
Valor do m ² (R\$)	225,00	182,00

FONTE: Autoria própria (2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no estudo comparativo-orçamentário do uso de painéis alveolares apresentado neste artigo, pôde-se concluir que a implantação de paredes alveolares no muro de fechamento da obra realizada em Santa Isabel do Pará foi mais vantajosa em relação à construção com o método convencional. Os resultados evidenciam que houve ganhos quanto ao tempo de execução da obra, visto que ela foi realizada em 12 dias, incluindo os 9 dias para produção das placas e os 3 dias em que foram construídos os blocos, arranques e pilares. Considerando esse aspecto positivo do tempo de execução, ressalta-se que houve redução significativa dos custos com mão de obra no método alveolar, tendo sido o valor calculado em R\$ 10.176,00; no método convencional, o custo foi estimado em R\$ 25.459,35. Dessa forma, pode-se observar que houve uma economia de R\$ 15.283,35, uma diferença de 60%.

Conseguiu-se perceber também que o custo com materiais e com logística impactam diretamente no valor dos painéis alveolares. Estratégias como, por exemplo, diminuição da espessura da placa, produção *in loco* e produção de peças com menor área de seção acabam por influenciar no preço final dos painéis. Mesmo assim, fazendo uma comparação do orçamento da prefeitura com o orçamento da empresa, obteve-se uma redução de custo de R\$ 15.977,96, cerca de 16% em relação ao valor total orçado. Isso advém, principalmente, do fato de esses painéis não necessitarem nem de acabamentos (chapisco, reboco etc.), nem de vigas baldrame. Aliado a tudo isso, diminuiu-se 25 dias com a implementação do método alveolar. Enfim, o método alveolar possui vantagens e desvantagens, logo é preciso escolher um método que se adapte as delimitações, características e tamanho da obra, e justifique o custo-benefício empenhado.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118:2014: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2014
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16475:2017: **Painéis de parede de concreto pré-moldado. Requisitos e procedimentos**. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9062:2017: **Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2004
- BPM, Pré-moldados. **Manual de informação**. Disponível em: <https://www.bpm.com.br/produtos.php?id=2>. Acesso 04 de abril de 2023.
- CARVALHO, L. F. **Sistema construtivo em paredes de concreto para edifícios: dimensionamento da estrutura e aspectos construtivos**. 2012. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- CICHINELLI, G. C. **Pré-fabricados de Concreto**. Revista Construção. Ed 98. São Paulo, 2009. Acessado em 02/05/2023.
- EL DEBS, Mounir Khalil. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. 2. ed. -- São Paulo: Oficina de Textos, 2017.
- LIBRELOTTO, L. I. **Custos na construção civil: uma análise teórica e comparativa**. Florianópolis, 1998.
- MILITO, J. A. **Alvenaria**. In: **Técnicas de construção civil e construção de edifícios**. [São Paulo], 2009. 296 p.
- MATTOS, Aldo Dórea. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. 1.ed. São Paulo: Pini, 2006.
- MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo; Pini, 2010.
- NASCIMENTO, O. L. **Alvenarias. Manual de Construção em Aço**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004.
- SANTOS, A. **Inovação ainda é o grande dilema da construção civil**. Outubro de 2017. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/inovacao-dilemaconstrucao-civil/>>. Acesso em: 20 de julho de 2023.

SANTA ISABEL, prefeitura. **Tomada de preços nº 004/2022 (contratação de empresa de engenharia para executar os serviços de reforma e ampliação do centro de convivência de idosos)**. Disponível e: < <https://santaizabel.pa.gov.br/tomada-de-precos-no-004-2022/>. Acesso 05 de maio de 2023.

ROCHA, C. **Norma comentada: NBR 16475 – painéis de parede de concreto pré-moldado – requisitos e procedimentos**. Maio de 2020. < <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/abnt-nbr-16475/>>, Acesso em 27 de agosto de 2023.