



Uso de pré-moldados de concreto na construção civil: comparativo entre o método tradicional e os pré-moldados

Ana Gabriele Ribeiro da Silva, Franciely Brito de Santana, Isabella Cruz dos Santos, Keila Alves da Silva, Renildo Henrique Araújo dos Anjos.
(anagabriele2017@outlook.comfrancielybritoo11@gmail.comisabella.santos19@outlook.comkeeilaalvess16@gmail.comrenildo34@hotmail.com)

Professor orientador: Paulo Ricardo Ramos Santos

Coordenação de curso de Engenharia civil

Resumo

Na indústria da construção civil existem possibilidades de aplicação de diferentes sistemas construtivos, atualmente, no Brasil, o sistema mais utilizado é o misto, o qual se caracteriza como um sistema de baixa produtividade, maior probabilidade de erros construtivos e desperdício de materiais. Por isso, a curiosidade por outros métodos que sejam superiores, com menos desperdício, e mais ágeis é indispensável.

Dessa forma, é uma boa escolha abordar o sistema construtivo com a utilização de peças pré-moldadas de concreto, pois, a utilização dessas peças possui várias vantagens, pode-se destacar a agilidade e a diminuição de mão de obra, os quais contribuem para um menor prazo de execução e economia no custo geral da obra.

Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo relatar o comparativo entre o método construtivo tradicional e os que utilizam pré-moldados de concreto. A partir de estudos bibliográficos foi possível destacar as vantagens e desvantagens em relação ao custo, execução e mão de obra dos dois métodos, chegando-se à conclusão que a utilização de pré-moldados é mais vantajosa para obras de médio e grande porte, mas também, podem ser aplicados em obras menores, com a utilização de peças específicas.

Palavras-chave: Sistema construtivo. Método convencional. Pré-moldados. Concreto. Comparativo.

1. INTRODUÇÃO

Conforme Vasconcelos (2002), como o concreto armado já era moldado em outros locais desde o seu surgimento, não há como saber quando e onde foram utilizadas as primeiras peças pré-moldadas de concreto. A construção civil está em constante evolução, buscando sempre otimizar tempo, custo e qualidade, segundo Cichinelli (2009) as obras que utilizam pré-moldados possibilitam maior rapidez na execução, diminuição de resíduos e desprezo de formas, no entanto esse método ainda é pouco utilizado no segmento habitacional. Por outro lado, o método tradicional, de acordo com Oliveira e Lopes (2014), é o mais utilizado nas construções residenciais, mesmo apresentando imperfeições por ser totalmente montada *in loco*.

O objetivo deste artigo é apresentar comparativo entre o método moldado *in loco* e o uso de pré-moldados de concreto em geral na construção civil. Sabe-se que

de acordo com Oliveira e Lopes (2014), o sistema construtivo com uso de pré-moldados é o mais utilizado em obras de grande porte e raramente em obras residenciais, e que com a utilização dos pré-moldados de concreto tem-se superioridade em relação ao desperdício de material e o tempo gasto para finalizar a obra.

Desse modo, surgiu então curiosidades sobre as vantagens e desvantagens, e sobre o processo de construção desses dois métodos construtivos, as quais influenciam fortemente em uma escolha que busque qualidade, economia e boa execução.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Perspectiva histórica geral

Com base em Nascimento (2007), a alvenaria convencional é um sistema construtivo com origens antigas que começou com a simples inserção de materiais num esforço para chegar a um fim desejado. De certa forma, este método obteve sucesso pelas dificuldades que enfrentou, provavelmente em função de uma economia mais estável ao longo do tempo e de uma maior preocupação com o aumento da concorrência no mercado. Como resultado, houve uma necessidade crescente de elementos e estratégias distintas que englobam todas as preocupações que a alvenaria ainda não abordava.

Em relação aos métodos construtivos utilizados no Brasil, Ramalho (2003) afirma que o método tradicional que está enraizado na cultura habitacional brasileira é a alvenaria convencional, por esta razão é o método mais utilizado para a construção de casas e edifícios. Utiliza-se materiais básicos como cimento, blocos de vedação e alumínio, mas é caro em custos de mão de obra e tem baixa produtividade.

No que diz respeito ao sistema construtivo com a utilização de peças pré-moldadas, Talbot e Francis (2012) declara que, o uso de placas pré-moldadas em concreto teria sido o primeiro registro do uso do concreto armado na construção civil, desenvolvidas através do engenheiro britânico John Alexander Brodie, o qual visava uma construção mais ágil e mais em conta.

Conforme Ordonéz (1974), em um momento de pós-guerra na Europa com a ausência de materiais, de mão de obra qualificada e a necessidade de reconstruir em prazo menor e em grande quantidade, foi a causa significativa para o surgimento dos pré-moldados.

Dawson (2003) aborda que em meados dos anos 40 e 50 houveram modificações relevantes em relação à utilização dos pré-moldados, pois, o desenvolvimento dos guindastes e dos processos mecanizados facilitou muito a indústria da construção civil. E, após a Segunda Guerra Mundial a necessidade de componentes pré-moldados que economizem tempo e dinheiro, além de equipamentos que agilizem o processo de construção, aumentou progressivamente.

Em referência à aplicação de pré-moldados no Brasil, El Debs (2017) afirma que o início da utilização do concreto pré-moldado foi no ano de 1925, com a produção de estacas que foram utilizadas na fundação do Jockey Clube, situado no Rio de Janeiro.

Conforme Vasconcelos (2002), em São Paulo, ao longo da década de 1950, a Construtora Mauá realizou diferentes obras de galpões com peças pré-moldadas. A metodologia consistia em empilhar as peças cortadas verticalmente, uma em cima da

outra, separando-as com papel parafinado. Isso economizou tempo e espaço no canteiro de obras.

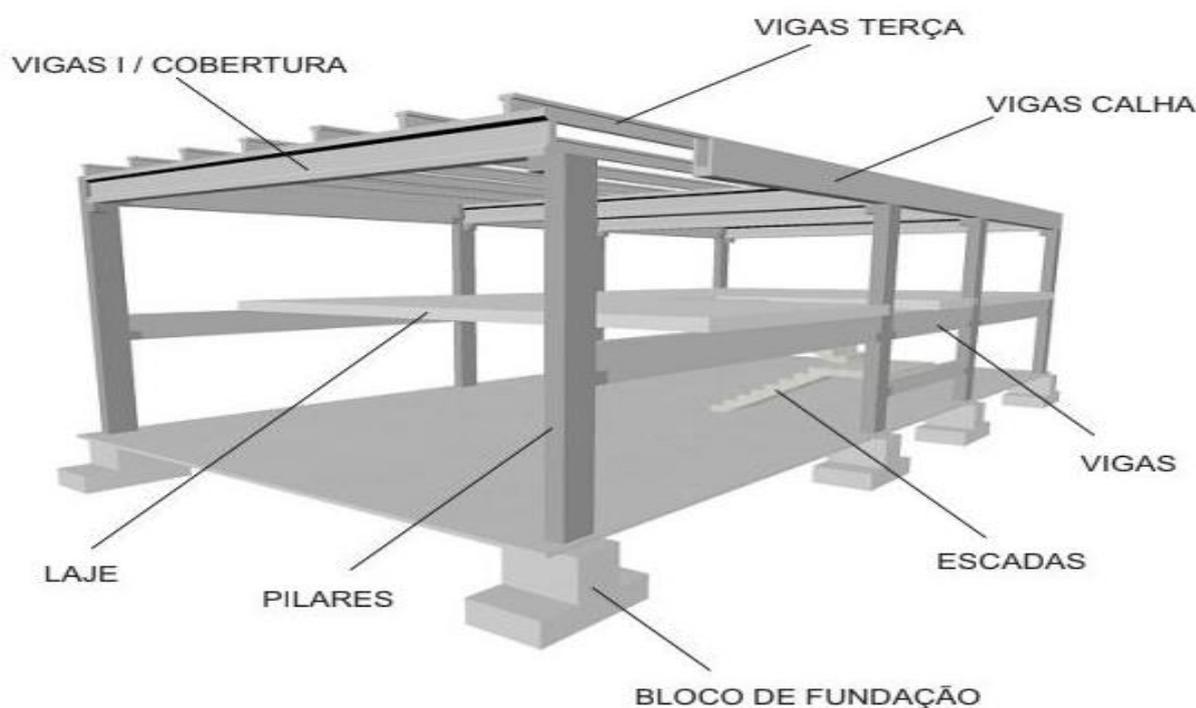
A utilização de peças pré-moldadas vem crescendo progressivamente ao longo dos anos. Como Doniak (2014) explica, as peças pré-moldadas tiveram papel importante na conclusão das obras dos estádios utilizados na Copa do Mundo de 2014.

Atualmente no Brasil, segundo Costa (2013), o método de moldagem do concreto *in loco* é o mais utilizado na construção civil. Este utiliza pilares, vigas e lajes em concreto armado para a superestrutura da edificação e alvenaria de blocos cerâmicos para vedação.

2.2. Pré-moldados de concreto

Segundo Daldegan (2016) pré-moldados são elementos montados fora do seu local permanente na construção, esses elementos podem ser vigas, pilares, lajes alveolares, escadas entre outros elementos estruturais de concreto, podendo ser moldada no próprio canteiro de obra ou na fábrica.

Figura 1 – Detalhamento de peças pré-moldadas



Fonte: (SALEMA, 2022)

De acordo com ABDI (2015) existem alguns tipos de sistemas de pré-moldados de concreto, são eles: em esqueleto, aporticados, as fechadas, entre outros, podendo utilizar mais de uma em um único projeto, combinados ainda por partes de concreto montadas *in loco*, uma vez que seja decidido durante a elaboração do projeto, a confecção do projeto arquitetônico juntamente com o projetista estrutural e por quem vai executar a obra. Para Chastre e Lúcio (2012), o sistema aporticado é um conjunto de pórticos formados por pilares e vigas pré-moldadas, são geralmente utilizadas na construção de instalações comerciais e galpões industriais. E segundo Chastre e

Lúcio (2012), o sistema esqueleto é constituído de pilares vigas e lajes, sendo utilizado em obras grandes uma vez que possibilita a construção de estruturas de vãos grandes. Já as fachadas pré-fabricadas, segundo Melo (2007), dispensam vigas e pilares, mas geralmente são utilizadas juntamente com o método esqueleto, esse tipo de fachadas possui funções estrutural e decorativa.

Pode-se afirmar que a utilização dos pré-moldados está cada vez mais frequente na construção civil. Sendo assim, conforme Andrade (2011), os pré-moldados estão sendo empregados desde obras grandes de alto padrão, prédios industriais e residenciais, até em obras residenciais e populares, de maneiras sustentáveis, protegendo o meio ambiente.

2.3. Concreto armado moldado *in loco*

Segundo Costa (2013), o método construtivo predominante no Brasil atualmente, é a moldagem de concreto *in loco*. O mesmo utiliza de pilares, vigas e lajes para superestruturas da edificação, utilizando também alvenaria de blocos cerâmicos para vedação. Para Pieper e Oliveira (2021), de modo geral, o método construtivo convencional moldado *in loco* é uma escolha que exige grande uso de mão de obra e também possui muitos elementos artesanais em sua execução. Sua ampla utilização na construção civil brasileira deve-se principalmente ao fato de os custos de mão-de-obra serem mais baixos, tornando as técnicas construtivas industrializadas menos competitivas, e à cultura organizacional das construtoras, que controlam o uso desse método de forma generalizada. Outro fator importante é o rápido avanço tecnológico deste método em resposta às limitações do processo de fabricação de moldes atualmente em uso. Isso é realizado por meio de técnicas racionalizadas de gerenciamento de materiais, sistemas de estrutura reutilizáveis que podem ser montados e desmontados quase instantaneamente, pré-fabricação do armamento e mecanização das operações.

Figura 2 - Sistema construtivo moldado *in loco*



Fonte: (Assamix, 2017)

De acordo com Santos (2008), o concreto está no centro da consolidação de um dos poucos sistemas tecnológicos genuinamente desenvolvidos no Brasil e serve como componente fundamental na organização das áreas de engenharia e

arquitetura, bem como de todas as outras práticas que se enquadram em sua competência. A construção civil brasileira está organizada em torno do sistema construtivo de concreto armado.

Em relação às características do concreto, de acordo com Pieper e Oliveira (2021), a resistência à compressão é uma das muitas características do concreto, entre outras. Ele é composto por água, cimento, agregados, grãos e miúdos e, em alguns casos, são utilizados aditivos. A reação entre a água e o cimento farão com que aconteça o endurecimento da massa, já os agregados uma vez adicionados, eles preencherão os espaços vazios e ajudarão o concreto a ganhar resistência, reduzindo as retrações e a possibilidade de fissuras durante o tratamento.

2.4. Fabricação e transporte dos pré-moldados

Figura 3 – Fabricação de pré-moldados



Fonte: (PRECON, 2022)

A área de fabricação de pré-moldados exige um profissional qualificado que tenha todo o conhecimento e fácil acesso aos controles de qualidade dos materiais, mantendo sempre a organização, e observando a logística relacionada às dimensões dos elementos que foram concretados. Segundo Cruz (2002), trabalhando com agilidade e organização, desde o recebimento da matéria prima básica até o produto final é vantajoso para a logística ao amadurecer as trajetórias de transporte de materiais e cargas dentro do pátio de produção.

Figura 4 – Transporte de pré-moldados



Fonte: (PRECON, 2022)

Segundo El Debs (2000), as etapas da execução dos pré-moldados são divididas em três grupos: as atividades preliminares, à execução propriamente dita e as atividades posteriores.

Atividade preliminares:

- a) preparação dos materiais: incluem-se nesta fase o armazenamento das matérias primas, a dosagem e a mistura do concreto, o preparo da armadura (corte e dobramento) e a montagem da armadura, quando for o caso;
- b) transporte dos materiais ao local de trabalho: transporte do concreto misturado até a forma, normalmente feito por meio mecânico, e transporte da armadura, montada ou não.

Execução propriamente dita:

- a) preparação das fôrmas e da armadura: limpeza da fôrma, aplicação de desmoldante, colocação da armadura montada, ou montagem da armadura, colocação de peças complementares, como, por exemplo, insertos metálicos, fechamento de fôrma, aplicação da pré-tração na armadura quando for o caso;
- b) colocação do concreto (moldagem): lançamento e adensamento do concreto, eventuais acabamentos;
- c) cura do concreto: operação correspondente ao período em que o elemento moldado fica na fôrma até atingir a resistência adequada;
- d) desmoldagem: liberação da força da protensão, quando for o caso, e retirada do elemento da fôrma.

Atividades posteriores:

- a) transporte interno dos elementos: transportes dos elementos do local da desmoldagem até a área de armazenamento ou área de acabamento, em certos casos;
- b) acabamentos finais: inspeção, tratamentos finais, eventuais remendos e maquiagem;
- c) armazenamento: período em que os elementos permanecem em local apropriado até o envio à obra. (EL DEBS,2000, p. 33 e 34)

De acordo com a ABNT (2017), na execução de elementos, os profissionais responsáveis pela área da produção e do controle de qualidade devem estar de posse de manuais técnicos, os quais devem apresentar no mínimo as seguintes especificações e procedimentos:

Fôrma: montagem, desmontagem, limpeza e cuidados;

Armadura: diâmetro dos pinos para dobramento das barras, manuseio, transporte, armazenamento, estado superficial, limpeza e cuidados;

Concreto: dosagem, amassamento, consistência, descarga da betoneira, transporte, lançamento e adensamento;

Protensão: forças iniciais e finais, medidas das forças e alongamentos, manuseio, transporte, armazenamento, estado superficial, limpeza e cuidados com os fios, barras ou cabos de protensão;

Liberação da armadura pré-tracionada: método de liberação da armadura de seus apoios independentes e de seccionamento da armadura exposta entre elementos dispostos em linha, no caso de pistas de protensão na produção de elementos de concreto pré-fabricados protendidos por pré-tração, cuidados e segurança contra acidentes;

Manuseio e armazenamento dos elementos: utilização de cabos, balancins ou outros meios para suspensão dos elementos, pontos de apoio, métodos de empilhamento, cuidados e segurança contra acidentes; Tolerâncias dimensionais e em relação a defeitos aparentes das fôrmas e da armadura, tolerâncias quanto à variação da consistência e defeitos aparentes do concreto fresco, tolerâncias quanto à discrepância entre a medida do alongamento e da força aplicada à armadura protendida, tolerância em relação às resistências efetivas do concreto, tolerâncias de abertura de fissuras, tolerâncias dimensionais e em relação a defeitos aparentes dos elementos pré-fabricados acabados (ABNT, 2017, pg. 76).

2.5. Especificações do controle de qualidade e produção dos pré-moldados

Segundo El Debs (2000), divide-se as atividades envolvidas na execução de pré-moldados em três etapas: as atividades preliminares, à execução propriamente dita e as atividades posteriores. Nas atividades preliminares estão incluídas a preparação de todo o material sendo armazenamento das matérias primas, dosagem e mistura do concreto propriamente dito, preparação e montagem da armadura quando necessário, e por fim o transporte destes materiais até o local de trabalho, ou seja, até a fôrma. A execução é a etapa na qual é preparada a fôrma e armadura, seguindo assim para a aplicação do concreto e cura, finalizando com a liberação da força de protensão, quando for o caso, e com a retirada do material da fôrma desmoldado. Por fim, as atividades finais esta relacionadas ao transporte interno dos elementos, ou seja, sua retirada do local de desmoldagem até a área onde vai ser armazenado todo o produto final, além de também passar por 5 das atividades de inspeções, tratamentos finais, eventuais remendos e maquiagem das peças pré-moldados. Vale ressaltar que a armazenagem é uma fase importante para que a

resistência do concreto atinja seu valor projetado. Por fim, o tempo em que uma peça fica armazenada deve ser o menor possível para que dê espaço para novas peças fabricadas.

Sabe-se que todo e qualquer tipo de material possui seu estado final que se deve estar para atender normas e especificações para que esteja sempre na legalidade para que seja utilizado, não trazendo problemas futuros para quem está utilizando tal produto ou serviço, possuindo assim seus parâmetros de qualidades para que se atenda aqueles objetivos prescritos pelo produto final atendendo assim pontos como segurança, sua eficiência e toda sua questão estética. Segundo Geyer e Sá (2006), o estado de qualidade de uma estrutura de concreto armado depende muito do controle de suas capacidades, não pensando somente no seu estado enrijecido, como muitas vezes se fecha apenas ao controle tecnológico, nos ensaios de resistência à compressão simples (concreto endurecido). Deve-se também fazer um monitoramento dessa estrutura no seu estado fresco, analisando suas outras características igualmente pois não é menos importante que o produto final no seu estado endurecido, para que assim se garanta as propriedades e qualidade pretendidas durante o processo e ao final do produto chegando ao produto final com todas as suas características e propriedades atingidas.

Figura 4 - Fabricação de pré-moldados



Fonte: (Jornal Grande Bahia, 2016)

De acordo com a NBR 9062 (ABNT, 2017), o controle de qualidade e a verificação de todas as etapas de produção, transporte e montagens dos elementos pré-moldados devem ser executados de forma a garantir o cumprimento das especificações do projeto. O controle de qualidade deve ser sistêmico, seguindo todas as etapas exigidas, indo da concepção à montagem, concentrada na produção e na análise das matérias-primas recebidas.

Segundo os itens 12.2.1 a 12.2.3 da NBR 9062 (ABNT, 2017) os elementos devem ser identificados de forma individual e, quando for necessário, deve-se identificar por lotes de produção. A inspeção das etapas de produção abrange a confecção da armadura, as formas, o amassamento e lançamento do concreto, o armazenamento, o transporte e a montagem. É de suma importância registrar por escrito, em documento próprio onde constem a identificação da peça, a data de fabricação, o tipo de aço e de concreto utilizados e as assinaturas dos inspetores responsáveis pela liberação de cada etapa de produção devidamente controlada.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa, foi realizado um comparativo através de levantamento de dados referentes ao uso de pré-moldados de concreto e ao sistema moldado *in loco* na construção civil, enfatizando suas características, históricos, implantação e utilização. Foi apresentado neste artigo as vantagens e desvantagens desses métodos construtivos, com a finalidade de apresentar qual dos dois métodos é superior. Na coleta dos dados e informações utilizou-se a literatura narrativa como fonte de pesquisa, empregando embasamento científico de livros e artigos para uma melhor compreensão e análise.

Gil (2008) define a pesquisa como um processo apurado e organizado das etapas do método científico. O objetivo principal da pesquisa é usar métodos científicos para identificar soluções para problemas. São três níveis destinados às pesquisas, são eles: pesquisas exploratórias, descritivas e explicativas. De acordo com as definições de Gil (2008), é possível afirmar que a metodologia utilizada neste artigo é referente a uma pesquisa explicativa, a qual segundo Gil (2008), tem o objetivo de identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Este é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão dos acontecimentos. Em relação aos procedimentos técnicos, essa é uma pesquisa bibliográfica e documental. E no que diz respeito às vantagens e desvantagens de cada método foram abordados vários fatores encontrados em fundamentações teóricas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Comparativo em relação a desperdício de material e mão de obra.

O método de construção com pré-fabricados nos permite uma execução mais rápida e acelerada da obra segundo Mayor (2012), gerando assim um planejamento menor, tendo na maioria dos casos uma grande redução da quantidade de mão de obra e material utilizado, se comparado com o método convencional de concreto moldado na obra. Pensando em outra vertente, alguns fatores dificultam a utilização dessas peças pré-moldadas, pois, na maioria das vezes exige uma mão de obra mais qualificada e com grande conhecimento sobre o processo de execução.

Já o método convencional é uma opção que demanda uma grande utilização de mão de obra de acordo com Mayor (2012), e ainda tem muitos aspectos artesanais nas execuções dos projetos. A sua execução, em grande proporção no Brasil, se dá principalmente ao fato da mão de obra no Brasil ser mais barata, tornando assim a produção de pré-moldados menos competitiva, além disso a questão da cultura das construtoras que dominam esse método, e por isso utilizam na maior parte dos empreendimentos.

Falando na questão dos desperdícios e na questão econômica, para Acker (2002), o modo de construção pré-moldado possui um elevado valor econômico, desempenho estrutural e durabilidade em comparação às construções moldadas *in loco*, pois leva em consideração o uso controlado dos materiais que são utilizados na produção das peças, gerando assim um menor desperdício. Isso só ocorre por conta da utilização de equipamentos modernos e padrões de produção bem elaborados.

Ainda em relação ao desperdício, levando em consideração a questão ambiental, para Acker (2002), a produção do pré-moldado apresenta-se como algo

executável: com uma redução de até 45% de materiais; redução de energia de até 30%; redução no processo de demolição de 40%, reduzindo assim a quantidade de entulhos que pode gerar grande impacto ao meio ambiente quando é bem descartado. Sendo assim, muitas das fábricas já estão reciclando o desperdício do concreto seja ele endurecido ou fresco, e futuramente as indústrias de pré-fabricados funcionarão como um sistema fechado de produção, onde todo material gasto é utilizado e processado novamente, observa-se assim o quanto é algo racional e reduz bastante o desperdício.

Um outro fator que ganha bastante importância na questão do desperdício e da reutilização de material na produção do pré-moldado, segundo relata Mayor (2012), é que ele permite a utilização de formas permanentes, que são feitas de aço, concreto, plástico reforçado com fibra de vidro ou painéis de madeira revestidos com película. As formas produzidas com esses materiais têm uma alta qualidade nas suas superfícies além de poderem ser reutilizadas várias vezes, do que as formas compensadas de madeiras utilizadas *in loco*, diminuindo assim o desperdício, e economizando tais materiais.

4.2. Comparativo em relação ao prazo

Todas as etapas da produção de estruturas pré-moldadas são realizadas na fábrica, antes de irem para a execução na obra. Segundo Ferreira (2003), o sistema pré-moldado de concreto possui muitas características positivas, é possível atribuir na sua produção uma mão de obra especializada e possuem um alto controle tecnológico e estão dentro do que é exigido nas normas técnicas brasileiras.

Em relação aos prazos, esse sistema é que não depende do clima e as fabricações das peças para a estrutura da obra continuam, enquanto em um método tradicional, depende-se do clima para poder dar continuidade à obra. Soares, Santana e Nascimento (2016), destacam que as peças são fabricadas em uma fábrica fechada e assim não sofre interferência de qualquer fator climático como chuva e frio, que possa atrasar o tempo que foi programado para a finalização do produto.

E algo que também deve ser relevado é o curto tempo da produção de pré-moldados de concreto, as peças pré-moldadas na fábrica a facilidade, agilidade e qualidade já é uma vantagem comparado ao método tradicional e também o curto tempo de construção da sua obra e esse tempo um grande atrativo. A Organização é fundamental nesse sistema, pois desordem gera desperdício de tempo e com isso acarretará em prejuízos, todas as etapas de produção devem ser planejadas com toda atenção para evitar que ocorram dúvidas no serviço ou erros que já significa desperdício de tempo e custo.

Segundo Edificar (2016), a produção do pré-moldado na própria obra depende das características específicas de cada projeto, esses produtos são de ótimas opções do ponto de vista econômico, a partir de que seja planejado, destacando os custos que envolvem tempo de execução, transporte, dimensões das peças e qualidade de acabamento e trazendo muitos benefícios durante o processo construtivo, como custos acessíveis, redução de prazo e entre outros.

4.3. Comparativo em relação a execução

Quando se faz o comparativo dos dois métodos a única diferença entre o método de construção convencional e pré-moldados está na forma como eles são executados. Segundo Vasques e Pizzo (2014), o sistema convencional consiste em "pilares, vigas e lajes de concreto armado, com as aberturas sendo preenchidas com telhas cerâmicas para vedação.

Estruturas pré-moldadas têm relação com a flexibilidade de seus projetos como resultado da produção das peças na fábrica. Sendo assim, é possível obter qualquer tamanho e estilo estrutural, dependendo da forma do fabricante, sendo peças prontas que só são instaladas no local da obra. Uma vez que os itens vêm da fábrica após o período de cicatrização, o corte não é necessário para a pré-fabricação. Velho (2015), fala que flexibilidade são componentes sob medições para projetos especializados, com definição prévia de materiais, garantia de originalidade, plasticidade e modernidade, tudo dentro de um sistema aberto capaz de aceitar outros componentes estruturais.

Sobre as formas que são usadas na construção convencional, de acordo com a análise de Calçada (2014), a execução das fôrmas começa principalmente com a transferência dos eixos fundamentais e do nível para a localização correta dos pilares a fim de iniciar uma estrutura de concreto. Já na construção das peças estruturais no sistema pré-moldado, são utilizadas formas metálicas; pois, segundo Brumatti (2018), no método convencional de construção, o uso de madeira resulta em um sistema menos vantajoso devido o desperdício significativo da matéria-prima e o alto custo da madeira.

Para Miranda (2014), o uso de formas metálicas é um procedimento mais flexível, pois pode ser usado para peças de vários tamanhos e seções sem a necessidade de troca para que outros tipos de peças sejam feitos, como é a realidade da construção convencional.

De acordo com Acker (2002), o processo de pré-moldado e a vedação dos vãos da edificação é realizado através de painéis de fechamento autoportantes ou não-portantes produzidos na fábrica sob medida e transportadas até o local da obra, sendo que no primeiro caso, os painéis são empilhados um sobre o outro e inicialmente apoiadas por uma viga baldrame, criando uma parede no estilo cortina. No segundo caso, os painéis são fixados individualmente à estrutura. Nesse caso, existe uma menor incidência de resíduos materiais e, conseqüentemente, um menor consumo de matérias-primas, tornando esse procedimento menos prejudicial ao meio ambiente.

Porém, segundo Calçada (2014) no método convencional, o sistema de vedação é fácil, apesar da necessidade de atenção no início com o alinhamento da primeira fiada, que carece ser feito com muito cuidado e atenção, além de fazer principalmente o que é solicitado pelo profissional, a fim de garantir um trabalho de alta qualidade e prevenir a perda de material. Tornando-se uma das etapas mais críticas no processo de uso do material, pois é o estágio em que os erros ocorrem com mais frequência. Um exemplo primordial é o transporte de blocos, que pode resultar em um colapso e posteriormente a perda dos blocos.

Pensando nessa situação, Acker (2002) explica que instalações preliminares em estruturas pré-moldadas permitem a integração de elementos estruturais e vedação, pois, em estruturas pré-moldadas, as peças já são produzidas de acordo com o plano de instalação, encurtando os tempos de instalação e mão-de-obra. Ainda assim, as peças podem ser fornecidas com uma ampla gama de nichos, eliminando quaisquer imperfeições pela remoção de materiais.

Em contrapartida na construção convencional segundo Calçada (2014), o profissional deve cortar a parede, ou melhor, desfazer um serviço previamente concluído para inserir as instalações, dessa maneira ocorre o retalhamento dos elementos de vedação, devido o intuito de fixar as instalações, aumentando o desperdício de material.

Falando sobre revestimento, segundo Acker (2002), esse procedimento não é necessário em relação especificamente ao sistema pré-moldado, dado que a superfície do painel de vedação já está pronta. Porém, ao optar pelo uso de um revestimento, podem ser utilizados materiais como pedra natural, tijolos, revestimentos cerâmicos e outros materiais que serão moldados com o painel.

Na visão de Calçada (2014), no sistema de construção convencional, os revestimentos podem ser feitos com argamassados, cerâmicas, pastilhas e outros materiais que alcançam o resultado desejado. No entanto, esse processo consome muito material, por isso, para reduzir esse déficit, as pessoas optam por usar projetos de paginação em um esforço para reduzir o desperdício, estimular a economia e potencializar a produção.

4.4. Comparativo em relação a custo

De acordo com Cebeu, Roedel, Baron e Reis (2021), as estruturas pré-moldadas possuem vantagens que muitos consumidores buscam em relação ao custo final da obra, uma vez que, nesse método construtivo, o orçamento inicial continua o mesmo, ou seja, não sofre nenhum reajuste por perda material. O qual se difere das peças moldadas *in loco*, que apresentam desperdício de material e até mesmo, compras em excesso. O custo também pode ser relacionado ao prazo de entrega da obra, pois, construções que utilizam o sistema tradicional são mais demoradas, ocasionando gastos a mais no canteiro.

A produção de peças pré-moldadas, segundo Oliveira (2015), é realizada em fábricas, seguindo padrões exigidos nas normas técnica brasileiras, com alto rigor de qualidade. Partindo desse ponto, as obras que usam essas peças as recebem prontas para serem instaladas na construção. Por outro lado, no método construtivo tradicional todo o processo precisa ser realizado no canteiro de obra, tendo um custo para cada etapa construtiva. De acordo com Simão (2015) o uso de pré-moldados é um investimento que traz retorno em curto prazo, mesmo com um investimento inicial alto, uma vez que o proprietário consegue sua obra entregue com uma grande diferença de tempo em comparação ao método tradicional.

Em conformidade com o Instituto de Engenharia (2004), para que o levantamento de dados dos custos de uma obra se transforme em um orçamento, é necessário incluir o BDI (Benefícios e Despesas Indiretas), ou seja, é um imposto que se soma ao custo total da obra, e seu resultado é consequência de uma operação matemática baseada em dados orientados e objetivos relevantes para cada tipo de construção. De acordo com González (2008), as despesas do BDI são basicamente atreladas aos custos administrativos da empresa e possíveis acontecimentos não previstos, podem ser considerados: aluguel do prédio e equipamentos, mobiliário, consumo de energia elétrica, salário dos colaboradores, custos com veículos, assessorias e tributação em geral.

De acordo com Nardi (2016), sem considerar o BDI (Benefícios e despesas indiretas), na etapa de fundação a utilização de peças moldadas *in loco* é 74,42% mais barata se comparada ao custo de uma fundação com peças pré-moldadas. Em vigas, o custo para a execução da estrutura no método convencional fica 9,88% em

comparação às vigas pré-moldadas. Para a execução de pilares, novamente é mais acessível a utilização de pilares moldados *in loco*, pois, o custo é 35,02 % mais vantajoso. Já na etapa de laje as peças pré-moldadas mostraram-se mais benéficas com 12,10 % a menos no valor em relação ao sistema tradicional. Na fase de vedação, tem-se novamente um custo mais viável no método convencional, mostrando-se 15,64 % mais em conta defrontado com a utilização de pré-moldados. E na fase de cobertura, a diferença entre os dois métodos foi de 8,77%, com o sistema moldados *in loco* sendo mais vantajoso. Ainda em conformidade com Nardi (2016), somando os valores totais da obra, o método construtivo convencional demonstra-se 12,26% mais acessível que o total somado na construção da estrutura pré-moldada.

4.5. Discussão de vantagens e desvantagens dos dois métodos construtivos.

As estruturas pré-moldadas exigem mão de obra especializada e transporte adequado para o manuseio no canteiro de obras, esses fatores muitas vezes são levados como ponto de decisão para não serem usados, principalmente nos interiores do país. Mas, as suas vantagens são evidentes com tudo que foi exposto no artigo. Nas Figuras 5 e 6 é mostrado a diferença no canteiro de obra de construções com pré-moldados e com o método construtivo tradicional *in loco*.

Figura 5 – Instalação de peças pré-moldadas



Fonte: (Abcic, 2014)

Figura 6 – Sistema construtivo convencional



Fonte: (Autorial, 2022)

Nas obras utilizando o método tradicional *in loco*, para a execução dos pilares e vigas, por exemplo, é necessário a utilização de formas (figura 7), podendo gerar transtornos com atrasos e desperdícios. Outro fator relevante é a limitação do tamanho das estruturas de concreto, fator que não é problema com o uso dos pré-moldados, os quais permitem a realização de megas estruturas, como ilustrado na imagem 8, que exibe um pilar de 35 metros de altura.

Figura 7 – Sistema construtivo convencional



Fonte: (Fontura, 2012).

Figura 8 – Transporte de pilar pré-moldado de 35m



Fonte: (MILLEN, 2009).

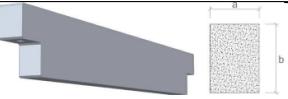
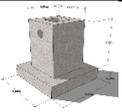
Tratando-se de prazo para execução de obra, o uso de pré-moldados é bastante superior ao montado *in loco*, pois toda a parte estrutural já vem pronta de fábrica, sendo necessário apenas fazer a montagem nos locais dimensionados em projeto e em seguida iniciar o levantamento de paredes, telhado e acabamento, etc. Já na obra no método tradicional toda a construção é feita *in loco*, assim, com a montagem de fôrmas, ferragens e cura do concreto ela requer um prazo maior para ser concluída.

A diferença do custo é um ponto que é bastante considerado, mas, será que as vantagens de seu uso não suprem essa diferença no capital investido? Até por motivos de segurança do proprietário da obra por não ter transtornos com falta ou desperdício de material, prazo de entrega e conseqüentemente mais gasto com mão de obra e encargos sociais, obra limpa causando menos impactos ambientais.

Os tipos de pré-moldados que estão disponíveis no mercado são bastante amplos, podendo ser vigas, pilares, lajes, escadas, fundações entre outros, como ilustra a Quadro 1.

Quadro 1 – Elementos de montagem dos pré-moldados

Concreto armado – Elementos de montagem		
Tipos	Elementos	Exemplos

Elementos unidimensionais	Pilares	
	Vigas	
	Barras de treliças	
Elementos bidimensionais	Placas de lajes	
	Placas de paredes	
	Placas especiais	
	Calhas e Rufos	
Elementos tridimensionais	Fundações	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Analisando os dados ilustrados na Quadro 1 é notório a facilidade que essas peças pré-moldadas trazem para obra, a montagem desse tipo de estrutura é mais rápida e terceirizada, além de demandar menor número de profissionais para sua realização. Assim, ainda falando sobre benefícios e malefícios dos dois sistemas, pode-se observar através do Quadro 2, um breve resumo das vantagens e desvantagens dos dois métodos abordados neste artigo.

Quadro2 - Vantagens e desvantagens dos dois métodos construtivos

	Vantagens	Desvantagens		Vantagens	Desvantagens
	Controle de qualidade	Falta de mão de obra qualificada		Maior facilidade de mão de obra especializada	Desperdício de material

Pré-moldados de concreto	Otimização do tempo e agilidade na construção	Limitação arquitetônica e para futuras alterações	Método convencional	Maior possibilidade de mudanças futuras dos ambientes	Longo tempo na execução da obra
	Custo benefício	Carga, descarga e movimentação das peças		Liberdade arquitetônica	Custo elevado
	Sustentabilidade	Disponibilidade		Maior versatilidade e flexibilidade	Maior risco de erros ao executar o projeto
	Durabilidade	Investimento inicial		Menor custo-benefício de materiais	Gera muito resíduo e entulho, causando danos ambientais
	Organização do canteiro de obras	Logística e transporte podem ter custo elevado			
	Atende obras de grande porte e grandes vãos	Devido a logística, não se aplica em obras de pequeno porte			

Fonte: Elaborado pelos autores.

5. CONCLUSÕES

A inovação no setor da construção civil tem sido constante, com isso observa-se a variedade de sistemas construtivos que são empregados atualmente. Neste artigo, foi feito um comparativo de dois métodos muito utilizados, são eles o método concreto armado convencional moldado *in loco* e o método com a aplicação de peças pré-moldadas de concreto. Neste comparativo foram expostas as vantagens e desvantagens de cada sistema, tais relacionados com o desperdício de material e mão de obra, execução e prazo de entrega, e custo total da obra. Com a finalidade de auxiliar a desmistificar a utilização apenas do fator custo ao escolher o método construtivo ideal.

Diante do que foi exposto e evidenciado cientificamente, o uso de pré-moldados apresentou vantagens significativas ao comparado ao método convencional *in loco*, que por sua vez mesmo sendo mais usual no ramo da construção civil requer mais atenção por estar sujeito a exigir mais tempo e recursos de mão de obra para sua

conclusão, isso pode levar a ter gastos elevados e prejuízos. Já quando se trata do uso dos pré-moldados é importante frisar que suas vantagens podem suprir o custo do investimento inicial, principalmente tratando-se de obras de médio e grande porte. Tratando-se de números, foi mostrado que desprezando o BDI (Benefícios e despesas indiretas) o uso do método tradicional é mais barato cerca de 12,26% quando comparado ao outro. Sendo assim, acredita-se que essa diferença torna-se insignificante quando levado em consideração os benefícios do uso dos pré-moldados e a adição de despesas indiretas que surgem ao longo da obra, ou seja, o benefício da utilização dos pré-moldados é apresentado ao final da obra, com o seu rápido tempo de realização e o valor reduzido, devido a menor utilização de mão de obra.

O uso dos pré-moldados de concreto proporcionará uma obra limpa, sem transtornos com desperdício de material, recursos e mão de obra, mas precisa ter profissionais capacitados e especializados no uso desse método. Quando se trata de tempo para ser entregue uma obra que faz uso dessas peças é significativamente menor que o método tradicional e assim reduzindo custo a longo prazo. Em obras de pequeno porte a utilização de peças pré-moldadas é mais indicada para peças específicas (peças de escadas, rufos e calhas, e barras treliçadas, por exemplo) e não em toda parte estrutural, pois a falta de logística, de maquinário e de espaço, acarretaria um maior orçamento total na obra.

Por fim, avaliando todos os vantagens e desvantagens desses dois métodos, é evidente que com o processo de aplicação das peças pré-moldadas nas construções garante mais agilidade, baixa taxa de desperdícios, obras limpas e sustentáveis, os quais são requisitos cruciais quando se trata de qualidade e produtividade no ramo da construção. Com a constante evolução e crescimento que o setor da construção civil vem sofrendo é algo que proporcionará grandes vantagens, sendo assim, esse é um método que deve ganhar mais espaço e se tornar cada vez mais usual.

6. AGRADECIMENTOS

A concretização deste artigo se deve ao auxílio e compreensão de diversas pessoas. Agradecemos primeiramente a Deus, pelo discernimento e pela força para persistir nos nossos sonhos durante toda a jornada do curso de engenharia civil. Às nossas famílias pelo incentivo no decorrer da caminhada acadêmica e por todas as conquistas alcançadas. Aos amigos que tiveram paciência e nos deram apoio nos momentos de dificuldade, em especial aqueles que tivemos o prazer de conhecer durante a graduação, os quais foram de muito importantes para a jornada, nos dando apoio e força. Por fim, agradecemos também à todos os professores, em especial o professor Luiz Almir Damásio pela dedicação, carinho e incentivo, que nos permitiu apresentar um melhor desempenho no processo de formação profissional ao longo do curso, e ao professor orientador Paulo Ricardo que esteve presente no desenvolvimento deste trabalho, sempre muito atencioso com os nossas dúvidas e inseguranças.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Manual da construção Industrializada - Conceitos e etapas** - Vol. 1: Estrutura e vedação. Brasília: ABDI, 2015.

ACKER, A. V. **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**. FERREIRA, M. A. (Trad.). 2002. 129p. Disponível em: Acesso em: 12 novembro. 2022.

ALMEIDA, J.F. **Influency Marketing: A new vision to sales conversion**. 2017. Faculdade Anhanguera, 2017.

ANDRADE, C. **Construindo com vigas de concreto pré-moldado**. Premonta ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação - trabalhos acadêmicos - apresentação. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6022**: informação e documentação - artigo em publicação periódica técnica e/ou científica - apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9062**: informação e documentação - artigo em publicação periódica técnica e/ou científica - apresentação. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

BRUMATTI, D.O. **Uso de Pré-Moldados: Estudo e Viabilidade**. 2008. 54 f. Monografia (Especialização), Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Vitória, 2008.

CALÇADA, P.A.B. **Estudo dos processos produtivos na construção civil objetivando ganhos de produtividade e qualidade**. 2014. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2014.

CEBEU L., ROEDEL T., BARON J. R., REIS A. **IX ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto**. Florianópolis: UFSC, 2021.

CHASTRE, C; LÚCIO, V. **Estruturas pré-moldadas no mundo: aplicações e comportamento estrutural**. São Paulo: Parma, 2012. viii, 320 p.

CICHINELLI, G. C. **Pré fabricados de Concreto**. *Revista Construção*. Ed 98. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/98/construcao-industrializada-sem-erro-281850-1.aspx>>. Acesso em: 20 out. 2022.

COSTA, L. J. D. **Paredes de concreto moldadas in loco em condomínios horizontais**: Avaliação de desempenho pelos usuários, 2013. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/78240/000896806.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em 20 de outubro de 2022.

COSTA, M.C.F. **A Industrialização da Construção Habitacional Através do Sistema Construtivo Paredes de Concreto Fabricadas In Loco**. 2013. 77p. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais Belo horizonte, Belo Horizonte.

CRUZ, André Luiz Guerreiro Da. **Método para o estudo do comportamento do fluxo material em processos construtivos, em obras de edificações, na indústria**

da construção civil. Uma abordagem logística. 2002. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

DALDEGAN, E. **Casas pré-moldada de concreto: Principais vantagens e desvantagens.** Engenharia Concreta São Paulo 27 set/2016. Disponível em: <<https://www.engenhariaconcreta.com/casas-pre-moldadas-de-concreto-principaisvantagens-e-desvantagens/>>. Acesso em 23 de outubro de 2022 às 20:00.

DAWSON, S. **Cast in concrete: A guide to the design of precast concrete and reconstructed stone.** The Architectural Cladding Association. Leicester, 2003. 94 p. Disponível em: Acesso em: 23 out. 2022.

DONIAK, I. L. O. **Pré-moldado de concreto foi decisivo nas obras das arenas da Copa.** Concrete Show, 2014. Disponível em: Acesso em: 22 out. 2022

EDIFICAR. **A utilização e as vantagens dos concretos pré-moldados 2016 |** Disponível em: <https://www.edificarjr.ufscar.br/concretos-pre-moldados/>. Acesso em: 09 de novembro de 2022.

EL DEBS, M.K. **Concreto pré-moldado: Fundamentos e aplicações.** São Carlos: EESC-USP, 2000, p. 33 e 34.

EL DEBS, M.K. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações.** São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

FERREIRA, M. A. **Manual de Sistemas Pré-fabricados de Concreto.** ABCIC. São Paulo, 2003.

GEYER, A. L. B.; SÁ, R. R.. Importância do Controle de Qualidade do Concreto no Estado Fresco. Informativo técnico. Aparecida de Goiânia – Go, jul, 2006. Disponível em: <http://www.realmixconcreto.com.br/downloads/Ano2_informativo_internet.pdf>. Acesso em 22 de novembro de 2022.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** São Paulo: Atlas, 2008.

GONZÁLEZ, M.A.S. **Noções de Orçamento e Planejamento de Obras.** Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2008.

INSTITUTO DE ENGENHARIA. **Metodologia de cálculo do orçamento em edificações - Regulamento para composição do custo direto e do BDI / LDI.** 2004. Disponível em: <http://www.institutodeengenharia.org.br/site/noticias/exibe/id_sessao/7/id_noticia/1212/Regulamento-para-composi%C3%A7%C3%A3o-do-custo-direto-e-do-BDI--LDI--Metodologia-de-c%C3%A1lculo>. Acesso em: 23 out. 2022.

MAYOR, Wagner Rocha. **Sistema Construtivo Modular.** 2012. 105p. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MELO, C.E. E. **Manual munte de projetos em pré-fabricados de concreto.** 2. ed. São Paulo, SP: Pini, 2007. 534 p.

MIRANDA M. M. **Pré-fabricados de concreto: solução sustentável para habitações econômicas.** Revista Concreto Pré-fabricados, Maceió, Entac, p. 66 – 73, 2014.

NARDI, H.F. **Comparação de custos na execução de prédio com estrutura pré-moldada e estrutura convencional em concreto armado.** Orientador: João Batista Gravina. 2016. 84f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) - Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado. 2016.

NASCIMENTO, A. M. **A Segurança do Trabalho nas Edificações em Alvenaria Estrutural: Um Estudo Comparativo.** Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007.

OLIVEIRA, D. F. C. **Concreto pré-moldado: processos executivos e análise de mercado.** 2015. 61f. Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais, BeloHorizonte, 2015.

OLIVEIRA, D.M; LOPES, D. F. **Alvenaria convencional x light steel framing.** Orientador: Camila Alves da Silva. 2014. 63f. Monografia (Graduação) – Engenharia Civil, Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, Caratinga. 2014.

ORDONÉZ, J. A. F. **Pre-fabricacion: teoría y práctica.** Barcelona: Editores Técnicos Asociados. v.1., 1974.

PIEPER, I.C.S; OLIVEIRA, Carla B.C. **Análise do concreto moldado in loco - mapeamento de Colatina/es.** Revista científica integrada, volume 5 - 1 edição. 2021. Disponível em: <<https://www.unaerp.br/revista-cientifica-integrada/edicoes-anteriores/volume-5-edicao-1-agosto-2021/4267-rci-analisedoconcreto-062021/file#:~:text=De%20acordo%20com%20os%20resultados,classe%20de%20agr%20essividade%20do%20meio>> Acesso em: 20 outubro. 2022.

RAMALHO, Márcio A. CORRÊA, Márcio RS. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural.** São Paulo: Pini, 2003.

SANTOS, R.E. **A armação do concreto no Brasil:** história da difusão do sistema construtivo concreto armado e da construção de sua hegemonia. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação. – Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/FAEC-84KQ4X/1/2000000140.pdf>>. Acesso em 20 de outubro. 2022.

SIMÃO, C. A. **Painéis de fechamento em concreto pré-moldado.** 2015. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1927/1/2017LuiseLourensini.pdf>. Acesso em: 05 de novembro de 2022.

SOARES, A.P.F; SANTANA, E.L; NASCIMENTO, F.B.C do. **Aplicação dos Pré-moldados na Construção Civil.** Cadernos de Graduação, Maceió, v. 3, n.2, p. 41-54, abr. 2016.

TALBOT, D, FRANCIS, S. **Cost Model: Standardised School Solutions,** 2012. Disponível em: Acesso em: 22 out. 2022.

VASCONCELOS, A.C. **O concreto no brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações.** Volume III. São Paulo: Studio Nobel, 2002.

VASQUES, C. C. P. C. F., PIZZO, L. M. B. F. **Comparativo de Sistemas Construtivos, Convencional e Wood Frame em Residências Unifamiliares.** Revista Unilins, São Paulo, p.1-17, 2014.

VELHO, A.T. **Avaliação Ambiental e do Selo de Excelência Abcic Estudo de Caso: Indústria de Estruturas de Concreto Pré-Moldado.** 2015. 157 f. Monografia - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2015.