

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA - UNIFOR-MG**  
**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**  
**PAULA MIRANDA DE OLIVEIRA**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS: PAINÉIS  
PRÉ-FABRICADOS COM BLOCOS CERÂMICOS E ALVENARIA  
CONVENCIONAL UTILIZANDO BLOCOS CERÂMICOS**

**FORMIGA-MG**  
**2018**

PAULA MIRANDA DE OLIVEIRA

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS: PAINÉIS PRÉ-  
FABRICADOS COM BLOCOS CERÂMICOS E ALVENARIA CONVENCIONAL  
UTILIZANDO BLOCOS CERÂMICOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG, como  
requisito para obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Civil.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Esp. Mariana Del Hoyo Sornas

FORMIGA-MG

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca UNIFOR-MG

O48 Oliveira, Paula Miranda de.

Estudo comparativo entre os sistemas construtivos: painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos e alvenaria convencional utilizando blocos cerâmicos / Paula Miranda de Oliveira. – 2018.

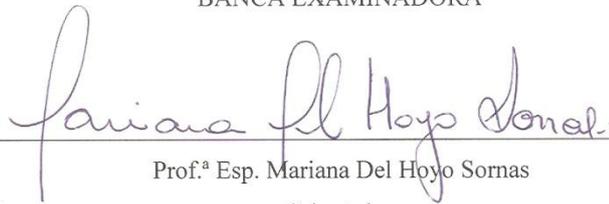
61 f.

PAULA MIRANDA DE OLIVEIRA

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS: PAINÉIS PRÉ-  
FABRICADOS COM BLOCOS CERÂMICOS E ALVENARIA CONVENCIONAL  
UTILIZANDO BLOCOS CERÂMICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG, como  
Requisito para obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Civil.  
Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Esp. Mariana Del Hoyo Sornas.

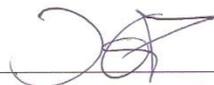
BANCA EXAMINADORA



---

Prof.<sup>a</sup> Esp. Mariana Del Hoyo Sornas

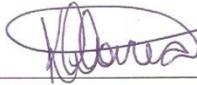
Orientadora



---

Prof. Me. Henrique Garcia Paulinelli

UNIFOR-MG



---

Kênio Cassemiro Corrêa

Engenheiro Civil

Formiga, 30 de outubro 2018.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, sem Ele nada seria possível. Aos meus pais Edson e Lucélia, minhas irmãs Isabelle e Maria Eduarda, pelo amor e incentivo. Ao meu namorado Leandro pela compreensão e paciência.

A minha professora e orientadora Mariana Sornas, pela paciência, incentivo e dedicação para a conclusão do mesmo.

As amizades feitas ao decorrer do curso que jamais serão esquecidas. Aos amigos e familiares que estão sempre comigo me dando força e apoio. E a todos que contribuíram diretamente ou indiretamente me ajudando na realização deste sonho.

## RESUMO

Nos últimos anos, com o crescimento do setor da Construção Civil, novas técnicas vêm se evidenciando no mercado, e sendo implantadas por várias empresas, a fim de aumentar a produtividade, diminuir custos e melhorar a qualidade dos serviços propostos. Este trabalho apresenta dois métodos construtivos distintos: a alvenaria de vedação convencional e os painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos, no qual tem por objetivo avaliar os custos diretos do m<sup>2</sup> para implantação dos dois sistemas, a produtividade de ambos, e evidenciar a geração de resíduos na execução da alvenaria convencional e dos painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos. Ao decorrer do trabalho será discutido as vantagens e desvantagens de cada sistema, bem como o modo construtivo e execução de ambos.

Palavras chave: Pré-fabricados. Cerâmicos, Fechamento.

## **ABSTRACT**

In recent years, with the growth of the Civil Construction sector, new techniques have become evident in the market, and are being implemented by several companies, in order to increase productivity, reduce costs and improve the quality of services offered. This work presents two different constructive methods: conventional masonry and prefabricated panels with ceramic blocks, in which the objective is to evaluate the direct costs of the m<sup>2</sup> for the implantation of the two systems, the productivity of both, and evidence the generation of residues in the execution of conventional masonry and prefabricated panels with ceramic blocks. Throughout the work will be discussed the advantages and disadvantages of each system, as well as the constructive way and execution of both.

Key words: Prefabricated. Ceramic. Closure

## **LISTA DE QUADROS E GRÁFICO**

Quadro 1 - Dimesão do bloco cerâmico de vedação. ....	18
Quadro 2 - Características dos blocos cerâmicos segundo a NBR 15270-1: 2005. ....	19
Gráfico 1 -.Dias gastos para execução de uma obra de 40 m <sup>2</sup> através do sistema convencional e painéis pré-fabricados em blocos cerâmicos.....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição final do sistema de painéis pré fabricados com blocos cerâmicos referente a um m <sup>2</sup> .....	46
Tabela 2 - Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos referente ao m <sup>2</sup> . ....	47
Tabela 3 - Chapisco de parede interna e externa referente ao m <sup>2</sup> .....	47
Tabela 4 - Emboço parede interna referente ao m <sup>2</sup> .....	48
Tabela 5 - Reboco parede interna referente ao m <sup>2</sup> .....	47
Tabela 6 - Composição de custo final de alvenaria convencional referente ao m <sup>2</sup> . ....	47
Tabela 7- Armadura em aço CA-50 referente ao Kg.....	48
Tabela 8 - Composição do concreto estrutural referente m <sup>3</sup> .....	49
Tabela 9 - Composição do concreto estrutural referente m <sup>3</sup> .....	49
Tabela 10 - Produtividade dos painéis pré fabricados – Unid: hh/m <sup>2</sup> . ....	48
Tabela 11 - Produtividade da alvenaria convencional – Unid: hh/m <sup>2</sup> . ....	51
Tabela 12 - Geração de resíduos entre ambos os processos por m <sup>3</sup> .....	53
Tabela 13 - Vantagens e desvantagens da alvenaria convencional x painéis fabricados com blocos cerâmicos.....	53

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. ....	49
Equação 2. ....	50
Equação 3. ....	50
Equação 4. ....	50
Equação 5. ....	50
Equação 6. ....	50

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Direcionamento de furos prismáticos .....	18
Figura 2- Fundação rasa .....	22
Figura 3 -Fundação profunda .....	22
Figura 4 - Elementos da superestrutura .....	23
Figura 5 - Sistema hidráulico .....	24
Figura 6 - Tubulação embutida na parede .....	25
Figura 7 - Instalação elétrica residencial. ....	25
Figura 8 - Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. ....	26
Figura 9 - Demonstração das camadas de revestimento. ....	27
Figura 10 – Cobertura em telhas cerâmicas.....	28
Figura 11 a e b – Movimentação de painel por meio de guindaste móvel. ....	30
Figura 12 –Canteiro de obras pré fabricados.....	34
Figura 13 – Conferência de gabaritos dos painéis.....	36
Figura 14 –Aplicação de desmolde. ....	36
Figura 15 – Espaçadores de plástico distribuídos nas formas. ....	37
Figura 16- Distribuição dos blocos sobre as formas .....	37
Figura 17- Instalação dos eletrodutos.....	38
Figura 18 –Operador utilizando a desempenadeira .....	38
Figura 19 – Painel aguardando para ser inspecionado. ....	39
Figura 20 – Painéis sendo transportados no caminhão muck.....	39
Figura 21 – Painel sendo soldado .....	40

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Objetivo geral.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>14</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>15</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1 Sistema alvenaria convencional.....</b>	<b>16</b>
<b>4.1.1 Conceito de vedação .....</b>	<b>16</b>
<b>4.1.2 Materiais empregados .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1.2.1 Blocos cerâmicos .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1.2.2 Argamassa de assentamento .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1.3 Aspectos técnicos .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1.3.1 Projeto .....</b>	<b>20</b>
<b>4.1.3.2 Parâmetros adotados no sistema .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1.4 Etapas construtivas .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1.4.1 Canteiro de obras e armazenamento .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1.4.2 Fundação .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1.4.3 Superestrutura .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1.4.4 Instalações elétricas e hidrossanitárias.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1.4.5 Alvenaria de fechamento.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1.4.6 Revestimentos e acabamentos .....</b>	<b>27</b>
<b>4.1.4.7 Cobertura .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1.5 Vantagens e desvantagens do sistema convencional.....</b>	<b>28</b>
<b>4.2 Painéis fabricados em blocos cerâmicos .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2.1 Sistema modular .....</b>	<b>30</b>
<b>4.2.2 Conceito de pré fabricado.....</b>	<b>30</b>

<b>4.2.3 Materiais empregados .....</b>	<b>31</b>
<b>4.2.3.1 Blocos cerâmicos .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.3.2 Argamassa .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.3.3 Concreto armado .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.3.4 Graute .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.4 Aspectos técnicos .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.4.1 Projeto .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.4.2 Parâmetros adotados no sistema .....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.5 Etapas construtivas .....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.5.1 Canteiro de obras .....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.5.2 Fundação .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2.5.3 Produção dos painéis .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2.5.4 Montagem.....</b>	<b>39</b>
<b>4.2.5.5 Modulação .....</b>	<b>40</b>
<b>4.2.5.6 Ancoragem e guia dos painéis .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.5.7 Instalações elétricas e hidráulicas .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.5.8 Revestimento .....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.5.9 Cobertura .....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.6 Vantagens e desvantagens dos painéis pré fabricados .....</b>	<b>42</b>
<b>5 METODOLOGIA.....</b>	<b>43</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>44</b>
<b>6.1 Comparativo de custos dos sistemas construtivos .....</b>	<b>44</b>
<b>6.2 Produtividade.....</b>	<b>50</b>
<b>6.3 Geração de resíduos .....</b>	<b>53</b>
<b>6.4 Vantagens e desvantagens dos sistemas apresentados .....</b>	<b>53</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No decorrer dos anos, os governos aplicam diversos programas com o intuito de acabar ou diminuir o *déficit* habitacional. Segundo estudos da Fundação Getúlio Vargas (FGV) de 2018, o Brasil possui atualmente um *déficit* habitacional estipulado em 7.7 bilhões, mas apesar das dificuldades, o atraso tecnológico vem sendo superado gradativamente devido a transformações inseridas no processo de produção, que visam novas tecnologias a fim de racionalizar e otimizar os processos da construção.

Devido ao avanço no setor da Construção Civil, a industrialização é uma realidade no qual estamos vivenciando, onde várias tecnologias vem sendo implantadas, como o uso dos pré-fabricados, por exemplo, que vem tomando seu lugar em grande escala pelas principais empresas brasileiras.

Na busca pela redução dos prazos e alta qualidade de seus serviços, construtoras vem se modernizando e adequando a novas tecnologias, a fim de reduzir gastos, desperdícios nas obras (perca de materiais, quebra de paredes para o embutimento de tubulações, dentre outros), menor prazo e entrega da obra, qualidades estas impostas pelos painéis pré-fabricados.

Tomando como base esta reflexão, o presente estudo busca ampliar a visão de novas possibilidades que podem ser implantadas na Construção Civil. Procurou-se comparar questões técnicas e análises de custos, bem como a produtividade, vantagens e desvantagens e geração de resíduos dos sistemas construtivos: alvenaria de vedação convencional e os painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos.

## **2 OBJETIVOS**

Esta seção tem por finalidade apresentar os objetivos presentes no trabalho, sendo eles: objetivo geral e objetivos específicos conforme serão demonstrados a seguir.

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem por finalidade realizar um estudo comparativo entre a alvenaria convencional e os painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos, analisando o custo benefício, a produtividade, a geração de resíduos gerados e demonstrar as vantagens e desvantagens de ambos os sistemas.

### **2.2 Objetivos específicos**

Os objetivos específicos são os seguintes:

- Apresentar um estudo bibliográfico comparando a alvenaria convencional e painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos, demonstrando suas etapas construtivas, produção, apontando as diferenças entre ambos.
- Analisar as características de etapas distintas de ambas as técnicas, a produtividade, a geração de resíduos, e evidenciar as vantagens e desvantagens da alvenaria convencional e dos painéis pré-fabricados.

### 3 JUSTIFICATIVA

É evidente o crescimento da busca pela racionalização do processo executivo, abrindo espaço para a utilização de sistemas alternativos que buscam a otimização na execução, redução de desperdícios de materiais e geração de resíduos, mantendo a qualidade da edificação.

Para Rios (2012), as vedações verticais dos painéis pré-fabricados têm se mostrado muito eficientes em várias regiões do país, gerando índices de produtividades bastante favoráveis em relação aos métodos de alvenarias convencionais com o mesmo grau de investimento. A tecnologia de paredes pré-fabricadas de blocos cerâmicos foi apontada como um objeto de estudo por se tratar de um sistema bastante eficaz já comprovado através de estudos e que segundo Cesar (2007) é empregado por materiais abundantes no mercado e com custos baixos, o que gera um custo inferior em relação ao sistema convencional.

No presente trabalho serão abordados dois métodos construtivos, tais como: os painéis pré-fabricados de blocos cerâmicos e alvenaria convencional, onde serão apontado uma análise de custos, vantagens e desvantagens de ambos, a produtividade e a geração de resíduos gerados.

## **4 REFERENCIAL TEÓRICO**

Nesta seção foram abordados os principais temas relevantes para a elaboração do trabalho, com embasamento teórico obtido através de pesquisas em literaturas existentes, trabalhos de conclusão de curso, artigos acadêmicos, dissertações de mestrados e teses de doutorados.

### **4.1 Sistema de alvenaria convencional**

A alvenaria é um dos mais antigos sistemas utilizados existentes na construção de edificações. Segundo Souza (2013), a alvenaria convencional é formada por pilares, vigas e lajes, onde os vãos são preenchidos com tijolos cerâmicos para vedação, sendo o peso da construção distribuído para as lajes, vigas e pilares e fundações, onde as paredes são conhecidas como “não-portantes”.

Conforme Nascimento (2004) são denominadas de alvenaria de vedação:

[...] as montagens de elementos destinados às separações de ambientes; são consideradas apenas de vedação por trabalhar no fechamento de áreas sob estruturas, sendo necessário os cuidados básicos para o seu dimensionamento e estabilidade.

Thomaz et.al (2009), falam que os projetos de arquitetura e alvenaria, se limitam quanto ao comportamento mecânico e à coordenação dimensional das paredes com outros elementos da obra, como caixilhos e vãos estruturais.

A seguir, são apresentados subtópicos referente à alvenaria convencional, dentre eles o conceito de vedação, materiais empregados, dentre outros.

#### **4.1.1 Conceito de vedação**

Podemos definir a alvenaria como o “conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso”, onde este conjunto serve para vedar espaços, resistir às cargas devidas a gravidade, proporcionar segurança, resistir a impactos como à ação do fogo, isolar e proteger os ambientes evitando a entrada da chuva e do vento no interior da residência (TAUIL; NESSE, 2010).

Basicamente as alvenarias são divididas em dois tipos: alvenaria de vedação e alvenaria estrutural. Na visão de Salgado (2011), a alvenaria estrutural tem a função de

suportar os esforços estruturais de uma edificação, sendo necessária nesse processo a padronização de unidades ou blocos, trabalhando em conjunto com os outros elementos estruturais, não podendo haver mudanças em sua concepção, caso contrário poderá comprometer a estrutura. Para Mendes (2014), a alvenaria de vedação tem por finalidade delimitar ou dividir um espaço, não sendo dimensionada para resistir a ações além do seu próprio peso. Yazigi (2013) complementa a ideia de que neste processo construtivo se tem mais possibilidades na criação de um projeto mais arrojado, permitindo a realização de reformas posteriormente.

Para o determinado trabalho iremos considerar a alvenaria de vedação com blocos cerâmicos, no qual são as mais utilizadas de um modo geral nas construções. A seguir, o próximo subitem será abordado os materiais empregados para a realização deste sistema.

#### **4.1.2 Materiais empregados**

Os materiais aplicados na alvenaria convencional podem variar conforme o tipo de vedação, devendo levar em consideração as especificações do projeto (SANTOS, 2014).

A seguir são abordados os materiais nos quais constituem a alvenaria convencional, como: os blocos cerâmicos, argamassa de assentamento e concreto armado.

##### **4.1.2.1 Blocos cerâmicos**

Os blocos cerâmicos são os elementos mais importantes da alvenaria, e de acordo com Zulian et.al (2002), podem ser definidos como:

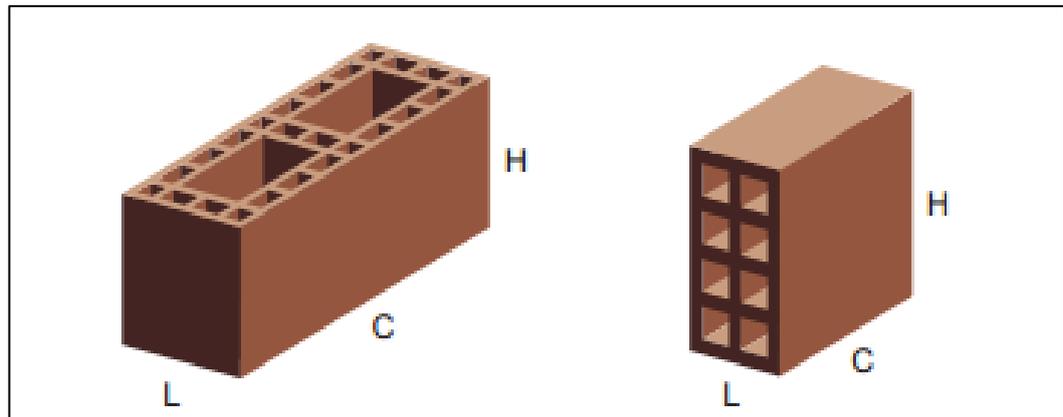
Elementos fabricados por prensagem ou extrusão da argila, que após um processo de pré-secagem natural, passa pelo processo de queima controlada sob alta temperatura, produzindo blocos maciços ou furados com dimensões padronizadas e normatizadas. São tradicionalmente utilizados nas alvenarias de vedação nas construções.

A NBR 7171(ABNT, 1983) definem as unidades cerâmicas como sendo um elemento da alvenaria, no qual possui furos prismáticos e/ou cilindros perpendiculares as suas faces, e são classificados conforme sua resistência à compressão, onde sua qualidade se dá ao bom emprego de materiais, podendo obter unidades com baixa resistência (0,1 MPa) até alta resistência (700 MPa).

Os blocos cerâmicos utilizados para executar as alvenarias de vedação, sendo revestidas ou não, devem atender à norma NBR 15270-1:2005, no qual define termos, fixa os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigidos no recebimento (TOMAZ, et al., 2009).

Para Thomaz, et. al., (2009) são considerados dois tipos de blocos em relação ao direcionamento de seus furos prismáticos, conforme mostra a FIG.1.

Figura 1- Direcionamento de furos prismáticos: A- Furos na vertical e B- furos na horizontal



Fonte: Tomaz et al. (2009)

Thomaz e Helene (2000), ressaltam que os blocos devem apresentar resistência a possíveis ações do fogo, capacidade de fixação de peças suspensas, ter efetividade nas ligações de marcos ou contra-marcos, facilidade para o embutimento das instalações, resistir a cargas laterais, incorporação de equipamentos às paredes, bem como: exaustores, caixas para ar condicionado, suportes para filtros de água, papelreira, saboneteira, dentre outros.

As dimensões da fabricação dos blocos (altura, largura e comprimento), devem ser correspondentes a múltiplos e submúltiplos do módulo dimensional  $M = 10 \text{ cm} - 1 \text{ cm}$ , conforme a QUADRO 1 (THOMAZ et al., 2009).

Quadro 1 – Dimensões de blocos cerâmicos de vedação:

L x H x C	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco	½ Bloco
(1)M x (1) M x (2) M	9	9	19	9
(1)M x (1) M x (5/2) M			24	11,5
(1)M x (3/2) M x (2) M		14	19	9
(1)M x (3/2) M x (5/2) M			24	11,5
(1)M x (3/2) M x (3) M			29	14
(5/4)M x (5/4) M x (5/2) M		11,5	11,5	24

(5/4)M x (3/2) M x (5/2) M		14	24	11,5
(5/4)M x (2) M x (2) M		19	19	9
(5/4)M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(5/4)M x (2) M x (4) M	39		19	
(3/2)M x (2) M x (2) M	19		9	
(3/2)M x (2) M x (5/2) M	24		11,5	
(3/2)M x (2) M x (3) M	29		14	
(3/2)M x (2) M x (4) M	39		19	
(2)M x (2) M x (2) M	19		19	9
(2)M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(2)M x (2) M x (3) M			29	14
(2)M x (2) M x (4) M		39	19	
(5/2)M x (5/2) M x (5/2) M	24	24	24	11,5
(5/2)M x (5/2) M x (3) M			29	14
(5/2)M x (5/2) M x (4) M			39	19

Fonte: Adaptado de Thomaz et al. (2009, p. 10)

Os blocos cerâmicos deverão apresentar características de acordo com a NBR15270-1:2005, apresentadas no QUADRO 2.

Quadro2– Características dos blocos cerâmicos segundo NBR 15270-1:2005.

Características	Descrição
Visuais	Não apresentar quebras, superfícies irregulares ou deformações
Forma	Prisma reto
Tolerância dimensional individual relacionada à dimensão efetiva	Aproximadamente, 5 mm (largura, altura ou comprimento)
Tolerância dimensional relacionada à média das dimensões efetivas	Aproximadamente, 3 mm (largura, altura ou comprimento)
Espessura das paredes internas dos blocos	Superior ou igual a 6 mm
Espessura das paredes externas dos blocos	Superior ou igual a 7 mm
Desvio em relação ao esquadro	Inferior ou igual a 3 mm
Planeza das faces	Flecha maior ou igual a 3 mm
Resistência à compressão (área bruta)	Superior ou igual a 1,5 MPa (para furos na horizontal) Superior ou igual a 3 MPa (para furos na vertical)
Índice de absorção de água (AA)	8% menor ou igual AA maior ou igual 22%

Fonte: Adaptado de Thomaz et al. (2009, p. 10)

#### **4.1.2.2 Argamassa de assentamento**

Para o assentamento dos blocos, o recomendável é utilizar argamassas mistas, compostas por cal hidratada e cimento, podendo ser industrializada ou produzida no canteiro de obras, donde deve obedecer aos critérios estabelecidos pela NBR 13281:2005 (TOMAZ et al., 2009)

A argamassa de assentamento é o elemento que liga os blocos cerâmicos. Conforme a NBR 13281 (ABNT, 2005) “é uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada)”.

#### **4.1.3 Aspectos técnicos**

Adiante serão abordados aspectos técnicos referentes a alvenaria convencional, tais como: projeto, parâmetros adotados neste sistema, as etapas construtivas, dentre outros.

##### **4.1.3.1 Projeto**

Para que se tenha uma boa execução no assentamento de blocos é preciso um planejamento tomando como base os projetos, no qual conseqüentemente irá obter resultados significativos, como por exemplo, um bom aproveitamento na utilização do tijolo cerâmico, reduzindo assim a geração de resíduos (entulhos) e custos para a empresa e/ou responsável pela obra (SOARES, 2015).

Segundo Nascimento (2004), cabe ao projetista colher informações necessárias para o projeto arquitetônico, estrutural, elétrico e hidro sanitário, impermeabilização, etc., no que diz respeito às condições de exposição, como fachadas, por exemplo, das condições de solicitação em que estarão submetidas, tanto as fachadas como as vedações internas, em relação à disponibilidade dos materiais utilizados, prazos e custos, dentre outras informações permanentes, a fim de executar um detalhamento de alvenaria mais preciso.

#### **4.1.3.2 Parâmetros adotados no sistema**

Segundo Barros (2011), a alvenaria tem a função de estabelecer a separação de ambientes e deve ser capaz de resistir a umidade, resistir à pressão do vento, ter um bom isolamento termo acústico, proteger os ocupantes do edifício, e resistir as infiltrações devido a intempéries, como a chuva, por exemplo.

Portanto, “as dimensões dos blocos, a forma da seção transversal, a presença de revestimento, a relação altura / espessura da parede, as características da argamassa de assentamento, as características de rigidez da estrutura e a presença de vãos de portas e janelas influenciam significativamente o desempenho das alvenarias” (THOMAZ et.al, 2009).

#### **4.1.4 Etapas construtivas**

Basicamente, as etapas construtivas constitui-se em fundações, a superestrutura (pilares, vigas, fechamento, cobertura, telhado e/ou super), sistema hidráulico e elétrico, e para finalizar, o acabamento. (DOMARASCKI; FAGIANI, 2009).

Nos próximos tópicos são abordadas as etapas construtivas relacionadas ao sistema convencional.

##### **4.1.4.1 Canteiro de obras e armazenamento**

O canteiro de obras (FIG.2) deve ser cuidadosamente implantado, envolvendo a execução do sistema, prevendo as necessidades e os condicionantes das diversas fases da obra, onde os recursos produtivos (mão-de-obra, materiais e equipamentos) devem estar colocados de forma a garantir um melhor aproveitamento dos mesmos, evitando tarefas de movimentação e transporte no espaço em que se tem disponível no canteiro de obras (ROMAN, 1999).

Segundo Gerolla (2011), os materiais assim que recebidos devem ser armazenados e estocados corretamente para um bom uso do mesmo e evitar danos aos materiais.

##### **4.1.4.2 Fundação**

A fundação é responsável por suportar o peso da edificação, sendo assentada em solo firme, que é previamente determinado pelo processo de sondagem, podendo ser divididas em fundações diretas (rasas e profundas) e indiretas (estacas) (GOMES, 2009).

As fundações rasas (FIG. 2) são aquelas em que a carga é transmitida ao solo por meio de elementos superficiais, não havendo a necessidade de equipamentos de grande porte, para a escavação ou cravação de seus componentes, por isso é chamada de fundações superficiais, sendo na maioria das vezes feita manualmente, com no máximo três metros de profundidade (PEREIRA, 2017).

Figura 2 - Fundação rasa.



Fonte: O autor, 2018.

As fundações profundas (FIG.3) ou indiretas são executadas nas camadas mais profundas do solo, sendo realizadas com auxílio de equipamentos próprios para cravação ou escavação, em sua grande maioria. São exemplos deste tipo de fundação as estacas, tubulões (a céu aberto ou a ar comprimido) e os caixões (PEREIRA, 2017).

Figura 3 - Fundação profunda.



Fonte: Pereira, 2017.

Para a escolha da fundação, devem-se considerar os seguintes parâmetros: topografia da área, características do maciço do solo, dados da estrutura e das construções vizinhas e os aspectos econômicos (BARROS, 2009).

#### 4.1.4.3 Superestrutura

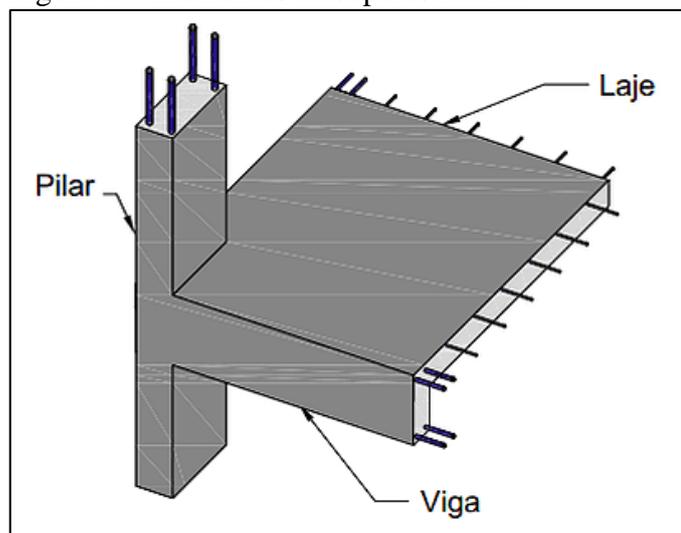
A superestrutura é formada por elementos estruturais, tais como: pilares, vigas e lajes (KATO, 2002). Os pilares são definidos como elementos estruturais lineares de eixo reto dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes e sua função principal é receber as ações atuantes nos diversos níveis e conduzi-las até as fundações (SCADELAI; PINHEIRO, 2005).

Juntamente com as vigas, os pilares formam pórticos, estes responsáveis por resistir às ações verticais e horizontais, de forma a garantir a estabilidade da estrutura (SCADELAI; PINHEIRO, 2005).

Definimos lajes como elementos planos que se destinam a receber a maior parte das ações aplicadas na construção, como o fluxo de pessoas, móveis, pisos, paredes, dentre as mais variadas cargas existentes no espaço físico, no qual podem ser distribuídas na área (peso próprio, revestimento de piso, etc.), de forma linear (paredes) ou forças concentradas (pilar apoiado sobre a laje) (BARBOZA, 2008).

A FIG.4 mostra claramente os elementos da superestrutura descritos anteriormente.

Figura 4 - Elementos da superestrutura.



Fonte: Flausino, 2017.

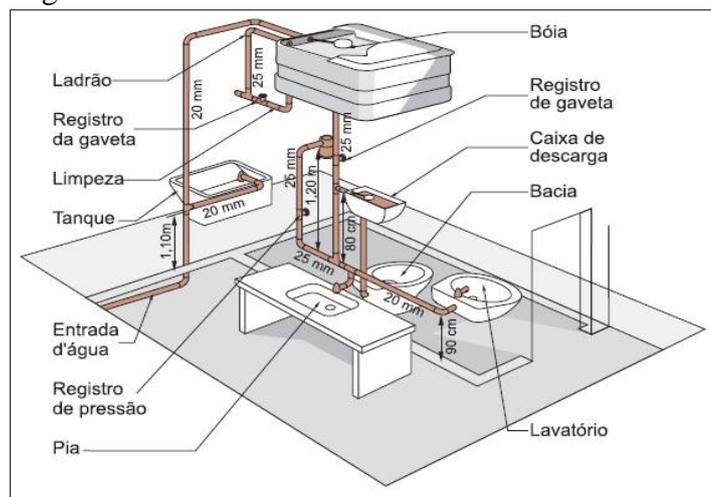
Os elementos estruturais que compõe a superestrutura têm como característica o uso do concreto armado, no qual varia de acordo com as cargas solicitantes, possibilitando assim resistência a esforços de compressão e tração (BORGES, 2009).

#### 4.1.4.4 Instalações elétricas e hidrossanitárias

As instalações hidrossanitárias geralmente constituídas de peças em PVC, devem adotar soluções que minimizem o consumo de água e possibilitem o seu reuso, reduzindo a demanda da água na rede pública de abastecimento, reduzindo o volume de esgoto que será posteriormente conduzido ao tratamento, com isso, satisfazendo o usuário e evitando o aparecimento de doenças (SOUZA, 2009).

A FIG. 5 mostra detalhadamente o funcionamento do sistema hidráulico e quais os elementos que o compõe.

Figura 5 - Sistema hidráulico.



Fonte: Figueiredo, 2015.

Devido à necessidade de os componentes ficarem embutidos na alvenaria, é necessário executar aberturas para a implantação destes elementos, no qual gera diversos resíduos desnecessários (MARINHO; PENTEADO, 2011).

A FIG. 6 mostra a abertura na parede com a tubulação já embutida.

Figura 6 - Tubulação embutida na parede.



Fonte: Escola de Engenharia, 2011.

As instalações elétricas, de acordo com Souza (2009), devem privilegiar soluções de forma a reduzir o consumo de energia, dentre elas a utilização de iluminação e ventilação natural de sistemas de aquecimento através de sistemas em energias alternativas.

De acordo com Salgado (2009), o sistema elétrico (FIG.7) é composto por cabos, condutores, disjuntores, lâmpadas, caixas de passagem, tomadas, eletrodutos, donde são protegidos por uma mangueira corrugada. E como acontece no sistema hidro sanitário, normalmente as tubulações também são embutidas nas alvenarias, o que não descarta a possibilidade de serem instaladas aparentemente.

Figura 7 - Instalação elétrica residencial.



Fonte: A sua obra, 2017.

#### 4.1.4.5 Alvenaria de fechamento

A alvenaria é um sistema construtivo de paredes e muros, que podem ser executados com pedras naturais, tijolos ou blocos interligados entre si, utilizando argamassa de assentamento, em fiadas ou em camadas parecidas, sobrepondo uma à outra, obtendo um conjunto coeso e rígido. (SANTOS,2011).

Para Thomaz et.al (2009), a alvenaria de vedação ou fechamento são destinadas a compartimentar espaços, preenchendo com concreto armado os vãos das estruturas, aço ou outras estruturas (FIG. 8), devendo suportar tão somente o peso próprio e as cargas de utilização, como redes de dormir, armários, dentre outros.

Figura 8 - Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos.



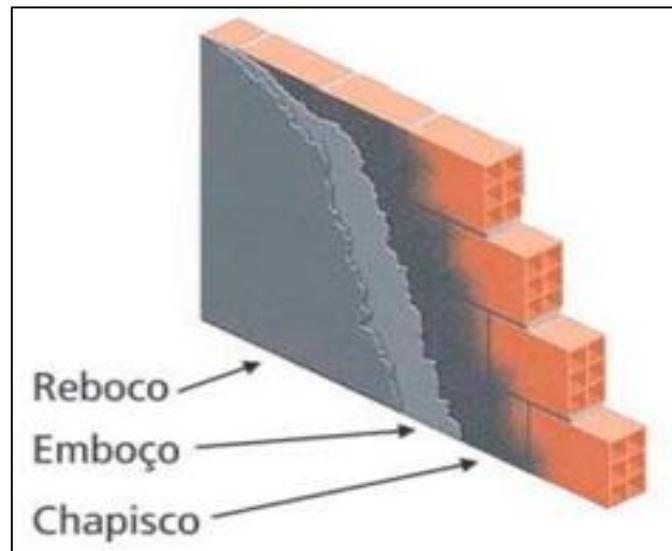
Fonte: O autor, 2018.

#### 4.1.4.6 Revestimento e acabamento

Os revestimentos são responsáveis por várias funções, não apenas dar acabamento à alvenaria, mas também deve garantir resistência mecânica, proteção contra umidade e intempéries, proporcionando um conforto termo acústico (VASQUES; PIZZO,2014).

A alvenaria convencional, geralmente recebe três camadas de acabamento, sendo o chapisco, emboço e reboco (FIG.9).

Figura 9 - Demonstração das camadas de revestimento.



Fonte: Tomaz et al. (2009)

O chapisco facilita a ancoragem do reboco; para isso a argamassa deve ter alta resistência mecânica, e sua espessura varia entre 3 mm e 5 mm, assumindo o papel de encobrir a superfície com uma camada de argamassa fina, tornando a base áspera e aderente (CHICHINELLI, 2013).

A segunda etapa de revestimento é o emboço, com espessura no qual varia entre 2 a 2,5 cm, e tem por finalidade a regularização da superfície da alvenaria, corrigindo as imperfeições referentes ao alinhamento e prumo (BORGES, 2009).

Zulian et al. (2002) diz que nas áreas sujeitas a presença de água, tais como: banheiros, lavanderias, cozinhas, dentre outros, é feito o revestimento cerâmico, onde são aplicados logo após a execução do emboço, com a utilização da argamassa de assentamento, que pode ser produzida em obra ou industrialmente.

A última camada do revestimento é o reboco, onde é utilizada a argamassa composta por cal e areia fina peneirada, com adição de água, onde sua espessura não deve ultrapassar os 5 mm; o reboco serve para regularizar o emboço, sendo executado somente após 21 dias da execução do emboço (SALGADO, 2009).

Por fim, após a conclusão do reboco é feita a pintura para um melhor acabamento da alvenaria. A pintura tem várias funções, dentre elas podemos destacar o impedimento da ação contra a umidade, seja ela proveniente da chuva, limpeza do ambiente, de se infiltrar nos elementos construtivos, além de regularizar a superfície do revestimento argamassado, deixando o mesmo com uma camada áspera com grânulos de areia pouco aderidos à superfície (SALGADO, 2009).

#### 4.1.4.7 Cobertura

Conforme Oliveira e Martins (2000), a cobertura é um revestimento descontínuo constituído de materiais capazes de promover a estanqueidade da água da chuva, sendo repousados ou fixados sobre uma estruturação leve, tendo como principais partes constituintes o telhamento, a trama, estrutura de apoio e os sistemas de captação de águas pluviais (rufos, calhas, dentre outros).

O tipo de ocupação conta bastante para a escolha adequada da cobertura, principalmente quanto à demanda por soluções de isolamento térmico e acústico e de sistemas de vedação, onde a inclinação do telhado irá refletir na altura dos pilares e na área de fechamento lateral da edificação (LOTURCO, 2014).

No Brasil, é bastante comum a utilização de telhas cerâmicas (FIG.10) em habitações unifamiliares, sendo cuidadosamente fabricadas.

Figura 10 - Cobertura em telhas cerâmicas.



Fonte: Jornal Notícias do Estado, 2008.

#### 4.1.5 Vantagens e desvantagens do sistema convencional

Apesar de a alvenaria ser uma técnica antiga e bastante utilizada, as alvenarias de blocos cerâmicos apresentam alguns pontos positivos que faz com esse sistema seja utilizado até os dias de hoje, como por exemplo, seu peso próprio reduzido, que proporciona uma maior produtividade na mão de obra e um alívio na fundação, diminuindo assim possibilidades de futuros acidentes no canteiro de obras. O conforto térmico devido a sua inércia térmica, o baixo custo dos blocos comparados a outros materiais, execução rápida, fácil e produtiva, facilidade em reformas ou mudanças na casa, sem o abalamento da estrutura, são alguns dos pontos positivos que se pode citar a respeito deste método (SANTOS, 2014).

Algumas desvantagens do sistema convencional também podem ser citadas, como: maior consumo do material na execução de chapisco e emboço, o canteiro de obras é sujo, grande volume de entulhos, devido aos cortes dos blocos e aberturas para as instalações, necessidade de vigas e pilares para a sustentação da estrutura (SANTOS, 2014).

Para Salgado (2009), a alvenaria convencional apresenta as seguintes vantagens:

- Isolamento térmico;
- Isolamento acústico;
- Proteger contra ações do meio externo;
- Facilidade de construção;
- Estabilidade;
- Durabilidade e facilidade de manutenção.

Santos (2013) cita algumas desvantagens em relação a este sistema:

- Como na maioria dos casos não há a utilização de projetos, as soluções construtivas são improvisadas ao decorrer da execução dos serviços;
- Retrabalhos indevidos perante rasgos nas paredes para a passagem de tubulações hidráulicas e eletrodutos.
- Revestimentos adicionais para a obtenção de uma textura lisa.

#### **4.2 Painéis pré-fabricados em blocos cerâmicos**

Decorrente a racionalização, o emprego de pré-fabricados vira tendência no setor da construção civil; Sendo utilizados com grande intensidade em obras de grande escala, os pré-fabricados aparecem durante a Segunda Guerra Mundial, com grande intensidade na Europa, com a necessidade de reconstrução de cidades inteiras (FILHO, 2004).

César (2007) relata que a pré-fabricação é um dos possíveis meios para a incrementação dos níveis de industrialização do setor da construção civil e a pré-fabricação, pois reduz no gasto com materiais e mão-de-obra, agilidade na execução, organização e planejamento, aumentando a produtividade e qualidade.

As técnicas construtivas de pré-fabricação mostram a necessidade de um ambiente limpo e seco, e de equipamentos adequados e qualificados para o transporte das peças, com a ajuda de guindastes, como mostra a FIG. 11 a e b (CESAR, 2007).

Figura 11 a e b- Movimentação de painel por meio de guindaste móvel.



Fonte: César, 2007.

#### 4.2.1 Sistema modular

Entende-se como módulo, a unidade de medida utilizada para a padronização das dimensões de materiais construtivos ou para regular as proporções de uma composição arquitetônica. O sistema modular constitui o espaço entre os planos do sistema de referência em que se baseia a Coordenação Modular (MAYOR, 2012).

O módulo propicia uma maior padronização, sendo um ponto positivo para a industrialização, pois devido à racionalização, há um aumento significativo na produção, onde consequentemente gera lucros (ALMEIDA, 2015).

Devido à organização dos módulos, é possível determinar os espaços, a fim de cumprir sua função, de forma que atenda às exigências específicas e suas necessidades, estrutura/abrigo, acessibilidade, adequação ao espaço, ter ventilação e iluminação, conforto, e também atender aos padrões da estética (ALMEIDA, 2015).

#### 4.2.2 Conceito de pré-fabricado

Os processos de construção em painéis-fabricados com blocos cerâmicos estão sendo cada vez mais cogitados em grandes países, a fim de conservar as vantagens funcionais e estéticas dos sistemas convencionais, também eliminam atrasos em obras devido a chuva, a

dificuldade de armazenamento de materiais e o controle de qualidade das construções. (CESAR, 2007)

A NBR 9062 (ABNT, 2001) estabelece o conceito de pré-fabricado como sendo, “elemento pré-fabricado, executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade”.

O processo consiste na pré-fabricação de painéis estruturais de vedação, compostos por blocos cerâmicos vazados, argamassa armada, argamassa polimérica, de revestimento e elementos de fixação, a fim de que o painel trabalhe como elemento estrutural, atendendo à NBR15575/2008 (CESAR; ROMAN, 2006).

De acordo com Rios (2012), os painéis pré-fabricados fazem parte de um sistema de montagem modular, onde seu comportamento se assemelha à uma linha de produção industrial, se encaixando perfeitamente na designação de industrialização e racionalização dos processos construtivos.

O elemento pré-fabricado é um elemento pré-moldado, onde é produzido levando em consideração a manuais e especificações técnicas, com produção especializada e qualificada, sob rigorosas condições de controle de qualidade, inclusive em laboratórios, identificados individualmente ou por lote (JUNIOR; LACERDA, 2009).

### **4.2.3 Materiais empregados**

Basicamente são empregados os mesmos materiais, o que irá mudar é a forma de execução e a utilização do graute e das fôrmas para a execução dos pré-fabricados. Nos subtópicos a seguir será mostrado como o método de execução se difere perante a alvenaria de vedação com blocos cerâmicos.

#### **4.2.3.1 Blocos cerâmicos**

Bem como na alvenaria convencional, nos painéis pré-fabricados são adotados as unidades cerâmicas. Os blocos cerâmicos devem conter oito furos com dimensões de (115x190x290)mm e (90x190x290)mm, conforme estabelece a norma NBR 15270 (ABNT, 2001).

#### **4.2.3.2 Argamassa**

Assim como na alvenaria convencional, a argamassa é composta de areia, cimento, cal e água para preenchimento dos vãos.

#### **4.2.3.3 Concreto armado**

O concreto armado é empregado nas nervuras e na camada superior dos painéis pré-fabricados mistos, tendo a resistência característica de 25 MPa; a cura é realizada por meio da cobertura dos painéis com lona plástica, por um período de no mínimo 1 dia após a moldagem (PRECON, 2017).

#### **4.2.3.4 Graute**

Ramalho e Correa (2003) definem graute como:

[...] concreto com agregados de pequena dimensão e relativamente fluido, eventualmente necessário para o preenchimento do vazio dos blocos. Sua função é propiciar o aumento da área da seção transversal das unidades ou promover a solidarização dos blocos com eventuais armaduras posicionadas nos seus vazios.

De acordo com as Casas Olé (2016), o graute é utilizado no preenchimento das ligações entre painéis e entre painéis e pilares, com resistência característica a compressão de 25 MPa.

#### **4.2.4 Aspectos técnicos**

Os painéis pré-fabricados são produzidos pela junção de elementos, tais como, blocos cerâmicos, nervuras moldadas de concreto armado e juntas verticais preenchidas de argamassa (SILVA, 2009).

Segundo a Casas Olé (2016), os painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos apresentam um grande diferencial em relação à alvenaria convencional, tais como: controle e segurança mais rígido na produção, elevado nível de qualidade, redução de 85% de resíduos, evitando o desperdício com quebras e sobras de materiais, poucos operários, agilidade e rapidez na entrega.

#### 4.2.4.1 Projeto

A fim de atender as expectativas, as medidas de racionalização devem ser empregadas inicialmente na etapa de projetos, que funcionam como idealizadores do empreendimento, onde apresenta as ideias no qual serão executadas (FILHO, 2004).

Devido à racionalização na fabricação dos pré-moldados, é necessário se ter um planejamento desde o projeto, passando pela fabricação dos painéis e envio ao local da obra, local disposto para o armazenamento das peças e espaçamento para a movimentação de cargas (OLIVEIRA, 2002).

Oliveira, Melhado e Sabbatini (2001), propões três fases distintas para a elaboração dos projetos dos painéis pré-fabricados. Em sequencia, as três fases propostas pelos autores:

- *1ª fase*: “Interface com as demais disciplinas de projeto”; “Na primeira fase, elaboram-se os anteprojetos com a modulação dos painéis, devendo ser consideradas o quanto antes as interferências existentes entre os vários anteprojetos, e as possíveis soluções, escolhendo a que apresentar o maior grau de industrialização dentro de uma visão global do processo construtivo do edifício”.

- *2ª fase*: “Interface com a produção na fábrica”; “A segunda fase engloba o anteprojecto dos painéis, no que se refere a aspectos de sua produção propriamente dita e ao projeto do processo interno à sua fabricação. A organização do pátio é a primeira parte desta fase, onde se procura visualizar os *layouts* da fábrica, seguida do desenvolvimento dos anteprojetos de produção, onde se estabelecem os materiais a serem utilizados nas diversas etapas, como será executado o controle e inspeção, criando indicadores e parâmetros de aceite ou não de algum serviço e, ainda, a otimização da movimentação tanto da mão-de-obra como dos equipamentos”.

- *3ª fase*: “Interface com a produção no canteiro de obras”. “A terceira fase refere-se à interface Projeto-Produção no canteiro de obras e tem como finalidade antecipar e direcionar as atividades a serem desenvolvidas neste. Portanto, esta fase objetiva a montagem dos painéis de forma racional, utilizando seu potencial de industrialização”.

O sucesso do empreendimento dependerá da eficácia do gerenciamento da equipe de projeto/produção e da eficiente comunicação e interação desses profissionais. Além destas medidas indicadas, outras deverão ser implementadas na fase de projetos para se obter um elevado nível de racionalização do processo, tais como a simplificação destes através de medidas como: a padronização, a repetição e a coordenação modular.

#### 4.2.4.2 Parâmetros adotados no sistema

Alguns parâmetros devem ser levados em conta para o desenvolvimento do processo construtivo de painéis pré-fabricados, como: ter bom desempenho estrutural, possibilitar o encaixe perfeito entre os painéis, permitir o posterior grauteamento do painel, o que proporciona a amarração estrutural para o conjunto, reduzir o transporte e acomodação dos painéis (CESAR,2007).

#### 4.2.5 Etapas construtivas

As seções a seguir abordam as etapas construtivas referente ao sistema de painéis pré-fabricados.

##### 4.2.5.1 Canteiro de obras

No geral, o canteiro de obras (FIG. 12) dos pré-fabricados apresenta alguns atributos, como ter espaço suficiente para que possa haver a movimentação do equipamento, além de um terreno firme, permitindo a patolagem do mesmo (OLIVEIRA, 2002).“A produção dos painéis pode ser realizada em fábrica ou em unidade fabril montada no canteiro de obras” (SILVA, 2013).

Figura 12 - Canteiro de obras pré-fabricados.



Fonte: Silva, 2009.

Para que a montagem seja feita de forma eficiente, o projeto do canteiro de obras deve prever alguns aspectos: sequência na fabricação e no envio das peças, içamento, fixação e armazenamento (SILVA, 2011).

#### **4.2.5.2 Fundação**

As fundações tipo radier são as mais utilizadas nos painéis pré-fabricados. De acordo Lima (2011), o radier é um tipo de fundação superficial ou direta, capaz de distribuir uniformemente toda a carga da edificação no terreno, sendo uma alternativa aplicável a praticamente qualquer tipo de solo, onde se dá numa laje contínua e maciça de concreto.

O radier feito com o concreto armado, possui armadura passiva, telas ou barras de ferro na concretagem, proporcionando uma boa disposição melhor na distribuição dos esforços, sendo bastante utilizado em casas e edifícios baixos, de no máximo 5 pavimentos.(SCHMIDTKE et al. 2017).

Radier tem como característica o uso de espaçadores plásticos facilitando para que o concreto possua espessura mínima no seu encobrimento. Seu tempo de cura pode durar mais de 72 horas, quando é realizado através da manta geotêxtil umedecida ou com a lâmina d'água (SCHMIDTKE et al. 2017).

A utilização do radier pode ser vista com grandes vantagens no qual este tipo de fundação proporciona, como a eliminação das escavações, a rapidez e facilidade na execução, na marcação da obra e também na obtenção de superfícies rígidas auxiliando no transporte horizontal, a possibilidade da produção e estocagem de componentes do próprio canteiro, solucionando a questão de falta de espaço (FILHO, 2004).

#### **4.2.5.3 Produção dos painéis**

De acordo com Rios (2012), os painéis são produzidos sobre uma pista de concreto polido, onde os gabaritos metálicos são locados e posteriormente é feita a conferência (FIG. 13) de suas medidas e seu esquadro, que é conferido pelas suas diagonais.

Figura 13 - Conferência dos gabaritos dos painéis.



Fonte: Precon, 2017.

Segundo a Precon, (2017), as etapas para a produção dos painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos são as seguintes:

Primeiramente é necessária a preparação das fôrmas, limpando e aplicando o desmolde, geralmente utilizam o óleo diesel, como pode ser visto na FIG.14.

Figura 14 - Aplicação do desmolde.



Fonte: Precon, 2017.

Logo depois, as armaduras que já são preparadas no local da produção, são colocadas sob os espaçadores plásticos distribuídos (FIG.15) conforme o projeto dos painéis.

Figura 15 – Espaçadores de plásticos distribuídos na fôrma.



Fonte: Precon, 2017.

Depois das armaduras dispostas corretamente, é a vez dos blocos cerâmicos, que são distribuídos e alinhados entre as guias metálicas de 15 mm de largura sobre as fôrmas existentes.

A FIG. 16 mostra a distribuição dos blocos cerâmicos sobre as fôrmas.

Figura 16 - Distribuição dos blocos sobre as fôrmas.



Fonte: Precon, 2017.

Os eletrodutos, conforme mostra a FIG. 17, são instalados por dentro dos furos dos blocos cerâmicos, onde são conectados a caixa elétrica previamente instalada, conforme o projeto elétrico do painel.

Figura 17 – Instalação dos eletrodutos.



Fonte: Precon, 2017.

Depois dos blocos já umedecidos, é feito o lançamento do concreto para preenchimento das nervuras dos painéis, das juntas entre os blocos; seu acabamento é feito através da régua metálica e da desempenadeira elétrica (FIG.18)

Figura 18 – Operador utilizando a desempenadeira.



Fonte: Precon, 2017.

Após 16h da concretagem, os painéis são desenhormados. Primeiramente é verificado a resistência do concreto das nervuras, com no mínimo 15 MPa; após essa verificação é feito o desmolde e posteriormente os painéis são guiados para a área de inspeção (FIG.19) pelo controle de qualidade.

Figura 19 - Painel aguardando para ser inspecionado.



Fonte: Precon, 2017.

Depois dos painéis prontos e já inspecionados, os mesmos são transportados por caminhões até o local onde serão montados, como mostra a FIG. 20.

Figura 20 – Painéis sendo transportados



Fonte: Precon, 2017.

#### 4.2.5.4 Montagem

Segundo a ABDI (2015), é essencial o planejamento da montagem da obra pré-fabricada, devendo sempre analisar as condições do terreno no qual a estrutura será montada.

Para a montagem dos painéis sobre a fundação é preciso do apoio dos equipamentos: caminhão Munck ou guindaste, para içamento das peças e conjunto de travas metálicas para travamento, nivelamento e prumo das mesmas (NASCIMENTO, 2012).

Depois que os painéis são travados, aprumados e nivelados inicia-se o processo de soldas (FIG. 21), onde os mesmos são unidos através dos aços de espera que são deixados nos limites das placas, logo após o processo das fôrmas onde em seguida dá o seguimento do graute, tornando o conjunto coeso e unificado. Após o graute, logo vem a cobertura, e os acabamentos para finalizar os painéis (NASCIMENTO, 2012).

Figura 21 - Painel sendo soldado.



Fonte: Silva, 2013.

#### 4.2.5.5 Modulação

Segundo Acker (2012), a modulação é muito importante economicamente no projeto e na construção de edifícios, como no trabalho estrutural e o acabamento. Na pré-fabricação, a modulação é ainda mais marcante por se ter uma padronização e economia na produção e execução. Filho (2004), também afirma que a modulação simplifica o projeto e execução, reduz perdas e facilidade de assimilação da tecnologia da mão-de-obra, levando em conta que a modulação deve ter prioridade em qualquer empreendimento.

A altura dos painéis deve estabelecer uma ligação dimensional com o processo em todo, e com as devidas dimensões dos elementos da escala industrial. As dimensões dos blocos indicarão as possíveis alturas a serem estabelecidas, devendo ter compatibilidade com os outros elementos, como dimensão e a locação das aberturas, intersecções, ou atendimento

de requisitos legais como dimensão do pé direitos dos edifícios, dentre outras medidas altimétricas (FILHO,2004).

#### **4.2.5.6 Ancoragem e guia dos painéis**

Após a conclusão do processo de fabricação dos painéis, os mesmos passam por um rigoroso controle de qualidade, no qual confirmam as condições dos materiais empregados, identificando os respectivos pesos e referências, bem como o nome do respectivo cliente e o nome da fábrica no qual foi produzido (ARAUJO, 2015).

Deve-se se certificar que o equipamento que fará a elevação dos painéis deverá suportar até quatro vezes o peso do painel, sendo indispensável fazer as considerações em relação às inclinações das forças de elevação a atuar, evitando assim o risco do painel cair ou ser danificado, devido à ligação deficiente entre o painel e o equipamento, evitando assim evitar problemas quanto à estabilidade, durabilidade ou estéticos, garantindo assim a segurança de todos os envolvidos neste processo (ARAUJO, 2015).

Nas ligações entre os painéis, são feitas soldas através de chapas metálicas, no qual serão embutidas posteriormente na concretagem, com a ajuda da barra de aço de  $\varnothing$  10 mm (CA-25); As ligações entre oitões e lajes são feitas com o auxílio de mãos-francesas metálicas soldadas em componentes metálicos inseridos no topo dos oitões e nas bordas das lajes; Nas fachadas, a soldagem é feita na base dos oitões com a parte superior dos painéis de laje a cada 70 cm (SILVA, 2009).

#### **4.2.5.7 Instalações elétricas e hidrossanitárias**

São inseridos nos painéis elementos tais como eletrodutos, caixas de luz e as tubulações hidráulicas de pequeno porte. No geral, são embutidas tubulações cujo diâmetro é igual ou inferior a 20 mm, onde são passadas no interior dos blocos cerâmicos. Dentro dos painéis, localizados no pavimento superior de unidades sobradas ou unidades térreas é inserido o tubo de ventilação de esgoto com diâmetro de 40 mm, posicionados sempre perpendicular às nerveduras de concreto. Nas nervuras de concreto não passam tubulações paralelas às treliças e nem são executadas ligações entre as conexões e nervuras (JÚNIOR, 2013).

#### **4.2.5.8 Revestimento**

As paredes dos painéis podem receber diversos tipos de revestimentos, tais como: revestimentos cerâmicos, revestimentos decorativos ou pintura. Sendo o substrato composto, internamente e externamente, um revestimento de argamassa com cimento, cal e areia cuja espessura é de 1 cm aplicado sobre o chapisco rolado. Na parte externa do painel, as paredes recebem textura acrílica ou tinta acrílica e a parte externa recebem pintura PVA ou acrílica (JUNIOR, 2013).

#### **4.2.5.9 Cobertura**

A cobertura neste sistema é feita da mesma maneira que na alvenaria convencional.

#### **4.2.6 Vantagens e desvantagens dos painéis pré-fabricadas**

Muitas são as vantagens em relação aos painéis pré-fabricados. A ABDI (2015) cita alguns benefícios:

- Menor prazo de execução;
- Produção independente de condições climáticas;
- Uso de mão de obra especializada;
- Matéria-prima selecionada;
- Maior controle de qualidade na execução;
- Maior qualidade e precisão geométrica;
- Menor consumo de materiais e percentual de perdas;
- Maior potencial de desconstrução;
- Maior controle do custo.

A impossibilidade na alteração de projetos é um ponto negativo bastante relevante, pois tanto para o cliente, como para a construtora terão dificuldades para a demolição de paredes, no caso de reformas, por exemplo. Outra desvantagem é em relação ao posicionamento das instalações elétricas, hidráulicas e de esgoto, principalmente a instalação do esgoto, pois depende das tubulações advindas da fundação, já que o sistema não autoriza erros na junção das instalações (RIOS, 2012).

## 5 METODOLOGIA

O presente trabalho constitui-se de uma revisão da literatura especializada, abordando os principais conceitos referentes ao tema proposto, apresentando um comparativo entre a alvenaria convencional e os painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos.

Quanto a análise de custos, foi feito um levantamento para a obtenção do m<sup>2</sup> apenas das etapas que se diferem entre o sistema convencional e painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos. Para se obter os dados foram utilizadas a Tabela de Composições e Preços para Orçamentos: TCPO 13, da editora PINI, o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção: SINAPI e o SETOP: Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas de Minas Gerais. Ressaltando que o TCPO13, o SINAPI, e o SETOP não possuíam uma composição exclusiva da execução de painéis pré-fabricados com enchimento em blocos cerâmicos, fez-se necessário adaptar outras composições de trabalhos acadêmicos, obtendo assim uma estimativa de custo para este sistema.

Ao fim da coleta dos dados foram desenvolvidas planilhas de custos, evidenciado o método construtivo que dispõe de maior economia e análise ambiental. Abordou-se também a produtividade de ambos os sistemas, a geração de resíduos e um comparativo abordando as vantagens e desvantagens de cada um.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As etapas construtivas semelhantes entre os sistemas não foram levadas em consideração para as análises comparativas, sendo assim, os parâmetros adotados compreendem: Estrutura, Fechamento e Revestimento.

Nos subitens a seguir, serão apresentados um comparativo dos valores relativo ao m<sup>2</sup> da alvenaria convencional e os painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos, no qual se obteve através da Tabela de Composições e Preços para Orçamentos (TCPO 13), do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos, do SETOP e Índices da Construção Civil (SINAPI) de 2018, a produtividade de ambos os sistemas, os resíduos gerados nas obras e por último evidenciando as vantagens e desvantagens de cada sistema, apontando suas diferenças.

### **6.1 Comparativo de custos dos sistemas construtivos**

O levantamento de custos dos métodos construtivos estudados se deu como propósito obter o custo final do m<sup>2</sup> dos painéis pré-fabricados em blocos cerâmicos, e da alvenaria convencional.

As etapas construtivas que se assemelham entre si não foram levadas em consideração para fins comparativos, sendo assim os parâmetros considerados compreendem: Estrutura, Fechamento e Revestimento.

Algumas composições dos painéis pré-fabricados se deram ao estudo realizado por Rios (2012), no qual sofreu algumas modificações. Assim, sendo os valores atualizados para os índices praticados no ano de 2018.

A TAB. 1 é referente ao custo por m<sup>2</sup> do sistema de painéis pré-fabricados contemplando as três etapas de execução: Estrutura, Fechamento e Revestimento, no qual se obteve um custo de final de R\$ 99,81 (Noventa e nove reais e oitenta e um centavos).

Tabela 1 – Composição final do sistema de painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos referentes a um m<sup>2</sup> (metro quadrado):

Item	Componente	Unidade	Quantidade	Preço	
				Unitário (R\$)	Total (R\$)
1.0	Aço CA 50 (Ø 8.0 mm)	kg	0,22	3,99	0,88
2.0	Aço CA 50 (Ø10 mm)	kg	0,3	3,73	1,12
3.0	Treliça de Aço TG-8L - 12 metros	kg	1,4	22,65	31,71
4.0	Arame recozido Nº 18 (1,24mm)	kg	0,13	8,08	1,05
5.0	Fôrmas para paredes	cj	2,35 E^-4	32000	7,52
6.0	Bloco cerâmico 8 furos, 9x19x19	unid.	52	0,41	21,32
7.0	Concreto Usinado 25 Mpa	m <sup>3</sup>	0,05	241,1	12,06
8.0	Tijolinho comum (requadro janela)	unid.	1,16	0,48	0,56
9.0	Graute	kg	3,5	1,32	4,62
10.0	Argamassa mista de cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:4	m <sup>3</sup>	0,0135	338,21	4,57
11.0	Caminhão Munck para transporte dos painéis	h	0,14	97	13,58
12.0	Içamento dos painéis	h	0,04	10,25	0,41
13.0	Montagem dos painéis	h	0,04	10,25	0,41
Total					99,81

Fonte: Adaptado, 2018.

As TAB. 2, TAB. 3, TAB. 4, TAB. 5, TAB.6, TAB.7, TAB.8 e TAB.9 que se seguem expõe simultaneamente a composição final de serviços da alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados (9 x 19 x 19) mm (milímetros), juntas de 12 mm (milímetros), assentado com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar, traço 1:2:8 – unidade: m<sup>2</sup> (metro quadrado). Os dados demonstrados nessas tabelas foram obtidos por meio da TCPO: Tabela de Composições e Preços para Orçamentos 13 e da tabela SINAPI: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil de 2018.

Tabela 2 – Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos referente ao m<sup>2</sup>:

Item	Componente	Unidade	Quantidade	P. Unitário (R\$)	P. Total (R\$)
1.0	Pedreiro	h	1,00	15,70	15,70
2.0	Servente	h	1,135	10,25	11,63
	Bloco cerâmico furado de vedação 9 x 19 x 19 (altura: 190 mm / comprimento: 190 mm / largura: 90 mm)	unid.	25,70	0,41	10,54
3.0					
4.0	Areia lavada tipo média	m <sup>3</sup>	0,01647	60,00	0,99
5.0	Cal hidratada CH II	kg	2,457	0,60	1,47
	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32.00 MPa)	kg	2,457		0,84
6.0				0,34	
Total					41,17

Fonte: Adaptado, 2018.

Em seguida, a TAB. 3 traz a composição de custo referente ao chapisco para parede interna ou externa com argamassa de cimento e areia sem peneirar, traço 1:3, espessura de 5 milímetros por m<sup>2</sup> (metro quadrado):

Tabela 3 – Chapisco parede interna e externa referente ao m<sup>2</sup>:

Item	Componente	Unidade	Quantidade	P. Unitário (R\$)	P. Total (R\$)
1.0	Pedreiro	h	0,1	15,70	1,57
2.0	Servente	h	0,15	10,25	1,54
3.0	Areia lavada tipo média	m <sup>3</sup>	0,0061	60,00	0,37
4.0	Cimento Portland CP II - E 32 (resistência: 32 Mpa)	kg	2,43	0,34	0,83
Total					4,30

Fonte: Dados de pesquisa, 2018.

A TAB. 4 mostra a composição de custo para execução do emboço de uma parede interna com argamassa de cimento e areia sem peneirar traço 1:3, espessura de 20 milímetros, referente ao m<sup>2</sup> (metro quadrado):

Tabela 4 – Emboço parede interna, referente ao m<sup>2</sup>:

Item	Componente	Unidade	Quantidade	P. Unitário (R\$)	P. Total (R\$)
1.0	Pedreiro	h	0,6	15,70	9,42
2.0	Servente	h	0,6	10,25	6,15
3.0	Areia lavada tipo média	m <sup>3</sup>	0,0244	60,00	1,46
4.0	Cal Hidratada CH III	kg	9,72	0,60	5,83
Total					22,87

Fonte: Dados de pesquisa, 2018.

A TAB. 5 aponta a composição de custo referente ao reboco por m<sup>2</sup> para parede interna e externa, com argamassa de cimento e areia peneirada traço 1:1,5, acabamento liso, espessura de 5 milímetros.

Tabela 5 – Reboco parede interna, referente ao m<sup>2</sup>:

Item	Componente	Unidade	Quantidade	P. Unitário (R\$)	P. Total (R\$)
1.0	Pedreiro	h	0,80	15,70	12,56
2.0	Servente	h	0,85	10,25	8,71
3.0	Areia média- secagem e peneiramento	m <sup>3</sup>	0,003625	60,00	0,22
4.0	Cimento Portland CP II - E-32 (resistência:32 MPa)	kg	3,765	0,34	1,28
Total					22,77

Fonte: Dados de pesquisa, 2018.

A TAB. 6 refere-se a quantidade de fôrma utilizada na superestrutura: pilares e vigas.

TAB. 6 – Composição de fôrmas para a execução de pilares e vigas, un. m<sup>2</sup>.

Item	Componente	unidade	Quantidade	P. Unitário (R\$)	P. Total (R\$)
1.0	Ajudante de Carpinteiro	h	0,182	11,77	2,14
2.0	Carpinteiro	h	0,726	15,7	11,40
3.0	Chapa Copensada Plastificada (Espessura:12mm)	m <sup>2</sup>	0,156	18,71	2,92
4.0	Prego 17x21 com cabeça (comprimento:48,3mm/diâmetro da cabeça:3mm)	kg	0,025	8,17	0,20
5.0	Pontaleta 3" x 3" (altura:75mm/largura:75mm)	m	0,750	1,84	1,38
6.0	Sarrafo 1" x 3" (altura:75mm/espessura:25mm)	m	1,031	0,63	0,65
7.0	Tábua 1"x8" (Espessura:25mm/largura:200mm)	m	0,065	9,74	0,63
8.0	Tábua 1"x 6" (Espessura:25mm/largura:150mm)	m	0,063	9,74	0,61
9.0	Desmoldante de formas para concreto	l	0,020	5,14	0,10
10.0	Prego 17x27 com cabeça dupla (comprimento:62,1mm/diâmetro da cabeça:3mm)	kg	0,100	10,08	1,01
11.0	Prego 15x15 com cabeça (comprimento:34,5mm/diâmetro da cabeça:2,4mm)	kg	0,050	9,04	0,45
Total					21,50

Fonte: Dados de pesquisa, 2018.

Na TAB. 7 a seguir mostra a armadura necessária para a execução de pilares e vigas.

Tabela 7- Armadura em aço CA-50 referente ao Kg.

Item	Insumo	Unidade	Quantidade	P. Unitário R\$	P. Total R\$
1.0	Ajudante de armador	h	0,08	11,77	0,94
2.0	Armador	h	0,08	15,70	0,94
3.0	Espaçador circular de plástico para pilares, fundo e laterais de vigas, lajes, pisos e estacas (cobrimento:30mm)	un.	11,40	0,22	2,51
4.0	Barra de aço CA -50 5/16" (bitola: 8,00mm/massa linear:0,395 kg/m)	kg	1,10	3,73	4,10
5.0	Arame recozido (diâmetro do fio: 1,25mm/bitola:18 BWG)	kg	0,02	8,08	0,16
Total					8,66

Fonte: Dados de pesquisa, 2018.

A TAB. 8 demonstra a quantidade de concreto gasto para a execução da superestrutura.

Tabela 8 - Composição do concreto estrutural referente m<sup>3</sup>.

Item	Insumo	unidade	Quantidade	P. Unitário R\$	P. Total R\$
1.0	Servente	h	6,000	10,25	61,50
2.0	Areia lavada tipo média	m <sup>3</sup>	0,954	60,00	57,24
3.0	Pedra britada 1	m <sup>3</sup>	0,209	55,00	11,50
4.0	Pedra britada 2	m <sup>3</sup>	0,627	55,00	34,49
5.0	Cimento Portland CP II-E-32 (resistencia:32 Mpa)	kg	241,000	0,34	81,94
6.0	Betoneira elétrica, potencia 2HP (1,5 kW), capacidade 400l - vida útil 10.000 h	h	0,306	23,70	7,25
Total					253,91

Fonte: Dados de pesquisa, 2018.

Por último, a TAB. 9 que mostra o custo final da alvenaria convencional.

Tabela 9 - Composição do concreto estrutural referente m<sup>3</sup>.

Item	Insumo	P. Total R\$
1.0	Alvenaria de vedação	41,17
2.0	Chapisco	4,3
3.0	Emboço	22,87
4.0	Reboco	22,77
5.0	Fôrmas para pilares e vigas	21,5
6.0	Armadura	8,66
7.0	Concreto	253,91
Total		375,18

Abordando um comparativo entre a TAB. 1 e a TAB. 9, nota-se que o valor total do m<sup>2</sup> do sistema de painéis pré-fabricados totalizou R\$ 99,81, enquanto o m<sup>2</sup> revestido do sistema alvenaria de vedação com blocos cerâmicos resultou em R\$375,18. Através destes custos pode-se afirmar que os painéis pré-fabricados leva a vantagem em relação ao menor preço por m<sup>2</sup>, apresentando uma redução de 73,40 % comparado à alvenaria de vedação com blocos cerâmicos.

Em relação às pesquisas apontadas neste estudo, nota-se que o m<sup>2</sup> da alvenaria no sistema de painéis pré-fabricados é superior ao m<sup>2</sup> da alvenaria convencional, sendo este custo revertido ao longo do desenvolvimento da obra, devido a maior rapidez e agilidade na execução.

Com embasamento na pesquisa, é possível prever que o mercado começa a refletir uma mudança de postura para maior aceitação no mercado, dos clientes e dos engenheiros em relação à utilização de materiais e sistemas de construção alternativos, como o sistema de painéis pré-fabricados.

## 6.2 Produtividade

Em um sistema construtivo, a taxa de produtividade representa a quantidade da taxa de produção de um determinado serviço, no qual é produzida em um determinado intervalo de tempo (LIMMER, 2010).

Através de índices obtidos por Silva e Catelani (2010) para a produtividade de um painel, foi feito um levantamento do tempo necessário para a execução das seguintes etapas: fechamento, transporte e montagem. A TAB. 10 a seguir mostra as etapas e o tempo gasto na execução dos painéis.

Tabela 10 – Produtividade dos painéis pré-fabricados – Unidade hh/m<sup>2</sup>:

<b>Etapas</b>	<b>Tempo gasto para execução(Homem hora/m<sup>2</sup>)</b>
Preparação para a produção dos painéis	0,20
Produção dos painéis verticais	0,20
Cura/Secagem dos painéis	0,40
Carregamento dos painéis no caminhão	0,02
Montagem dos painéis	0,20
Execução da fixação através de soldas	0,20
Grauteamento	0,20
Execução de arremates e acabamentos	1,20
Total homem hora/m <sup>2</sup>	2,62

Fonte: Adaptado, 2018.

A seguir, a TAB. 11 apresenta os valores para a produtividade da alvenaria convencional.

Tabela 11 – Produtividade da alvenaria convencional – Unidade hh/m<sup>2</sup>:

Etapas	Tempo gasto para execução (Homem hora/m <sup>2</sup> )
Fôrma para Pilar e Viga	0,52
Alvenaria em blocos cerâmicos	2,10
Chapisco	0,50
Emboço	1,71
Pintura	0,85
Total homem hora/m <sup>2</sup>	5,68

Fonte: Adaptado, 2018.

Utilizando como base os índices descritos por Silva e Catelani (2010) e Miranda (2014), é possível calcular a produtividade em dias da etapa de vedação entre os sistemas propostos. Para exemplo, toma-se como base uma casa popular, cuja área é de 40 m<sup>2</sup>, considerando uma equipe de trabalho de dois funcionários e uma jornada de 08 horas de trabalho diárias.

Para se calcular a produtividade dos painéis primeiramente multiplica-se a área que será construída pelo índice de produtividade conforme TAB.10, obtendo o total de horas gastos para a realização da etapa, conforme mostra a Equação 1:

$$40 \text{ m}^2 \times 2,62 \frac{\text{hh}}{\text{m}^2} = 104,80 \text{ hh} \quad (1)$$

Após a obtenção total de horas, calcula-se o total de horas trabalhadas por dia da equipe conforme mostra a Equação 2:

$$2 \text{ funcionários} = 2 \text{ operários} \times 8 \text{ horas de jornada} = 16 \text{ hh/dia} \quad (2)$$

Por último, a fim de se obter a quantidade de dias gastos para a execução dos painéis, divide-se o total de horas necessárias pelo total de horas trabalhadas por dia conforme ilustra a Equação 3:

$$104,80 \text{ hh} / 16 \frac{\text{hh}}{\text{dia}} = 6,55 \text{ dias} \quad (3)$$

Na alvenaria convencional é feito da mesma forma. Inicialmente multiplica-se a área pelo índice de produtividade conforme TAB. 11, obtendo o total de horas gastos para a realização da etapa, conforme Equação 4:

$$40 \text{ m}^2 \times 5,68 \frac{\text{hh}}{\text{m}^2} = 227,20 \text{ hh} \quad (4)$$

Logo após, calcula-se o total de horas trabalhadas por dia da equipe, que por sinal será a mesma quantidade de funcionários, conforme Equação 5:

$$2 \text{ funcionários} = 2 \text{ operários} \times 8 \text{ horas de jornada} = 16 \text{ hh/dia} \quad (5)$$

Por fim, calcula-se os dias gastos para a execução dos painéis, dividindo o total de horas necessárias pelo total de horas trabalhadas por dia, conforme Equação 6:

$$227,20 \text{ hh} / 16 \frac{\text{hh}}{\text{dia}} = 14,20 \text{ dias} \quad (6)$$

Como esperado, os painéis pré-fabricados levam vantagem no método de execução, devido seus painéis serem feitos nos canteiros de obras ou indústrias. No GRAF. 1, pode ser observado que para se executar uma casa com 40 m<sup>2</sup> gasta-se o equivalente a 6,55 dias aplicando o sistema de painéis pré-fabricados, sendo que na alvenaria convencional, para a mesma obra em questão são gastos 14,20 dias, o que resulta em mais da metade do tempo gasto no sistema de painéis pré-fabricados.

Gráfico 1 – Dias gastos para execução de uma obra de 40 m<sup>2</sup> através do sistema convencional e painéis pré-fabricados em blocos cerâmicos.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

### 6.3 Geração de resíduos

Segundo Castro (2012), as causas primordiais para a geração de resíduos na construção civil são: falhas de projeto, projetos que não estão compatíveis, falta de

procedimentos padronizados de serviços e o armazenamento e transporte inapropriado de materiais no canteiro.

Para Silva (2011), a geração de resíduos traz consequências não só a quem irá executar a obra, mas também ao meio ambiente e a sociedade.

Segundo estudos apostados por Silva (2011), a TAB. 12 aponta os volumes da geração de entulhos gerados na alvenaria convencional e nos painéis pré-fabricados.

Dentre os resíduos em comum entre ambos os processos, podemos citar: o gesso, argamassa, blocos, concretos, vidros, dentre outros.

Tabela 12 – Geração de resíduos entre ambos os processos por m<sup>3</sup>:

<b>Resíduos gerados pelo sistema:</b>	<b>Unidade – m<sup>3</sup></b>
Painéis pré-fabricados	0,03
Alvenaria convencional	0,10

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Observa-se que a geração de resíduos nos painéis pré-moldados é relativamente menor comparado a alvenaria de vedação.

Uma das razões dessa diferença se dá porque na alvenaria convencional, faz-se necessário a aberturas nas paredes para o embutimento de tubulações hidráulicas e elétricas. Nos painéis não se faz aberturas, pois as tubulações já são embutidas na fabricação dos mesmos.

#### **6.4 Vantagens e desvantagens dos sistemas apresentados**

Com base nos estudos apresentados ao decorrer deste trabalho, a TAB. 13 aponta as vantagens e desvantagens da alvenaria convencional e dos painéis pré fabricados com blocos cerâmicos.

Tabela 13 – Vantagens e desvantagens da alvenaria convencional x painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos:

<b>Vantagens</b>		<b>Desvantagens</b>	
Alvenaria Convencional	Painéis Pré-Fabricados	Alvenaria Convencional	Painéis Pré-Fabricados

Isolamento térmico e acústico	Agilidade na execução, sem depender do clima	Retrabalhos devido a aberturas nas paredes para embutimento das instalações elétricas e hidráulicas. Desorganização no canteiro de obras	Impossibilidade de alteração de projetos durante a execução
Facilidade de construção	Menor desperdício de materiais	Consumo excessivo nos materiais para revestimento	Em caso de reformas, não é possível a demolição de paredes
Estabilidade	Custo menor comparado ao sistema convencional	Desorganização no canteiro de obras	Falta de visão sistêmica dos construtores, de modo que o potencial de racionalização oferecido pelo sistema não seja totalmente explorado.
Durabilidade e fácil manutenção	Maior controle na qualidade de execução	Grande desperdício de materiais	

Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Perante as ideias da TAB. 13, é possível observar a viabilidade técnica e análises sustentáveis do método construtivo dos painéis pré-fabricados, no qual se confirma por meio da redução de desperdícios de materiais, sendo um processo produtivo mais limpo. A viabilidade técnica é apurada pela facilidade de manuseio em obra, e na agilidade do processo produtivo, gerando uma obra mais veloz.

Basicamente os painéis pré-fabricados levam desvantagens apenas na impossibilidade de projeto, caso precise ser feita alguma mudança no mesmo, para isso é preciso ter um ótimo planejamento e controle perante o aparecimento de imprevistos, tornando a mão de obra mais eficiente.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste trabalho, foram apresentados um comparativo entre dois métodos construtivos: o sistema convencional e os painéis pré-fabricados em blocos cerâmicos. Revendo os objetivos descritos neste trabalho, é possível inferir que a presente temática conseguiu alcançá-los.

Os resultados obtidos deixam claro que os painéis pré-fabricados que os painéis se sobressaíram nos quesitos: técnica, sustentabilidade e economia. A sua produtividade é bem superior ao sistema convencional, sendo que algumas etapas são eliminadas e a mão de obra é reduzida. O sistema é mais sustentável do que na alvenaria convencional, pois reduz geração de resíduos e consumo de água, reduzindo também custos.

Por se tratar de um sistema inovador, a sua pouca disseminação no mercado brasileiro acaba refletindo em um aumento no custo final do produto, sendo necessária a inserção de mais empresas no mercado a fim de aumentar a concorrência, no qual irá refletir em uma baixa do custo final do sistema.

Para o enriquecimento do trabalho, sugere-se que sejam feitas novas pesquisas adentro esta temática, a fim de ampliar o conhecimento das empresas e ter maior receptividade quanto a novos sistemas construtivos alternativos.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, A. T. **Análise de alternativas estruturais para edifícios em concreto armado**. 1999.100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- ALMEIDA, L.R de, **Estudo de sistemas construtivos pré-fabricados modulares aplicados em canteiros de obra**. 2015. 74 F. Belo Horizonte.
- ALMEIDA, L.C. **Concreto**. Notas de aula da disciplina Estruturas IV– Concreto armado. Faculdade Estadual De Campinas. 2002.
- ARAÚJO, C.R. de. **Sistemas de pré-fabricação de paredes em alvenaria**. Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto Portugal: 2015
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281:2005 Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e teto**. Rio de Janeiro 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto e execução de estruturas de concreto pré moldado - NBR 9062. Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8545**: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, 1984.
- A SUA OBRA. **Tudo o que você precisa saber sobre tubulação elétrica. 2017**. Disponível em: <<http://www.asuaobra.com.br/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-tubulacao-eletrica/>> Acesso dia 17/10/2018.
- BARROS, C. **Apostila de fundações**: técnicas construtivas. Rio Grande do Sul, 2011.
- BARROS, C. **Edificações**: técnicas construtivas. Rio Grande do Sul, [2011]
- BARBOZA, M.R. **Concepção e análise de estruturas de edifícios em concreto armado**. 2008. 161 F. Relatório de iniciação científica, São Paulo.
- BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do concreto armado**. Notas de aula. Universidade Estadual Paulista-UNESP - Campus de Bauru/SP. BAURU-SP, 2006. 98 p.
- BORGES, A. C. **Prática das pequenas construções**. Vol. 2. 9º ed. Editor Edgard Blücher, 2009.
- BERTOLDI, R.H. **Caracterização do sistema construtivo com vedações constituídas por argamassa projetada revestindo núcleo composto de poliestireno expandido e telas de aço: dois estudos de caso Florianópolis**. 2007, 144f. Dissertação.
- CASAS OLÉ. **Painéis pré-moldados em alvenaria com blocos cerâmicos e concreto armado**. Fortaleza/CE. 2016.

CASA EXPRESS. **Construção fácil.** Disponível em:  
<[http://www.casaexpress.ind.br/voce/construcao\\_facil.shtml](http://www.casaexpress.ind.br/voce/construcao_facil.shtml)>..Acesso em: 17/10/2018.

CÉSAR, C.H; FILHO, S.P; CARDOSO, A.P; ROMAN, H.R, BARTH, F. **Desenvolvimento de um processo construtivo em painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos.** São Paulo, 2004.

CÉSAR, C.G. **Desempenho estrutural de painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos. Tese de pós-graduação.** Florianópolis, 2007.

CICHINELLI, G. Chapisco, emboço e reboco. **Equipe de Obra.** ed. 55, jan., 2013. São Paulo: Pini, 2013. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/55/chapisco-emboco-e-reboco-aprenda-a-preparar-as-argamassas-275577-1.aspx>>. Acesso em: 08 de abril de 2018.

DOMARASCKI, C. S.; FAGIANI, L. S. **Estudo Comparativo dos Sistemas Construtivos: Steel Frame, Concreto PVC e Sistema Convencional.** 76 p. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, 2009.

ESCOLA DE ENGENHARIA. **Concreto armado.** 2011a. Disponível em:  
<<https://www.escolaengenharia.com.br/concreto-armado/>>. Acesso em: 02 de agosto 2018.

FILHO, S.P. **Análise arquitetônica e construtiva de tipos habitacionais edificados com painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos.** Florianópolis, 2004.

FIGUEREIDO, D.M. C de. **Viabilidade técnica do sistema construtivo concreto PVC em comparação ao sistema de alvenaria convencional.** 2015. 79 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Formiga – UNIFOR, Formiga, 2015.

FLAUSINO, D. **Trincas, fissuras e rachaduras: identificação e causas.** Reform. 2015. Disponível em:<<https://reformweb.com.br/blog/post/3/Trincas-Fissuras-e-Rachaduras%3AIdentifica%C3%A7%C3%A3o-e-Causas>>. Acesso em: 17 de outubro de 2018.

FILHO, S.P., **Análise arquitetônica e construtiva de tipos habitacionais edificados com painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos.** 2004. 110 p. Florianópolis.

GARCIA, V.A.; SÁNCHEZ, J.M.M.; **Estágio de desenvolvimento tecnológico dos painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos.** Juiz de Fora, 2012.

GOMES, V. **Tipos de fundações.** Amazônia: UNAMA, 2009. Disponível em:  
<<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/apontamentos-fundacao>>. Acesso em: 09 de abril de 2018.

GOUVEIA, J.P.; LOURENÇO, P.N.; VASCONCELOS, G. **Soluções Construtivas em Alvenaria.** Portugal: Universidade de Coimbra, 2007.

GEROLLA, G. **Estoque de materiais: materiais usados de forma inteligente reduzem perdas e aumentam a produtividade nos serviços.** ed. 37, jul 2011. São Paulo: Pini, 2013. Disponível em: <<http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/37/estoque-de-materiais-220679-1.aspx>>. Acesso em 08 de abril de 2018.

INFO ESCOLA. Pintura na construção civil. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/curiosidades/pintura-na-construcao-civil/>>. Acesso em 14 de maio de 2018.

JORNAL NOTICIAS DO ESTADO. Campo Grande, 2014. Disponível em: <<http://jnediario.com.br/2016/01/19/existe-um-tipo-ideal-de-telha-para-o-telhado/>>. Acesso em 02 de agosto de 2018.

JÚNIOR, J.G.D. **Desenvolvimento de um sistema construtivo de casas tipo térreo mais um pavimento com painéis pré-fabricados de concreto e blocos cerâmicos.** Dissertação de Mestrado. Fortaleza, 2013.

JUNIOR, E.C. de; LACERDA, L.S.S.N. **Concreto pré-fabricado.** Bahia, 2009.

KATO, R. B. **Comparação entre o sistema construtivo convencional e o sistema construtivo em alvenaria estrutural segundo a teoria da construção enxuta.** Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina. 114 p. 2002.

LIMMER, C. V. **Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras.** LTC Editora, 3<sup>o</sup> edição, 2010.

LOTURCO, B. **Conheça os critérios de especificação de coberturas para obras de grande porte,** ed. 210, São Paulo: 2014. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/210/conheca-os-criterios-de-especificacao-de-coberturas-para-obras-de-326945-1.aspx>> Acesso em: 08 de abril de 2018.

MAYOR, W.R.S (2012). **Sistema Construtivo Modular.** Monografiapara CECC- UFMG. BH. 2012

MARTINS, J.G. **Alvenarias: Condições Técnicas de Edificação.** Portugal: Universidade Fernando Pessoa, 2009.

MARTINS, J. **Obras: como pintar paredes.** Equipe de obra, ed. 47, 2012. Disponível em: <<http://equipedeobra17.pini.com.br/construcao-reforma/47/como-pintar-paredes-para-um-bom-resultado-e-preciso-257605-1.aspx>>. Acesso em: 09 de abril de 2018.

MENDES, H. **Alvenarias: edificações.** Espírito Santo: Ebah, 2014.

NASCIMENTO, O.L. **Alvenarias.** Rio de Janeiro, 2004. 2 ed.

NASCIMENTO, Otávio Luiz. **Série Manual de Construção em Aço.** Rio de Janeiro, 2004. 54p. ISBN 85-89819-03-5.

NASCIMENTO, G.A. **Estudo comparativo de custos diretos entre alvenaria convencional em blocos cerâmicos e painéis pré-moldados em concreto com componentes cerâmicos:**

**estudo de caso em obra habitacional de interesse social na cidade de Feira de Santana-BA.** Feira de Santana, 2012.

OLIVEIRA, L. A de; MARTINS M.G. **Coberturas em telhados.** Notas de aula. São Paulo, 2000.

PEDROSO, F. L. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem.** Revista Concreto e Construções. Ibracon. Número 53, 2009.

PEREIRA, C. **Tipos de fundações na construção civil.** Escola Engenharia. 2017 Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-fundacoes/>>. Acesso: 09 de abril de 2018.

RAMALHO, Márcio A; CÔRREA; Márcio, R., S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural.** São Paulo: PINI, 2003. 169 p. Ed. 1

RIOS, Y.M. **Análise comparativa entre os custos diretos do sistema de vedação composto por painéis pré-fabricados e alvenaria em blocos furados: estudo de caso em obra habitacional na cidade de Feira de Santana.** Feira de Santana, 2012.

ROMAN, H.R; MUTTI, C. N.; ARAUJO, H.N. **Construindo em alvenaria estrutural.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.

SCADELAI, M.A; PINHEIRO, L.M; **Estruturas de Concreto**, cap. 16. 2005.

SALGADO, J. **Técnicas e práticas construtivas para edificação.** Editora Érica. 3. Ed. 320 p. 2011.

SANTOS, E. B de, **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

SANTOS, R. F. C. dos. **Sistema monolítico e alvenaria de blocos cerâmicos: estudo comparativo como elementos de vedações internas para edificações.** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

SANTOS, I. S.S; Silva, N.I W. **Manual da Cerâmica de Vermelha.** Porto Alegre: SEBRAE-RS, 2008. 95 p

SALGADO, J. **Técnicas e práticas construtivas para edificação.** Editora Érica. 3º EDIÇÃO, 320 p. 2011.

SCHMIDTKE et al. 2017. **Fundação do tipo radier.** Revista: Conexão Eletrônica. Três Lagoas, 2017.

SENNA, F.A.B.de. **Influência do subtrastrato em argamassa no desempenho do revestimento em pintura texturizada acrílica.** Belo Horizonte, 2011.

SILVA, F.B da; CATELANI, W.S. **Painéis pré-fabricados de concreto e componentes cerâmicos**, ed. 155. Revista PINI.

SILVA, C.F.C da; SOUSA, R.V.R. de; JUNIOR, A.C.L.; TAVARES, I. V.P. **Preparação para execução do serviço de alvenaria de vedação: interface projeto/obra**. Fortaleza, 2008.

SILVA, P.J.S. **Alvenaria estrutural e painéis pré-moldados: estudo comparativo dos sistemas construtivos**. Porto Alegre, 2011.

SILVA, F.B.da, Engenharia e Custos. **Painel cerâmicos pré-fabricados**, ed. 144. 2009. Revista PINI.

SILVA, F.B da. **Sistemas construtivos: Painéis pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos para paredes**. Ed. 194. 2013. Revista PINI.

SOARES, G. A. A. A utilização das alvenarias de vedação de tijolo cerâmico e painéis de vedação de concreto moldado in loco nas habitações de interesse social na cidade de João Pessoa. **Especialize Revista On-line IPOG**. ed.10, v. 1, dez.n 2015.

SOMBRIO, C.M.O. **ACV de painéis de blocos cerâmicos e concreto armado: um exercício de aplicação de manual de ILCD**. Brasília, 2015.

SOUZA, L.G. **Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame**. 2013. 20 p. Instituto de Pós Graduação IPOG, Florianópolis.

SOUZA, S.R. **Elementos de análise para gestão de processos e desempenho de produtos em sistemas construtivos: estudo de caso com sistemas que adota perfis auto encaixáveis de PVC e concreto**. Trabalho de conclusão do curso de mestrado profissionalizante da Escola de engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 174 p. Porto Alegre RS, 2005. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/10144/000521645.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 09 de abril de /2018.

THOMAZ, E. et al. **Código de praticas num 1: alvenaria de Vedação em Blocos Cerâmicos**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009.

THOMAZ, E.; HELENE, P. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios**. São Paulo, 2000.

UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA (UNAMA). **Alvenaria**. Belém, 2009.

YAZIGI, W. **A Técnica de Edificar**. 13 ed.[S.l]: PINI, 2013.

ZANONI, V.A.G.; SÁNCHEZ, J.M.M., **Estágio de desenvolvimento tecnológico dos painéis pré-fabricados com blocos cerâmicos**. Juiz de Fora, 2012.