

N. CLASS. M 624
CUTTER R484e
ANO/EDIÇÃO 2015

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
MAICON JOSÉ RIBEIRO

**ESTUDO COMPARATIVO DO CUSTO DE BLOCOS DE ALVENARIA
ESTRUTURAL DE CONCRETO CONVENCIONAL COM O DE CONCRETO
ENCAIXADO, NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL.**

Varginha/MG
2015

MAICON JOSÉ RIBEIRO

**ESTUDO COMPARATIVO DO CUSTO DE BLOCOS DE ALVENARIA
ESTRUTURAL DE CONCRETO CONVENCIONAL COM O DE CONCRETO
ENCAIXADO, NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL.**

Trabalho apresentado ao Curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS como pré-
requisito para obtenção do grau de bacharel, sob
orientação do Prof. Antônio de Faria.

Varginha/MG
Novembro de 2015

Grupo Educacional UNIS

MAICON JOSÉ RIBEIRO

**ESTUDO COMPARATIVO DO CUSTO DE BLOCOS DE ALVENARIA
ESTRUTURAL DE CONCRETO CONVENCIONAL COM O DE CONCRETO
ENCAIXADO, NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL.**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS, como
pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela
Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. M.Sc. Antônio de Faria

Prof. Esp. Armando Belato Pereira

Prof. Esp. Leopoldo Freire Bueno

OBS.:

Dedico este trabalho a meus pais, Carlos e Márcia, por todo esforço e incentivo que proporcionou, para a realização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a Nossa Senhora, aos meus pais Márcia Ribeiro e Carlos Ribeiro, todos os colegas de sala, ao meu orientador Faria e todos os professores do UNIS, que contribuíram para os meus conhecimentos e realização desta vitória em minha vida.

"Não basta ter belos sonhos para realizá-los. Mas ninguém realiza grandes obras se não for capaz de sonhar grande. Podemos mudar o nosso destino, se nos dedicarmos à luta para a realização de nosso ideal".

Lênin

RESUMO

O presente trabalho será realizado um estudo comparativo entre o bloco de concreto convencional e de encaixe, na execução de um edifício residencial em alvenaria estrutural. Adotando-se de conceitos, definições, bem como o processo construtivo de cada elemento. Para bem entender cada sistema, em um primeiro momento, obter informações necessárias que possa estabelecer uma comparação de cada método, adotando-se de vantagens e desvantagens de um e de outro. Por se tratar que o bloco convencional possui argamassa de assentamento entre as fiadas e o bloco de encaixe não apresentar em todas, pode ser um aspecto relevante no meio econômico, além de vários aspectos técnicos que devem ser abordados antes da elaboração dos mesmos. Entre outros fatores como: consumo de blocos, armaduras, grautes, mão de obra e orçamento da alvenaria, que podem ser significativos, serão apresentados no decorrer do trabalho, e assim apresentar qual método possui um prazo mais curto de execução e com uma economia maior na execução do edifício.

Palavra-chave: Alvenaria Estrutural, Bloco de concreto convencional e encaixado.

ABSTRACT

This work will be performed a comparative study between conventional concrete block and plug in the execution of a residential building in structural masonry. Adopting concepts, definitions, and the construction process of each element. To fully understand each system, at first, can obtain information necessary for a comparison of each method, adopting the advantages and disadvantages of one or the other. As it is the conventional block has the mortar between the rows and the plugin block not present at all, can be a significant aspect in the economic environment, as well as various technical aspects that must be addressed before implementing them. And other factors such as consumer packs, armor, grautes, manpower and budget of masonry, which can be significant, will be presented during the work, and thus present which method is more economical in the execution of the building.

Answer key: Structural masonry , conventional concrete block and embedded.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Alvenaria estrutural não armada.	6
Figura 2 Alvenaria armada.	7
Figura 3 Amarração.	8
Figura 4 Família de blocos 14 x 29.	9
Figura 5 Família de blocos 14 x 39.	10
Figura 6 Dimensão do bloco (14x19x39cm).	12
Figura 7 Detalhe da amarração de canto e cruzamento da parede.	14
Figura 8 Família de bloco.	15
Figura 9 Parede Modular	15
Figura 10 Tipos de Canaletas “J” para apoio de lajes	16
Figura 11 dimensão do bloco (14x20x40cm).	16
Figura 12 Grauteamento dos furos verticais da parede.	19
Figura 13 Excesso de argamassa no interior do bloco.	19
Figura 14 Verificação das diagonais	22
Figura 15 Marcação da direção das paredes e indicação do lado de assentamento.	22
Figura 16 Marcação das paredes perpendiculares.	23
Figura 17 Fixação dos escantilhões	23
Figura 18 Marcação das referências.	24
Figura 19 Ajuste da altura do gabarito da porta	24
Figura 20 Aplicação das caixas elétricas nos blocos e plano de execução do serviço	25
Figura 21 Nivelamento das fiadas.	25
Figura 22 Procedimento de assentamento do bloco	26
Figura 23 Amarração das paredes.	26
Figura 24 Posição das instalações elétricas e aberturas dos blocos para limpeza.	27
Figura 25 Conferência de medida.	27

Figura 26	Aplicação da argamassa e verificação do prumo.....	28
Figura 27	Preenchimento das juntas verticais.....	28
Figura 28	Blocos canaleta tipo "U" e "J".....	29
Figura 29	Instalação dos gabaritos das janelas.	29
Figura 30	Grauteamentos dos pontos verticais e horizontais.	30
Figura 31	Detalhe parede com dimensão modular de (14x19x29).	30
Figura 32	Marcação.	31
Figura 33	Montagem dos pilares.	32
Figura 34	Fechamento dos vãos.	32
Figura 35	Primeira cinta estrutural.	33
Figura 36	Marcação.	33
Figura 37	Montagem dos pilares e fechamento dos vãos	34
Figura 38	Segunda cinta estrutural com os blocos canaletas.	34
Figura 39	Planta com blocos encaixados.....	35
Figura 40	Detalhe genérico da montagem das paredes com janelas.....	35
Figura 41	Detalhe de um apartamento	38
Figura 42	Planta do pavimento tipo.....	39
Figura 43	- Planta de modulação do bloco de encaixe.	40
Figura 44	- Planta dos pontos de grauteamentos do bloco de encaixe	40
Figura 45	- Detalhe da parede Y2 do bloco de encaixe.	41
Figura 46	- Modulação da fiada par do bloco convencional.	41
Figura 47	- Modulação da fiada ímpar do bloco convencional.	42
Figura 48	- Modulação com aberturas de portas e janelas do bloco convencional.	42
Figura 49	- Modulação com aberturas de portas e janelas do bloco convencional.	42
Figura 50	- Detalhe da parede X4 do bloco convencional.	43
Figura 51	- Pilares grauteados com 1 barra de 10mm	45

Figura 52 - Detalhe dos pilares e pontos de grauteamentos realizados pelo pedreiro.48

Figura 53 - Detalhe do preenchimento dos vãos sendo realizados pelo ajudante.49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Dimensões nominais.....	9
Tabela 2 Requisito para resistência característica à compressão, absorção e retração	11
Tabela 3 Designação por classe dos blocos e espessura mínima das paredes dos blocos	12
Tabela 4 Característica do bloco inteiro (14x19x39cm)	13
Tabela 5 Característica do bloco inteiro (14x20x40cm)	17
Tabela 6 Resistência à compressão	18
Tabela 7 Número mínimo de corpos de prova por tipo de elemento de alvenaria.....	20
Tabela 8 Vantagens e desvantagens do bloco de concreto convencional.....	36
Tabela 9 Vantagens e desvantagens do bloco de concreto encaixado.....	37
Tabela 10 - Quantidade de blocos de encaixe.....	44
Tabela 11 - Volume de graute dos blocos de encaixe	45
Tabela 12 - Quantidade de armadura dos blocos de encaixe.	46
Tabela 13 - Quantidade de armadura dos blocos de encaixe	46
Tabela 14 - Volume de argamassa dos blocos de encaixe.	47
Tabela 15 - Quadro de duração-recursos dos blocos de encaixe.	49
Tabela 16 - Quantitativo de pedreiros e ajudantes dos blocos de encaixe	50
Tabela 17 - Planilha de serviço dos blocos de encaixe.	51
Tabela 18 - Quantidade de blocos convencionais	52
Tabela 19 - Volume de graute dos blocos convencionais	53
Tabela 20 - Quantidade de armadura dos blocos convencionais.	53
Tabela 21 - Quantidade de armadura dos blocos convencionais.	54
Tabela 22 - Volume de argamassa dos blocos convencionais.	55
Tabela 23 - Quadro de duração-recursos dos blocos convencionais.....	55
Tabela 24 - Quantitativo de pedreiros e ajudantes dos blocos convencionais	56
Tabela 25 - Planilha de serviço dos blocos convencionais.	57

Tabela 26 - Resumo dos blocos.	57
-------------------------------------	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVO.....	2
2.1 Objetivo geral	2
2.2 Objetivos específicos.....	2
2.3 Justificativa	2
3 METODOLOGIA	3
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
4.1 A História da alvenaria estrutural.....	4
4.1.1 Histórico mundial	4
4.1.2 Histórico nacional	4
4.2 Conceitos e definições	5
4.3 Definição alvenaria estrutural	5
4.4 Classificação da alvenaria estrutural	6
4.4.1 Alvenaria estrutural não armada.....	6
4.4.2 Alvenaria estrutural armada	6
4.5 Componentes da alvenaria estrutural	7
4.5.1 Blocos.....	7
4.5.1.1 Bloco de concreto convencional.....	8
4.5.1.1.1 Modulação do bloco de concreto convencional.....	8
4.5.1.1.2 Família de blocos.....	9
4.5.1.2 Bloco de concreto encaixado.....	13
4.5.1.2.1 Sistema SICA.....	13
4.5.1.2.2 Modulação do bloco de concreto encaixado	13
4.5.1.2.3 Família de blocos.....	14
4.5.2 Argamassa de assentamento.....	17
4.5.3 Graute	18
4.5.4 Armadura	19
4.6 Controle de qualidade	20
4.7 Sistema construtivo de alvenaria estrutural.....	21
4.7.1 Processo executivo: bloco de concreto convencional	21
4.7.2 Processo executivo: bloco de concreto encaixado	31
4.8 Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural de bloco de concreto	36
5 ESTUDO DE CASO	38
5.1 Consumo de materiais dos blocos de encaixe	43
5.1.1 Consumo dos blocos de encaixe	43
5.1.2 Consumo de graute nos blocos de encaixe.	44

5.1.3 Consumo de armadura nos blocos de encaixe.	46
5.1.4 Consumo de argamassa nos blocos de encaixe	47
5.1.5 Consumo da mão de obra dos blocos de encaixe.	47
5.1.6 Orçamento dos blocos de encaixe.	51
5.2 Consumo de materiais dos blocos convencionais.	51
5.2.1 Consumo dos blocos convencionais.	51
5.2.2 Consumo de graute nos blocos convencionais.....	52
5.2.3 Consumo de armadura nos blocos de encaixe.	53
5.2.4 Consumo de argamassa nos blocos de encaixe	54
5.2.5 Consumo da mão de obra dos blocos de encaixe.....	55
5.2.6 Orçamento dos blocos convencionais.....	56
6 DADOS COMPARATIVOS	58
7 CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS.....	61
ANEXOS	64

1 INTRODUÇÃO

A racionalização das obras de Alvenaria Estrutural é um dos grandes avanços na área da construção civil. As construtoras buscam investir em elementos que geram diminuição dos custos nos processos empregados como a diminuição de desperdícios de materiais, aumento da qualidade e produtividade do canteiro de obra.

Há a necessidade de se produzir componentes de alvenaria estrutural para a construção civil com altíssimo controle da qualidade e de tal maneira que a utilização desses produtos seja viável não só para especialistas, mas também para leigos, proporcionando bons resultados na construção de alvenarias querem sejam de vedação ou estrutural. (SALVADOR FILHO, 2007, p.45).

Devido aos vários processos construtivos existe sempre um questionamento, ou seja, qual a melhor forma de se construir com um menor custo? Portanto, o referente trabalho irá apresentar um estudo comparativo entre Alvenaria Estrutural de blocos de concreto com assentamento de argamassa, com a Alvenaria Estrutural de blocos de concreto de encaixe (assentados a seco).

Será elaborado um estudo de caso, dos referentes blocos citados, para o levantamento do quantitativo de materiais a serem gastos, juntamente com a mão de obra. E assim, realizar o orçamento focado apenas na elaboração da alvenaria, por ser um processo diferenciado em ambos. E com isso, apresentar qual método se torna mais viável para a elaboração do edifício residencial constituído de dois pavimentos.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Elaborar um estudo comparativo de edificações em alvenaria estrutural de blocos de concreto assentado com argamassa, em comparação com a utilização de blocos de concreto de encaixe.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar um estudo bibliográfico em Alvenaria Estrutural com blocos de concreto;
- Demonstrar o sistema construtivo de cada bloco;
- Analisar as vantagens e desvantagens de cada bloco;
- Levantar o quantitativo de materiais (blocos, argamassa, graute e armadura);
- Levantar o consumo da mão de obra;
- Realizar o orçamento da parte de alvenaria com os dois modelos de blocos.

2.3 Justificativa

Devido ao alto processo de construção, as empresas buscam medidas que garantam em curto prazo, a realização e qualidade da obra. Portanto, a Alvenaria Estrutural se encaixa neste crescimento, que a cada dia está mais reconhecido entre os profissionais.

Mesmo sendo um sistema racional e tendo vários tipos de blocos para a sua execução (como o de concreto convencional e encaixado que serão apresentados neste trabalho), a produtividade e a parte orçamentária se diferencia de um e de outro. Cada tipo apresenta uma forma diferenciada de se executar, obedecendo os aspectos técnicos contidos nas normas estabelecidas, como serão abordados.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho é dividida em duas etapas: sendo a primeira, realizado durante o primeiro semestre de 2015, e a segunda, no segundo semestre de 2015.

Primeiramente, baseia-se em uma pesquisa bibliográfica, de modo genérico e específico quanto ao sistema construtivo em alvenaria estrutural com blocos de concreto convencional e encaixado. Utilizando-se de buscas em artigos científicos, dissertações e teses, monografias, trabalhos de conclusão de curso, apostilas técnicas e sites, bem como as normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Sendo assim apresentado direta e conceitualmente este assunto de forma a esclarecer definições básicas e fundamentais para destes processos construtivos em questão. Isto afim de gerar conhecimento, embasamento teórico e obtenção de dados para dar sequência ao trabalho de conclusão de curso.

Numa segunda etapa, com as informações obtidas na revisão bibliográfica, será focado uma comparação com os blocos de concreto convencional e encaixado na elaboração de um edifício residencial, onde será constituído de dois pavimentos, com um pé direito de 3 m, dois apartamentos/pav. e com uma área de aproximadamente 200 m² de construção. Primeiro será elaborado o projeto com a modulação dos dois tipos de blocos estudados. Sendo necessário duas plantas, com a indicação de primeira e segunda fiada, para o bloco convencional, e uma planta com indicação da primeira fiada apenas, para o de encaixe (por ser um processo de travamento diferente). Após a determinação da modulação e marcação, a elevação da alvenaria é realizada. E após, a concretagem da laje.

Com o processo executivo realizado de cada bloco, será possível efetuar um levantamento do quantitativo de bloco, argamassa, graute e armadura para a elevação do edifício residencial. Assim como, a mão de obra também pode ser levantada, após o consumo de material efetuado.

Com os dados obtidos do levantamento da alvenaria (materiais + mão de obra), apresentar também, qual dos dois processos possuem a execução mais rápida e com menor custo, se comparado com a mão de obra e recursos diferenciados entre os modelos. Tomando como base os indicadores contidos na TCPO e preços contidos na tabela SINAPI, para a realização do orçamento do edifício, tanto para o bloco convencional, quanto para o encaixado, levando-se em conta, apenas a parte de alvenaria. Após os dados obtidos do orçamento, apresentar qual sistema é mais viável na questão financeira, no prazo de execução e produtividade da obra.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 A história da alvenaria estrutural

4.1.1 Histórico mundial

Segundo Kothe et al in Mohamad (2015, p.17), há o destaque para o fato de que: "A alvenaria Estrutural existe há milhares de anos e teve início com a utilização do conhecimento empírico, em que a forma garantia a rigidez e a estabilidade estrutural". De acordo com esta referência citada acima, as construções como as pirâmides do Egito, o Coliseu Romano, a Catedral de Notre Dame, tiveram aspectos estruturais e arquitetônicos marcantes da época, por serem de blocos de pedra ou cerâmicos intertravados, tornando assim o sistema estrutural limitado por não vencer grandes vãos.

4.1.2 Histórico nacional

De acordo com Camacho (2006, p.5), "no Brasil, a introdução da Alvenaria Estrutural se deu no final da década de 60, sendo até hoje pouco conhecida no meio técnico e empregada quase que somente nos grandes centros". Camacho (2006, p. 5) afirma também, "que pouco tem sido feito em termos de pesquisas, sendo que os estudos tiveram origem em São Paulo no fim da década de 60 e em Porto Alegre nos anos 80".

A Alvenaria Estrutural está em uso já há mais de um século. Aqui mesmo, no Brasil, existem edifícios com mais de 30 anos cuja estrutura foi executada usando blocos de concreto. Em termos de edifícios públicos, temos os prédios antigos da Universidade Mackenzie, feitos com tijolos de barro e construídos há cerca de 100 anos. (CAMPOS, 2007).

Segundo Campos (2007), a Alvenaria Estrutural é uma técnica nova, embora ainda pouco usada em construções civis, mas, acredita-se que é um excelente recurso para baratear as obras civis e efetivá-las com a maior rapidez e economia.

Por volta de 1966, foi construído em São Paulo, o conjunto habitacional Central Park Lapa, dando início a utilização de alvenaria estrutural armada com blocos de concreto. (KOTHE et al in MOHAMAD, 2015 p.22).

Segundo Tagliaboa (2015), com vários avanços na tecnologia, por volta de 1999, a empresa, surge como uma alternativa nova para a Alvenaria Estrutural. A utilização de blocos modulares de encaixe, que por sua vez, não utiliza de argamassa colante entre as fiadas e que

pode agregar consideravelmente alto valor tecnológico à obra devido à padronização dos sistemas construtivos.

4.2 Conceitos e definições

CINTA: elemento estrutural apoiado continuamente na parede, ligado ou não às lajes, vergas ou contravergas.

VERGA: viga alojada sobre abertura de porta ou janela e que tenha a função exclusiva de transmissão de cargas verticais para as paredes adjacentes à abertura.

CONTRAVERGA: elemento estrutural colocado sob o vão de abertura com a função de redução de fissuração nos seus cantos.

ÁREA BRUTA: área de um componente ou elemento considerando-se as suas dimensões externas, desprezando-se a existência dos vazados.

ÁREA LÍQUIDA: área de um componente ou elemento, com desconto das áreas dos vazados.

PRISMA: corpo de prova obtido pela superposição de blocos unidos por junta de argamassa, grauteados ou não.

PEQUENA PAREDE: ensaio para a determinação da resistência à compressão de pequenas paredes.

PAREDE: ensaio para a determinação da resistência à compressão de paredes.

BLOCO VAZADO: Elemento de alvenaria cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta.

4.3 Definição alvenaria estrutural

O sistema construtivo no qual a unidade básica modular é o bloco e com a união proporcionada pela argamassa, solidariza-se formando os elementos denominados paredes, responsáveis por absorver todas as ações verticais e horizontais atuantes. “Neste tipo de edificação, a segurança estrutural é garantida pela rigidez em virtude a união entre as paredes estruturais”. (SAMARA et al in MOHAMAD, 2015 p. 39).

Segundo Campos (2007, p. 46), "na Alvenaria Estrutural as paredes da edificação é a estrutura que suportam todas as cargas, além do peso próprio, também das lajes, coberturas e cargas, e fatores externos como o vento".

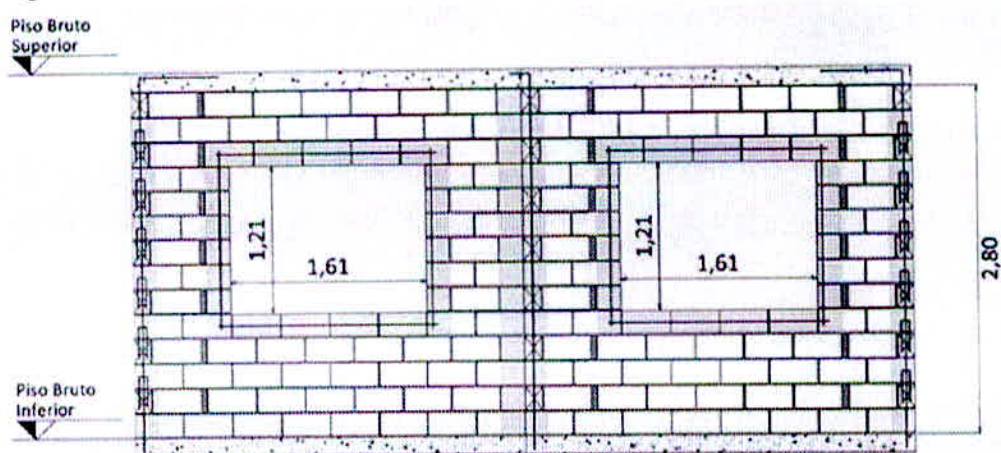
4.4 Classificação da alvenaria estrutural.

De acordo com Tauil e Nese (2010, p. 21,22), a Alvenaria Estrutural se classifica em:

4.4.1 Alvenaria estrutural não armada.

Tipo de alvenaria que possui armaduras por razões construtivas, a fim de evitar patologias futuras (trincas, fissuras, efeitos térmicos, de ventos e concentração de tensões) em aberturas de portas e janelas. Conforme figura 1.

Figura 1- Alvenaria estrutural não armada.

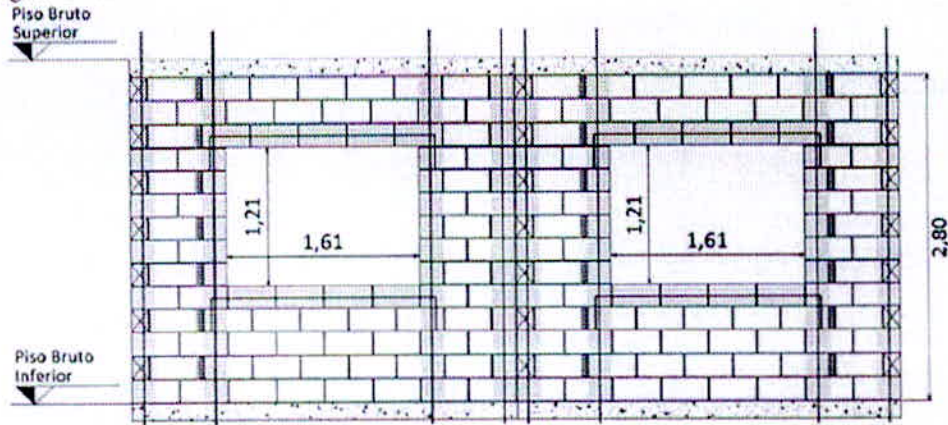


Fonte: (TAUIL E NESE, 2010, p. 21).

4.4.2 Alvenaria estrutural armada.

Tipo de alvenaria que recebe reforços em algumas regiões, devido a exigências estruturais. São utilizadas armaduras passivas de fios, barras e telas de aço dentro dos vazios dos blocos e posteriormente grauteados, além do preenchimento de todas as juntas verticais. Conforme figura 2.

Figura 2 - Alvenaria armada.



Fonte: (TAUIL E NESE, 2010, p. 22).

De acordo com Sabattini (2003) as "torres com até 25 pavimentos podem ser construídas em alvenaria armada, com segurança. Já com a alvenaria não-armada o ideal é que as construções tenham no máximo 12 a 15 andares".

Tauil e Nese (2010, p. 23), ainda classificam a Alvenaria Estrutural como protendida, sendo uma alvenaria reforçada por uma armadura ativa (pré-tensionada) que submete a alvenaria a esforços de compressão, sendo pouco utilizada por ter custos elevados.

4.5 Componentes da alvenaria estrutural

Segundo Camacho (2006, p. 9), os principais componentes empregados na execução de edifícios de Alvenaria Estrutural são as unidades (tijolos ou blocos), a argamassa, o graute e as armaduras (construtivas ou de cálculo).

4.5.1 Blocos

São os componentes mais importantes que compõe a Alvenaria Estrutural, uma vez que são eles que comandam a resistência à compressão e determinam os procedimentos para aplicação da técnica da coordenação modular nos projetos. (CAMACHO, 2006, p. 9).

De acordo com Hirt e Marangoni (2013, p. 59), "os blocos são divididos em três grupos: blocos de concreto; blocos cerâmicos e blocos sílico-calcário".

Os blocos vazados de concreto precisam atender aos requisitos físicos-mecânicos conforme prescritos na ABNT - NBR 6136:2014, atendendo aos limites de resistência, absorção e retração linear por secagem.

Abaixo será abordado somente o bloco de estudo (convencional e encaixado).

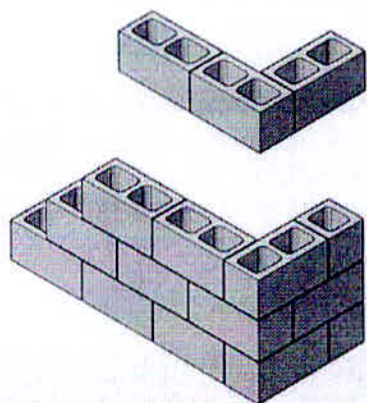
4.5.1.1 Bloco de concreto convencional.

De acordo com Roman et al in Mohamed (2015, p.96), os blocos de concreto são unidades estruturais vazadas, vibro-compactadas e produzidas por indústrias de pré-fabricação de concreto, encontrados no Brasil com diferentes geometrias e resistências à compressão.

4.5.1.1.1 Modulação do bloco de concreto convencional.

De acordo com Prates (2009, p. 2), A modulação da alvenaria estrutural, "é amarrar um elemento ao outro com juntas alternadas e amarrar as alvenarias, encaixando os elementos de uma e de outra em fiadas". Como apresentado na figura 3.

Figura 3 - Amarração.



Fonte: (TAUIL E NESE, 2010, p. 95).

Para projetar, são definidos as medidas dos blocos (comprimento e espessura), podendo ser múltiplas ou não, uma das outras. Quando não são múltiplas, a modulação precisa ser ajustada com os blocos especiais, tipo compensadores, para o devido preenchimento do vão.

Com base a mesma referência acima, o início da modulação em planta baixa, é definido com a família e largura de blocos a serem utilizados.

4.5.1.1.2 Família de blocos.

Segundo Roman et al in Mohamed (2015, p.96), "as unidades são especificadas de acordo com as suas dimensões nominais [...] múltiplas do módulo M = 10 cm e seus submódulos 2M x 2M x 4M (L x H x C)". Conforme a tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Dimensões nominais.

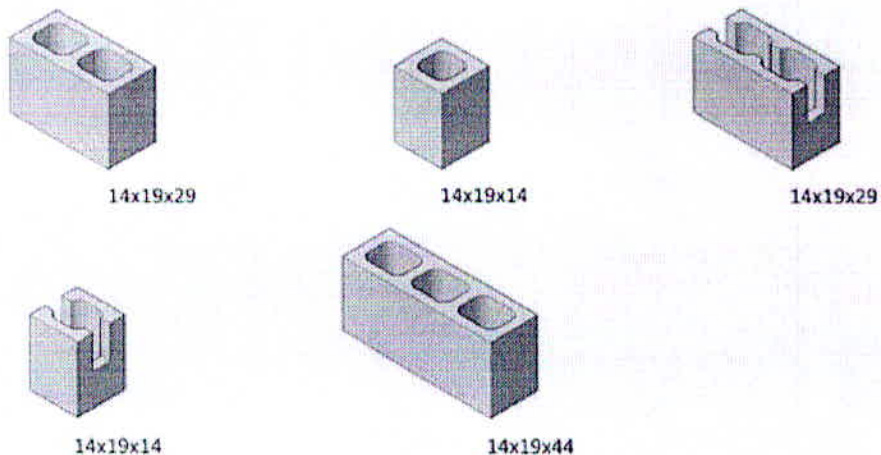
Família		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40	
Medida Nominal mm	Largura	190	140		115			90		65	
	Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190	
	comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
		Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
		Amarração "T"	-	540	440	-	365	-	-	290	-
		Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
		Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
		Canaleta Inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
		Meia canaleta	190	190	140	190	115	-	190	140	-

NOTA 1 - As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta tabela são de $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e para o comprimento.
 NOTA 2 - Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com a ABNT NBR 15873.
 NOTA 3 - As dimensões da canaleta J devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.

Fonte: (ABNT - NBR 6136:2014).

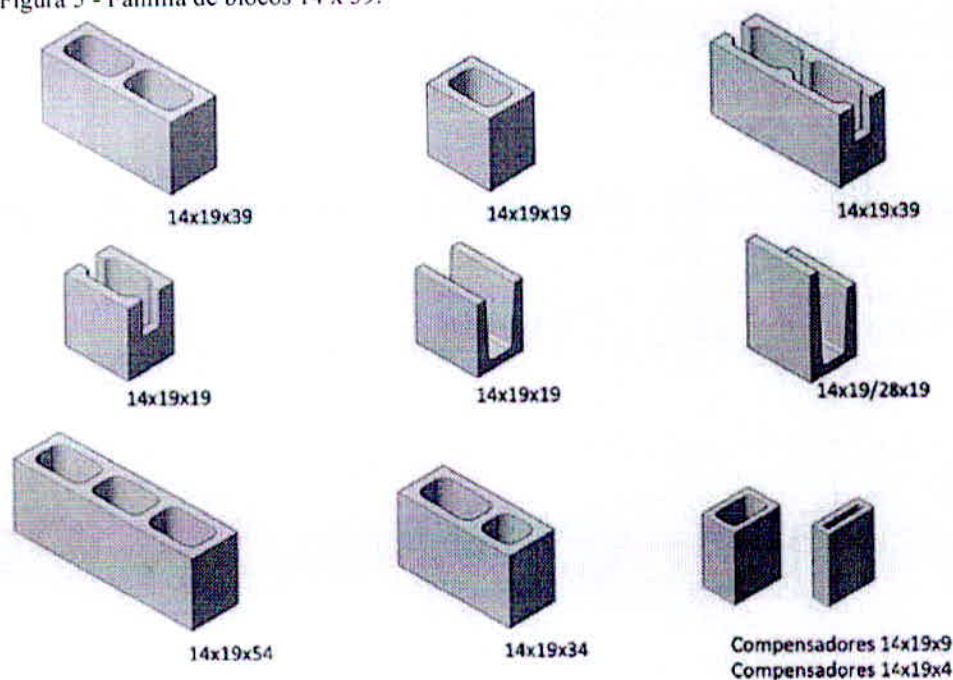
Na figura 4 é representada a família 29 dos blocos e na figura 5 a família 39, com 14 cm de largura.

Figura 4 - Família de blocos 14 x 29.



Fonte: (TAUIL E NESE, 2010, p. 65).

Figura 5 - Família de blocos 14 x 39.



Fonte: (TAUIL E NESE, 2010, p. 65).

Conforme a ABNT - NBR 6136:2014, classifica os blocos de concreto da seguinte forma:

Classe A - blocos com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;

Classe B - blocos com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;

Classe C - blocos com e sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo. Sendo limitados conforme sua largura com o número de pavimentos.

De acordo com Samara et al in Mohamad (2015, p. 59) os blocos devem apresentar algumas propriedades estabelecidas como: aspectos, dimensões, absorção de água, retração na secagem e resistência a compressão.

Aspectos: homogêneos, sem trincas ou outras imperfeições que possam prejudicar a edificação;

Dimensões: os blocos de concreto devem atender a norma 6136:2014, caso contrário, a modulação estabelecida em projeto, quanto o processo construtivo podem ficar comprometidos. Conforme foi apresentado na tabela 1 acima, a família de blocos, com as dimensões exigidas em norma.

Absorção de água: a absorção média dos blocos para qualquer uma das classes de blocos de concreto deve ser menor ou igual a 10%, quando o agregado constituinte do bloco for de peso normal ou menor e igual a 13% (valor médio) ou 16% (valor individual) para agregado leve. (SAMARA et al in MOHAMAD, 2015, p. 59) (conforme tabela 2).

Retração de secagem: o excesso da quantidade de água no interior do bloco após a preparação é evaporado. Os índices de retração inferiores a 0,065% as solicitações podem ser desprezadas.

Resistência a compressão: sendo a principal característica do bloco. A resistência deve atingir os requisitos mínimos da ABNT - NBR 6136:2014. (SAMARA et al in MOHAMAD, 2015, p. 59).

Tabela 2- Requisito para resistência característica à compressão, absorção e retração.

Classificação	Classe	Resistência característica à compressão axial ^a Mpa	Absorção %				Retração ^d %
			Agregado normal ^b		Agregado leve ^c		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 8,0$	$\leq 6,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 8,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 12,0$	$\leq 10,0$			

^a Resistência característica à compressão axial aos 28 dias.
^b Blocos fabricados com agregado normal.
^c Blocos fabricados com agregado leve.
^d Ensaio facultativo.

Fonte: (ABNT - NBR 6136:2014).

Com base na Revista Concreto, Tauil (2014, p.61-62) explica que os blocos de classe A, B e C se enquadram em alguns requisitos:

-Blocos de classe A: como são utilizados abaixo e acima do nível do solo, possuem resistência acima de 8MPa, sendo propícios para edifícios altos;

-Blocos de classe B: utilizados entre 5 e 10 pavimentos;

-Blocos de classe C: "podem ser utilizados com função estrutural em função de sua largura", como citados abaixo:

Largura de 9cm - um pavimento; de 11,5 cm de largura - dois pavimentos; de 14,0cm - cinco pavimentos; com a resistência estabelecida em projeto.

Conforme o mesmo, "a geometria dos blocos de classe C é diferente dos blocos da classe B (na classe C permite espessuras das paredes dos blocos de 18 mm, diferentes da espessura mínima usual de 25 mm para blocos estruturais de 140 mm)".

A tabela 3 expressa a designação por classe dos blocos e espessura mínima das paredes dos blocos.

Tabela 3 - Designação por classe dos blocos e espessura mínima das paredes dos blocos.

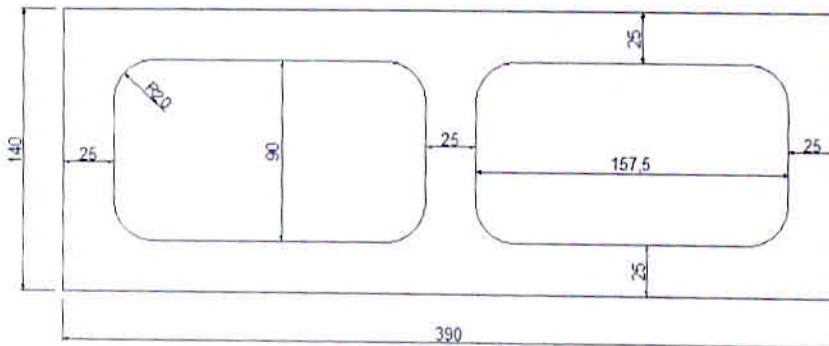
Classe	Largura nominal mm	Paredes Longitudinais ¹ mm	Paredes transversais	
			Paredes ¹ mm	Espessuras Equivalentes ² mm
A	190	32	25	188
	140	25	25	188
B	190	32	25	188
	140	25	25	188
C	190	18	18	135
	140	18	18	135
	115	18	18	135
	90	18	18	135
	65	15	15	113

¹ Média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito
² Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em milímetro), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros)

Fonte: (ABNT - NBR 6136:2014).

De acordo com a ABNT - NBR 6136:2014, os blocos com largura de 14cm, a menor dimensão do furo não deve ser inferior a 8cm, com um raio mínimo de 2cm. Já com os de 19cm de largura, a menor dimensão sendo 12cm. Abaixo, na figura 6 segue um exemplo da dimensão do bloco de 14x19x39cm, conforme medidas exigidas pela norma.

Figura 6 - Dimensão do bloco (14x19x39cm).



Fonte: Próprio autor.

De acordo com a empresa Multiblocos e Megablocos, a massa do bloco inteiro (14x19x39cm) é cerca de 11,7 Kg. Abaixo, na tabela 4 é representado as características do bloco, quanto a sua área bruta, líquida, seu volume e densidade.

Tabela 4 - Característica do bloco inteiro (14x19x39cm).

DIMENSÃO (m)	MASSA (Kg)	ÁREA BRUTA (m ²)	ÁREA LÍQUIDA (m ²)	VOLUME (m ³)	γ bloco cheio (KN/m ³)	γ bloco vazado (KN/m ³)	ρ BLOCO (KN/m ³)	A_{liq} / A_{bruta} (%)
14x19x39	11,7	0,0546	0,027	0,00511	2,11	4,27	22,90	49,5

Fonte: Próprio autor.

4.5.1.2 Bloco de concreto encaixado

De acordo com Salvador Filho (2007, p. 39), "os sistemas construtivos baseados em blocos de concreto assentado a seco oferecem a possibilidade de usar mão de obra sem treinamento, [...] porém, a argamassa utilizada nas alvenarias convencionais assumem várias funções importante". Os blocos consistem em formatos especiais e com variações menores que 1,5 mm, por não possuírem juntas de argamassa.

4.5.1.2.1 Sistema SICA.

A SICA, Sistema Inteligente de Construção Avançada, está voltada na realização de novos projetos e surgiu da necessidade de pequenos investidores e empreendedores em aumentar o sucesso nos negócios. Com o crescimento do mercado de pré-fabricados, está concentrado nesta nova tendência e desenvolvendo o sistema de alvenaria pré-fabricada auto portante. (TAGLIABOA, SICA 2015).

De acordo com Tagliaboa (2015), o sistema construtivo é feito através de blocos estruturais que se encaixam uns aos outros, formando paredes alinhadas e aprumadas proporcionando uma parede segura e de qualidade. Os encaixes são realizados sem a argamassa e podendo ser ou não, utilizado cola branca PVA sem função estrutural.

4.5.1.2.2 Modulação do bloco de concreto encaixado.

Segundo Camacho, (2006, p.18) "a coordenação modular consiste no ajuste de todas as dimensões da obra, horizontais e verticais, como múltiplo da dimensão básica da unidade, cujo objetivo principal é evitar cortes e desperdícios na fase de execução".

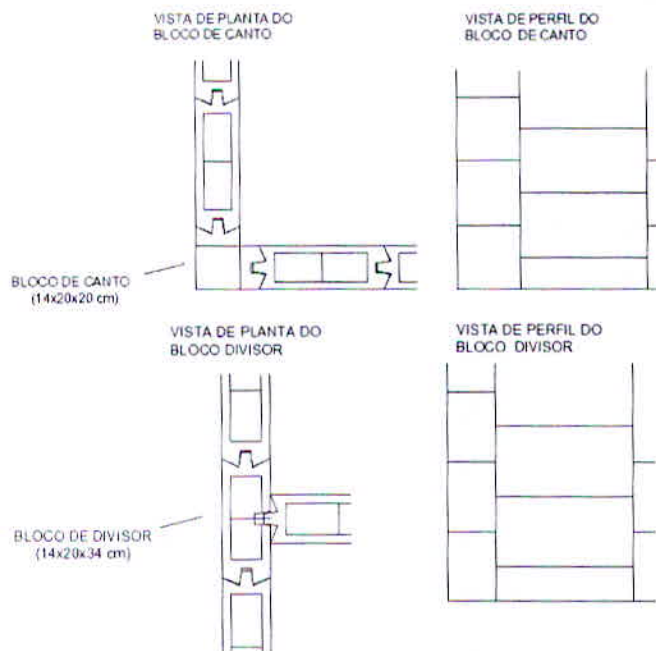
Conforme Tagliaboa (tese 2011, p.99), "a coordenação modular só pode ser alcançada se os blocos e demais elementos forem padronizados, se houver arranjo adequado das juntas, se os projetos arquitetônicos, estruturais e de instalações forem compatibilizados".

"O assentamento da primeira fiada [...] servirá de referência para todo serviço restante, devendo, portanto ser confeccionada com todo o cuidado possível", afirma o mesmo.

Tagliaboa (tese 2011, p.100), ainda acrescenta que o sistema de amarração das fiadas são feitas na vertical e na horizontal.

A modulação dos encontros da parede são feitas com os blocos de canto e divisores (figura 7 representa-os), sendo pontos de concentração de tensões, devem ser grauteados.

Figura 7 - Detalhe da amarração de canto e cruzamento da parede.



Fonte: (dados obtidos do engenheiro da SICA- Luiz Cláudio Tagliaboa, 2015).

4.5.1.2.3 Família de blocos.

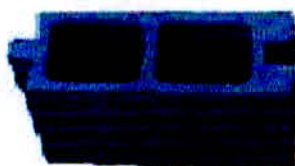
Conforme Tagliaboa (2015), a SICA (Sistema Inteligente de Construção Avançada) desenvolve sua tecnologia com peça de tamanho padrão do mercado, de vão comum e em suas extremidades laterais com os encaixes macho e fêmea, travando verticalmente e horizontalmente. Abaixo segue a descrição das peças, sendo todas constituídas com uma largura de 14cm. A família de blocos é representada na figura 8, e a parede modular na 9.

-Bloco padrão: com dimensões de 140mm - 200mm - 400mm.

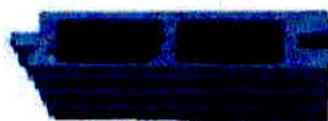
-Meio bloco para a amarração das paredes: com dimensões de 140mm-100mm- 400mm.

- Bloco fêmea para dar acabamento em janelas: dimensões 140mm - 200mm - 390mm.
- Bloco expansivo para regular o comprimento da parede: com dimensões de 140mm - 200mm - 100mm a 350mm.
- Bloco para a amarração das paredes: com dimensões de 140mm - 200mm - 200mm.
- Bloco para a divisão dos ambientes: com dimensões de 140mm - 200mm - 340mm.
- Bloco macho para união dos vãos de encaixe: com dimensões de 90mm - 200mm - 240mm.

Figura 8 - Família de bloco.
(bloco padrão)



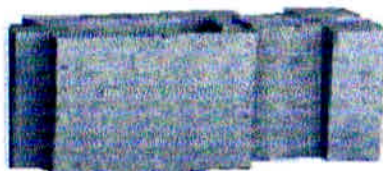
(meio bloco)



(bloco fêmea)



(bloco expansivo)



(bloco canto)



(bloco divisor)



Fonte: (SICA, 2015).

Figura 9 - Parede Modular.

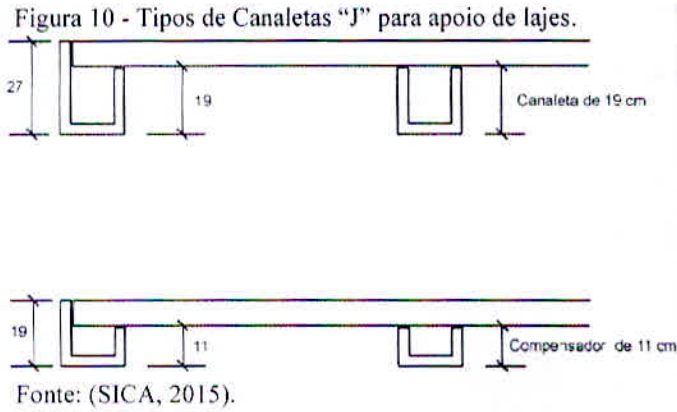


Parede Modular

Fonte: (SICA, 2015).

De acordo com Tagliaboa (2015) a empresa SICA ainda disponibiliza o bloco canaleta e o bloco "J", para o encontro da laje e a parede:

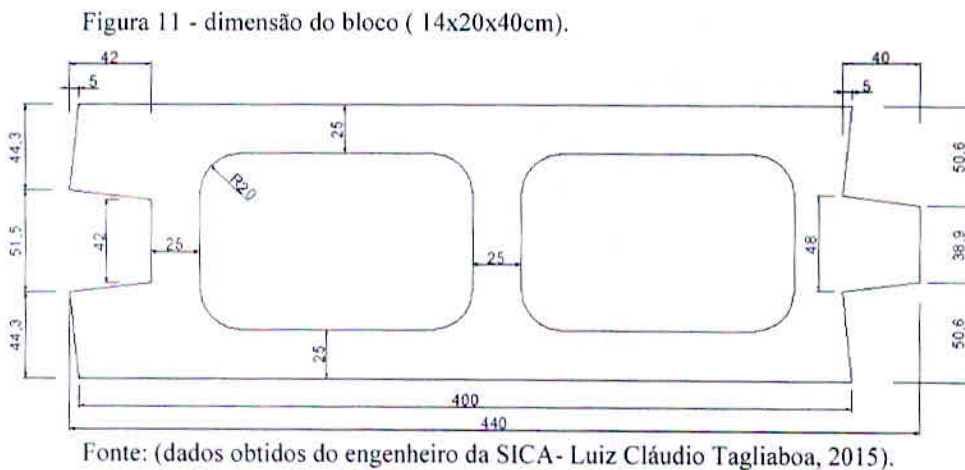
- blocos de apoio de lajes: canaleta de 19 cm nas paredes internas com J alto (19/27) nas externas, ou compensador de 11 cm nas paredes internas e J (11/19) nas externas. Como apresentados na figura 10.



Para o caso dos blocos modulares de encaixe para alvenaria sem juntas em argamassa, isto é, colocados justapostos ou até mesmo designados como “junta seca”, devido à ausência da argamassa, suas dimensões não decrescem 1,0 cm, prevalecendo o valor múltiplo do módulo $M = 10$ cm e seus submódulos. (TAGLIABOA, SICA 2015).

Para a obtenção de qualidade, a SICA possui um laudo técnico, onde ensaios exigidos foram verificados e sua resistência estrutural mínima de 2,5 MPa a 9 MPa aproximadamente. Podendo realizar uma construção cerca de 8 pavimentos. (TAGLIABOA, 2015).

Na figura 11, abaixo, é apresentado o bloco inteiro com suas respectivas espessuras informadas pelo engenheiro Luís Claudio Tagliaboa.



De acordo com as dimensões obtidas pelo engenheiro Luís Claudio Tagliaboa, a figura acima demonstra o mesmo processo contido na ABNT - NBR 6136:2014, os blocos encaixados seguem o mesmo padrão de norma quanto a espessura das paredes longitudinais e transversais, bem como, o mesmo raio mínimo de 2cm.

Conforme o mesmo engenheiro, a massa do bloco inteiro é cerca de 14,5 Kg.

Com esses dados, é obtido sua área líquida, bruta e seu volume. E com sua massa estabelecida, é possível determinar sua densidade. Como apresentado na tabela 5.

Tabela 5 - Característica do bloco inteiro (14x20x40cm).

DIMENSÃO (m)	MASSA (Kg)	ÁREA BRUTA (m ²)	ÁREA LÍQUIDA (m ²)	VOLUME (m ³)	γ bloco cheio (KN/m ³)	γ bloco vazado (KN/m ³)	ρ BLOCO (KN/m ³)	A_{liq} / A_{bruta} (%)
14x20x40	14,5	0,0558	0,031	0,00620	2,56	4,61	23,30	55

Fonte: (dados obtidos do engenheiro da SICA- Luiz Cláudio Tagliaboa, 2015).

4.5.2 Argamassa de assentamento.

A argamassa de assentamento é "utilizada na ligação entre os blocos, evitando pontos de concentração de tensões, sendo composta de cimento, agregado miúdo, água e cal, e que algumas argamassas podem apresentar adições para melhorar determinadas propriedades". (CAMACHO, 2006, p.10).

Segundo ABNT - NBR 15961-2:2011 as juntas horizontais e verticais devem ter espessuras de 1cm. A argamassa deve ser acondicionada em uma argamasseira metálica ou plástica que garanta a estanqueidade e consumida no máximo 2h30min. Qualquer mistura não utilizada neste período, a argamassa deve ser descartada.

Camacho (2006, p. 11) ainda acrescenta que a argamassa deve ser forte, [...] "possuir certas propriedades elásticas, trabalhabilidade e ser econômica".

De acordo com Parsekian e Faria in Mohamad (2015, p. 301) acrescenta que "a adição de água que foi perdida por evaporação, pode ser feita até no máximo duas vezes durante esse tempo". As argamassas podem ser produzidas no canteiro ou industrializadas. "Sendo um produto mais constante e homogêneo, as industrializadas, são as mais empregadas, consistindo de mistura de cimento, areia e aditivos".

Camacho (2006, p. 11), "a argamassa deve ter capacidade de retenção de água suficiente para que quando em contato com unidades de elevada absorção inicial, não tenha suas funções primárias prejudicadas pela excessiva perda de água para a unidade". Assim, esta argamassa será capaz de desenvolver resistência suficiente para absorver os esforços que possam atuar na parede logo após o assentamento.

De acordo com a ABNT - NBR 15961-1:2011, "à resistência à compressão, deve ser atendido o valor máximo limitado a 0,7 da resistência característica especificada para o bloco, referida à área líquida".

Com base na ABNT - NBR 13281:2005, apresenta a resistência característica da argamassa quanto a compressão e tipo de classe, conforme a tabela 6 abaixo.

Tabela 6 - Resistência à compressão.

Classe	Resistência à compressão MPa	Método de ensaio
P1	≤ 2,0	ABNT NBR 13279
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	> 8,0	

Fonte: (NBR 13281: 2005)

4.5.3 Graute.

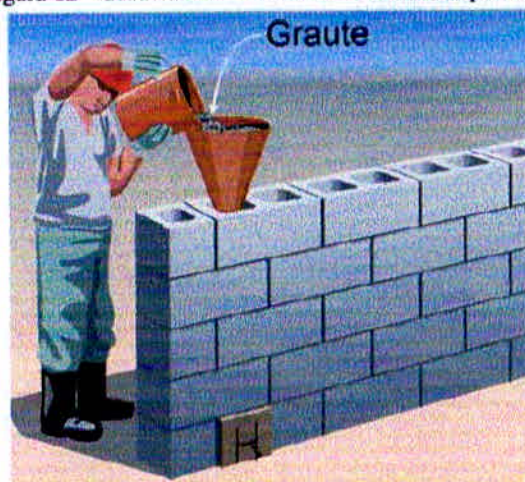
Segundo Camacho (2006, p. 13), o Graute é constituído de cimento, água, agregados miúdos e graúdos com dimensão até 9,5mm.

Parsekian e Faria in Mohamad (2015, p. 303) diz que, "graute é um tipo especial de concreto utilizado para o preenchimento dos vazios dos blocos e das canaletas de concreto", como representado na figura 12. Este produto possui a finalidade de aumentar a capacidade de resistência à compressão da parede e de solidificar as ferragens com a alvenaria.

Segundo ABNT - NBR 15961-1:2011, a altura máxima de lançamento deve ser de 1,6m, exceto se o graute for devidamente aditivado, garantida a coesão sem segregação, situação em que a altura de lançamento máximo permitido é de 2,8m. Deve ser executada uma cinta contínua na fiada de respaldo em cada pavimento. Pode ser executada com blocos especiais, tipo canaleta, ou com formas.

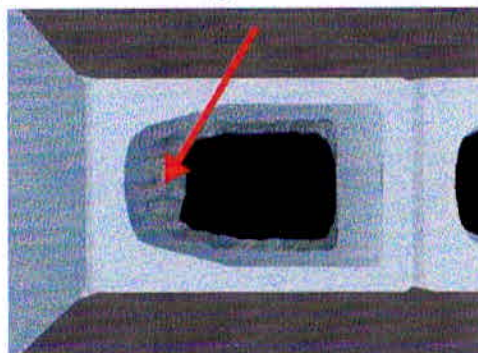
De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2009), os pontos de grauteamento como: cintas, vergas e contravergas são determinados conforme o projeto. É necessária a limpeza no interior dos furos, para a retirada de excesso de argamassa de assentamento, como representado na figura 13.

Figura 12 - Grauteamento dos furos verticais da parede.



Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

Figura 13 - Excesso de argamassa no interior do bloco.



Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

A ABNT - NBR 15961-1:2011 especifica que a resistência da alvenaria com a influência do graute, deve ser verificada em laboratório, mediante o ensaio de compressão de prismas, pequenas paredes ou paredes. Com um valor mínimo de 15 MPa.

"A resistência do graute deve estar relacionada com a resistência real do bloco. Como um bloco tem normalmente 50% de área líquida, o material de que é feito (concreto) terá o dobro da resistência nominal". (TAGLIABOA tese 2011, p.118).

4.5.4 Armadura.

Segundo Camacho (2006, p. 13), "as armaduras empregadas na Alvenaria Estrutural são as mesmas utilizadas no concreto armado e estão sempre presentes na forma de armadura construtiva ou de cálculo". "As armaduras são colocadas para absorver eventuais esforços de

tração, sempre envolvidas por graute, de modo que trabalhem monoliticamente com os blocos” (SALVADOR FILHO, 2007 p 84). A ABNT - NBR 15961-1:2011 especifica o cobrimento mínimo de 15mm, quando envolvidas.

Com base na ABNT - NBR 15961-1:2011, "as armaduras alojadas em um mesmo espaço grauteado (furo vertical ou canaleta horizontal) não podem ter área da seção transversal superior a 8% da área correspondente da seção do graute envolvente".

A mesma norma ainda acrescenta que, quando utilizado a armadura junto ao assentamento da argamassa, não pode ter diâmetro superior a 6,3mm. E em outros casos, com a utilização do aço CA-50, até o diâmetro de 25mm, com base nos espaçamentos e cobrimentos normatizados.

4.6 Controle de qualidade.

De acordo com a ABNT - NBR 15961-2: 2011, "antes do início da obra, deve ser feita a caracterização da resistência à compressão dos materiais, componentes e da alvenaria a serem usados na construção. Os componentes blocos, argamassa e graute devem ser ensaiados". A mesma norma ainda especifica que os ensaios devem ser feitos mediante o ensaio de prisma, pequena parede ou parede, executados com blocos, argamassas e grautes de mesma origem e características dos que serão utilizados na alvenaria. A tabela 7 apresenta o número mínimo de corpos de prova a serem ensaiados.

Tabela 7 - Número mínimo de corpos de prova por tipo de elemento de alvenaria.

Tipo de elemento de alvenaria	Número de corpos de prova
Prisma	12
Pequena parede	6
Parede	3

Fonte: (NBR 15961-2:2011).

No caso de ensaios já terem sido realizados pelo fornecedor no prazo de 180 dias que antecede o começo da obra, este procedimento torna-se desnecessário, podendo ser utilizados os resultados obtidos pelo o mesmo (ABNT - NBR 15961-2: 2011).

De acordo com Tauil e Nese (2010, p. 179), quando os blocos de concreto são fabricados pelo próprio fornecedor, devem ser enviadas a laboratórios credenciados pelo Inmetro amostras obtidas da fábrica para ensaios exigidos em norma e controle de qualidade. "A certificação demonstra, então, que o fabricante produz os blocos vazados de concreto em conformidade com as normas brasileiras vigentes". (TAUIL E NESE, 2010, p. 179).

De acordo com o engenheiro Tagliaboa (2015), o sistema de blocos encaixados, possui laudo técnico realizados pelo Centro Tecnológico de Controle de Qualidade (Falcão Bauer) e a Teccon Tecnologia do Concreto S/C Ltda. Como não possuem uma norma específica para os blocos de concreto encaixado, os testes são realizados conforme os exigidos em norma para os blocos de concreto estrutural convencional. No anexo B é mostrado os ensaios realizados pela empresa SICA.

4.7 Sistema construtivo de alvenaria estrutural.

De acordo com a Revista *Téchne*, Tauil (2010) diz: "A alvenaria estrutural, possibilita um layout com várias formas em planta. Desde formatos circulares com paredes radiais, como edifícios em Y, em cruz, quadrados, retangulares, etc".

Com base no mesmo, "É importante que o arquiteto visualize bem como organizar aquelas paredes que suportam as cargas verticais dos andares superiores, as chamadas paredes portantes".

Samara et al in Mohamad (2015, p. 40), fala que a especificação de diretrizes técnicas para a execução dos projetos é fundamental para a obtenção da qualidade final da edificação e a otimização dos recursos físicos, financeiros e materiais empregados em sua produção. Um dos aspectos mais relevantes é a definição do tipo de bloco a ser empregado no projeto.

Segundo Camacho (2006, p. 20), "um projeto bem estudado e bem definido em termos de modulação implica no aproveitamento das vantagens do sistema Alvenaria Estrutural". "A definição do elemento padronizado é o ponto de partida para a modulação e, conseqüentemente, da racionalidade da obra" (SILVA, 2003 apud SAMARA et al In MOHAMAD, 2015, p. 48).

4.7.1 Processo executivo: bloco de concreto convencional.

Abaixo seguem as etapas para elevação da alvenaria de blocos de concreto, de acordo com Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2009).

1º SERVIÇOS PRELIMINARES:

- Deixar o pavimento ou fundação em condições de iniciar o serviço. Verificar a posição das instalações e armaduras de esperas;
- Estudar o projeto de produção;

- Verificar esquadro da obra, se retangular, a cada 10m tiver uma tolerância menor ou igual que 5mm entre as diagonais, o pavimento se encontra no esquadro. Conforme figura 14.

Figura 14 - Verificação das diagonais.

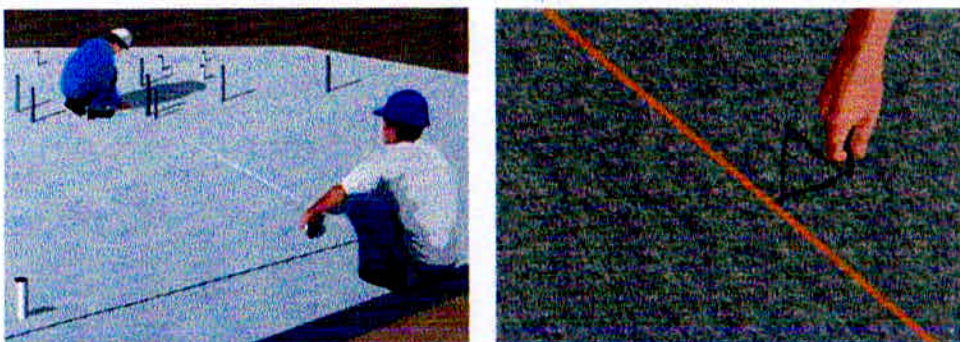


Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

2º MARCAÇÃO DA ALVENARIA:

- Marcar a direção das paredes de primeira fiada, vãos de portas e shafts utilizando a linha traçante;
- Indicação do lado de assentamento dos blocos. Conforme figura 15.

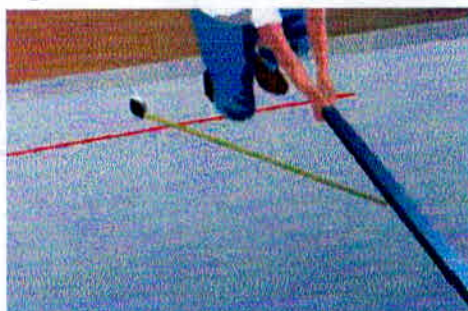
Figura 15 - Marcação da direção das paredes e indicação do lado de assentamento.



Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

- Conferir referências com o gabarito de marcação ou locação da obra. (marcação das paredes perpendiculares) conforme a figura 16.

Figura 16 - Marcação das paredes perpendiculares.



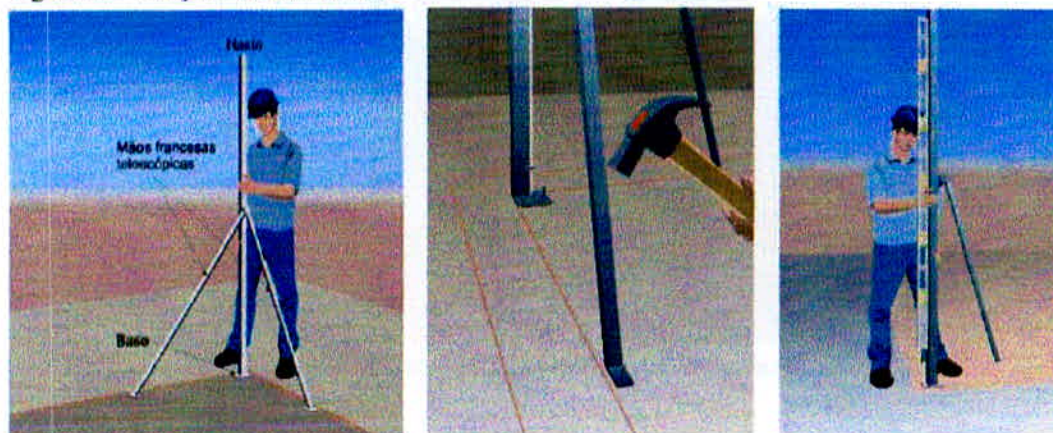
Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

3º INSTALAÇÃO DOS ESCANTILHÕES

- Marcar a posição dos escantilhões;
- Fixar com pregos de aço ou com bucha e parafuso;
- Colocá-los em prumo.

A figura 17 demonstra os itens acima.

Figura 17 - Fixação dos escantilhões.

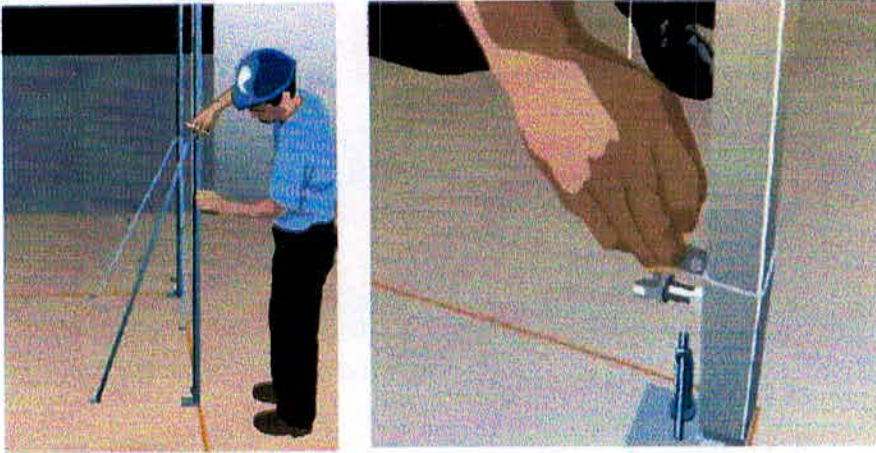


Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

4º NIVELAMENTO DAS FIADAS

- Determinar o ponto mais alto do pavimento com auxílio de um nível. Apoiar um sarrafo de madeira verticalmente neste ponto, criando nele uma marca a 20 cm do pavimento. Essa será a "régua de transferência de nível";
- Transferir o nível para cada escantilhão e ajustar a primeira marca da régua graduada fazendo coincidir com a marca da régua de transferência de nível. Como mostra a figura 18.

Figura 18 - Marcação das referências.

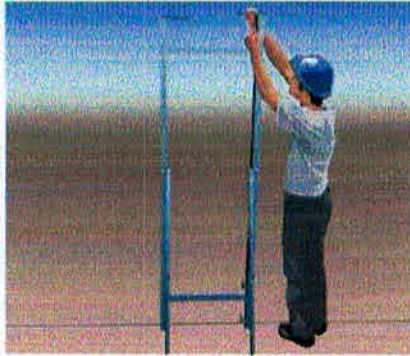


Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

5º INTALAÇÃO DOS GABARITOS DE PORTAS

- Instalar os gabaritos de portas nos vãos já marcados no pavimento e ajustar sua altura (figura 19).

Figura 19 - Ajuste da altura do gabarito da porta.

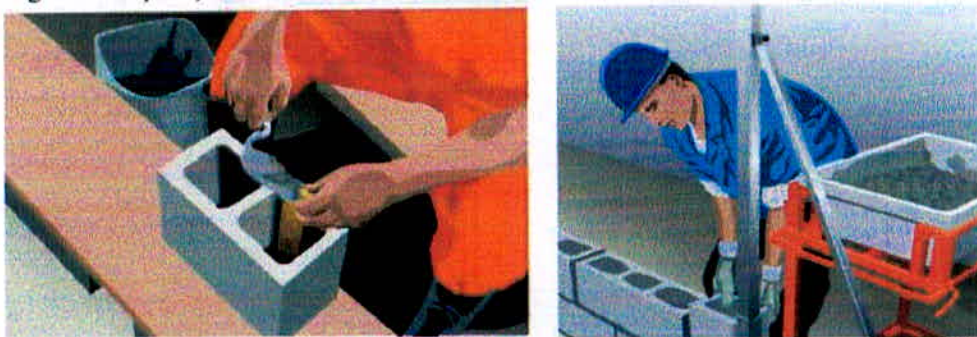


Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

6º ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

- Verificar o abastecimento dos materiais ferramentas e equipamentos;
- Armazenar os materiais corretamente no canteiro;
- Preparar os blocos para fixação das caixas elétricas;
- Colocar os blocos e caixotes de argamassa próximos do local de utilização. (figura 20).

Figura 20 - Aplicação das caixas elétricas nos blocos e plano de execução do serviço.

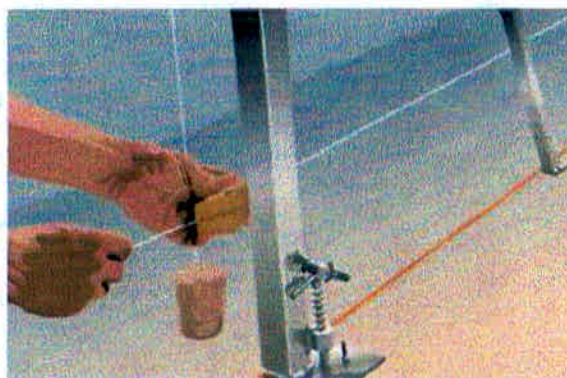


Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

7º ELEVAÇÃO DA ALVENARIA

- Posicionar as linhas nos escantilhões para garantir o alinhamento e nivelamento das fiadas. Conforme figura 21.

Figura 21- Nivelamento das fiadas.



Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

8º EXECUÇÃO DA PRIMEIRA FIADA

- Molhar a superfície do pavimento da parede antes da aplicação da argamassa;
- Aplicar a argamassa de assentamento na largura aproximada do bloco;
- Inicia o assentamento pelos cantos, de forma que sirvam de referência para o alinhamento das fiadas. (Figura 22).

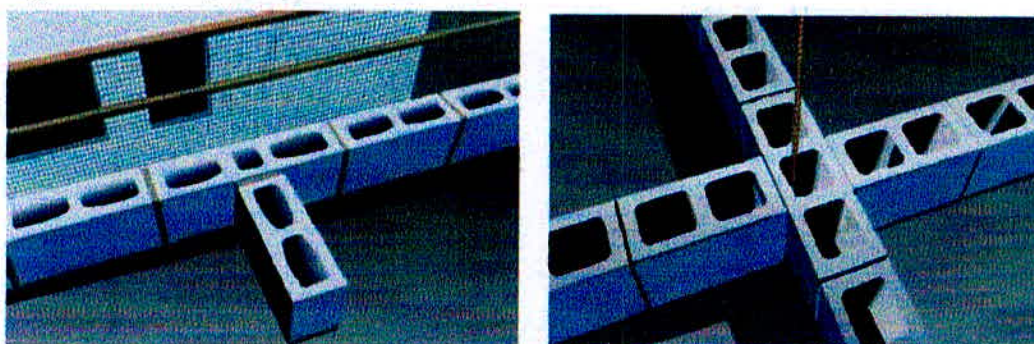
Figura 22 - Procedimento de assentamento do bloco.



Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

- Observar a amarração dos blocos conforme o projeto (plantas de primeira e segunda fiadas e paginação). (figura 23).

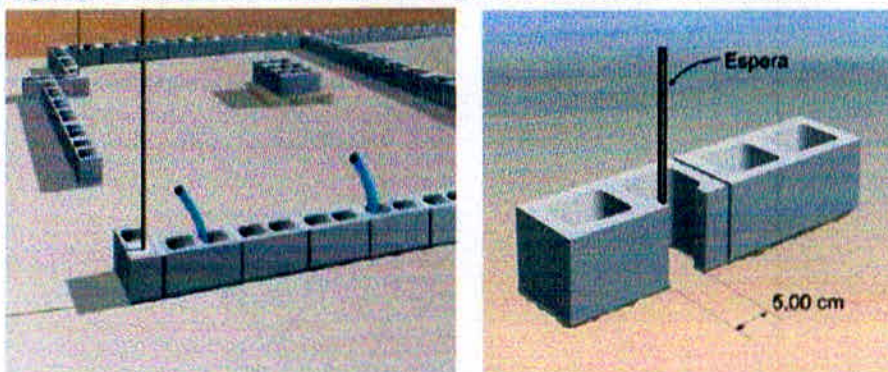
Figura 23 - Amarração das paredes.



Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

- Posicionamento das instalações elétricas e hidrossanitárias;
- Posição dos blocos com aberturas destinadas a limpeza dos pontos que serão grauteados. (figura 24).

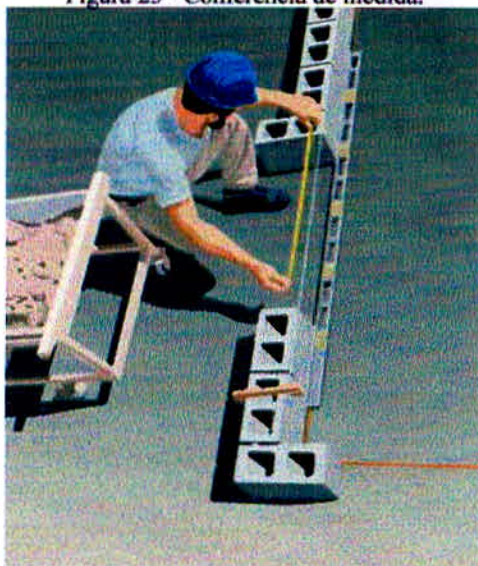
Figura 24 - Posição das instalações elétricas e aberturas dos blocos para limpeza.



Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

- Locação e tolerâncias dimensionais dos vãos de portas e vãos destinados a "shafts". (figura 25).

Figura 25 - Conferência de medida.

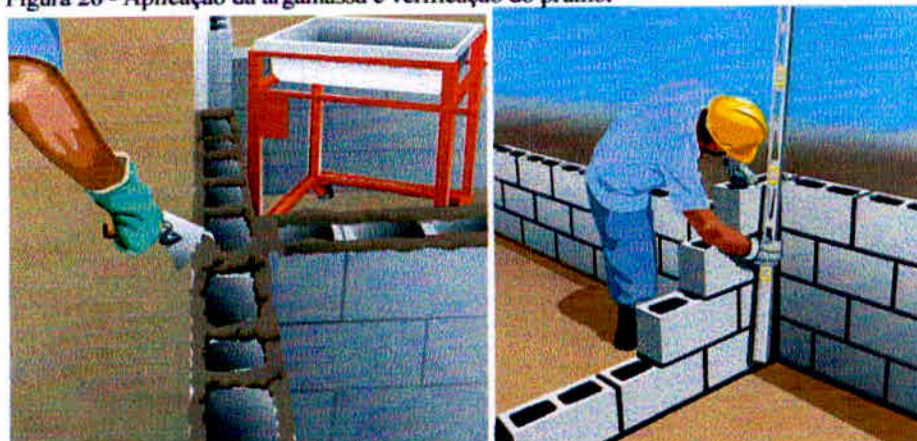


Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

9º EXECUÇÃO DAS DEMAIS FIADAS

- Aplicar a argamassa nas paredes longitudinais e transversais dos blocos;
- Durante toda a etapa de elevação, o prumo, o nível e o alinhamento devem ser verificados de maneira constante. (figura 26).

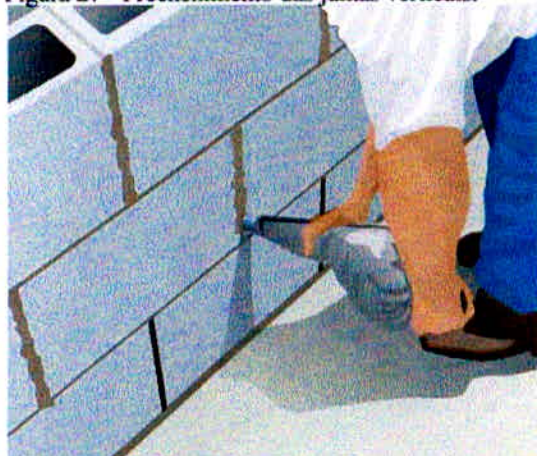
Figura 26 - Aplicação da argamassa e verificação do prumo.



Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

- Preencher as juntas verticais durante o assentamento dos blocos. (figura 27).

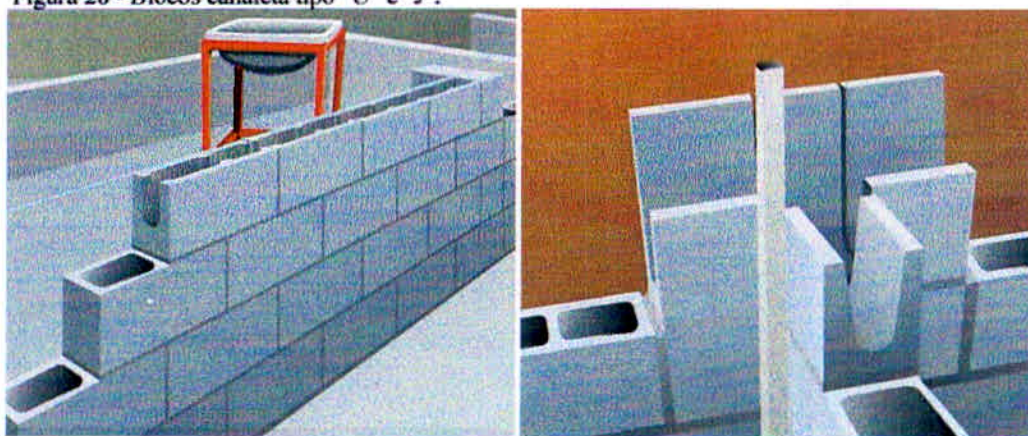
Figura 27 - Preenchimento das juntas verticais.



Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

- Assentar os blocos tipo “U” (canaleta), tipo “J” e tipo compensador para a execução de cintas, vergas e contra vergas e pontos de grauteamento determinados e preenchidos conforme projeto estrutural. (figura 28).

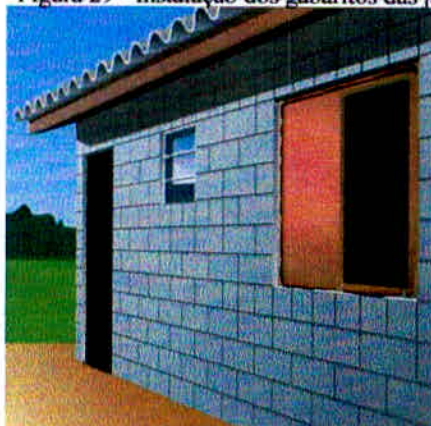
Figura 28 - Blocos canaleta tipo "U" e "J".



Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

- Instalar os gabaritos de janelas ao atingir a fiada indicada no projeto. (Figura 29).

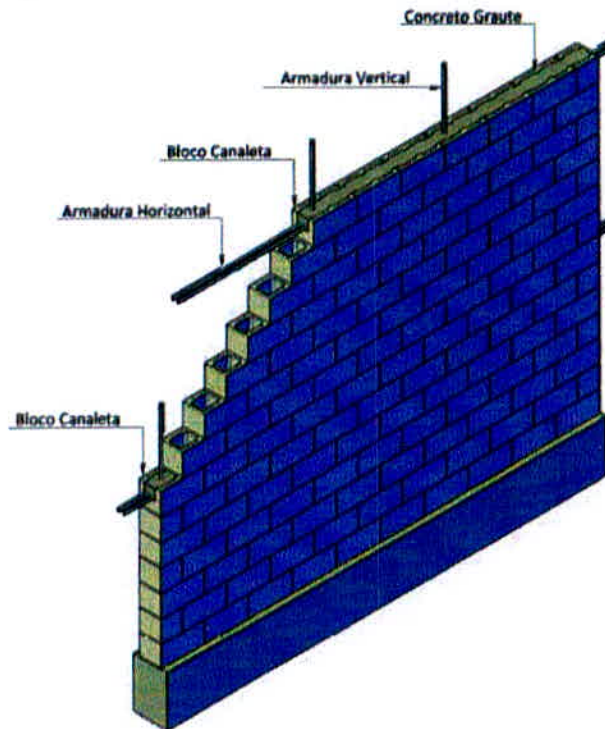
Figura 29 - Instalação dos gabaritos das janelas.



Fonte: ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

- Limpar o interior dos furos a cada 6 fiadas retirando o excesso de argamassa de assentamento nos pontos de grauteamentos (Figura 30). Grautear os pontos verticais e horizontais do projeto (Figura 31).

Figura 30 - Grauteamentos dos pontos verticais e horizontais.

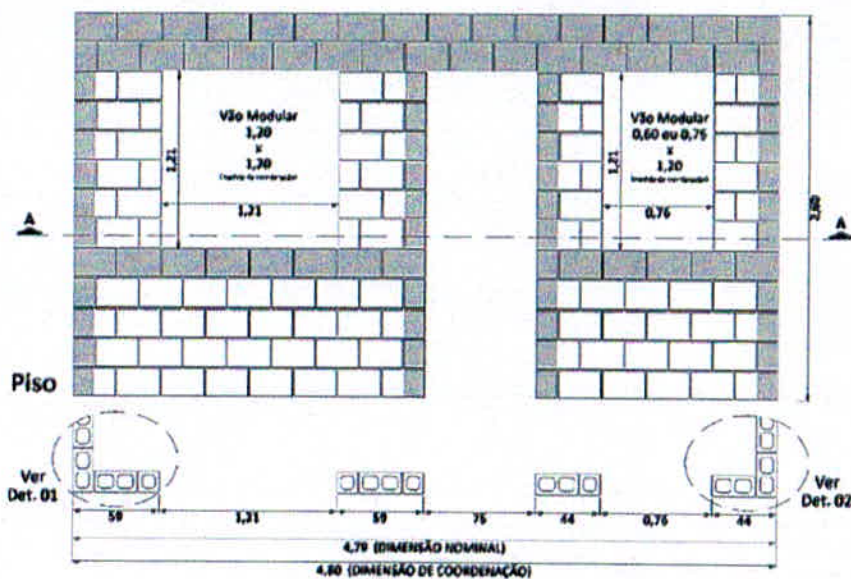


Fonte: (TAUIL E NESE, 2010, p. 72).

Após a execução das paredes portantes e seus devidos grauteamentos, a laje é executada conforme o projeto.

A figura 31 demonstra o detalhe de uma parede com dimensão modular de (14x19x29).

Figura 31 - Detalhe parede com dimensão modular de (14x19x29).



Fonte: (TAUIL E NESE, 2010, p. 80).

De acordo com Prates (2009, p. 6), "o projeto é a ordem de serviço para a execução da alvenaria, ou melhor, para a montagem da alvenaria. Daí a importância de elaborar um conjunto de detalhes compatibilizados também com a técnica construtiva".

4.7.2 Processo executivo: bloco de concreto encaixado.

De acordo com Tagliaboa (SICA, 2015), segue a sequência de montagem de uma parede:

1º - fazer a marcação dos pontos de graute e deixar os arranques da ferragem conforme projeto.

2º - fazer a marcação da primeira fiada com 1 bloco inteiro e 1/2 bloco assentado com argamassa no baldrame (Figura 32). Com nivelamento preciso para garantir que as demais fiadas sejam niveladas.

Figura 32 - Marcação.



Fonte: (SICA, 2015).

3º - fazer a montagem dos pilares e grautear, alinhando e em prumo (Figura 33). (Etapa em que o oficial executa, após a primeira fiada e colocação de 4 blocos nos pilares, podendo o fechamento ser feito, por uma pessoa não qualificada).

Figura 33 - Montagem dos pilares.



Fonte: (SICA, 2015).

3º - fazer a montagem da parede colocando os blocos inteiros. (Figura 34).

Figura 34 - Fechamento dos vãos.



Fonte: (SICA, 2015).

4º - fazer as cintas em volta de todas as paredes (5ª fiada) com os blocos canaletas (utilizando argamassa para assenta-lo), conforme projeto e grautear. (Figura 35).

Figura 35 - Primeira cinta estrutural.



Fonte: (SICA, 2015).

5º - Após a primeira cinta de travamento, fazer a outra marcação utilizando novamente a argamassa para assentamento. (Figura 36).

Figura 36 - Marcação.



Fonte: (SICA, 2015).

6º - fazer o levantamento dos pilares até a última cinta estrutural e fazer a montagem da parede colocando os blocos inteiros. (Figura 37).

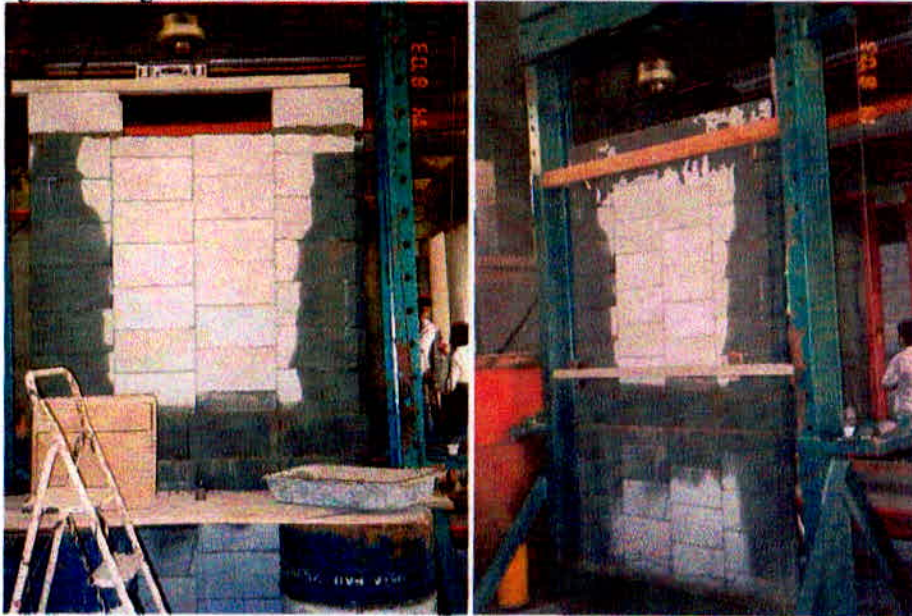
Figura 37 - Montagem dos pilares e fechamento dos vãos.



Fonte: (SICA, 2015).

7º - Fazer a montagem com os blocos canaletas formando a cinta de travamento e fazer o grauteamento final (Figura 38).

Figura 38 - Segunda cinta estrutural com os blocos canaletas.

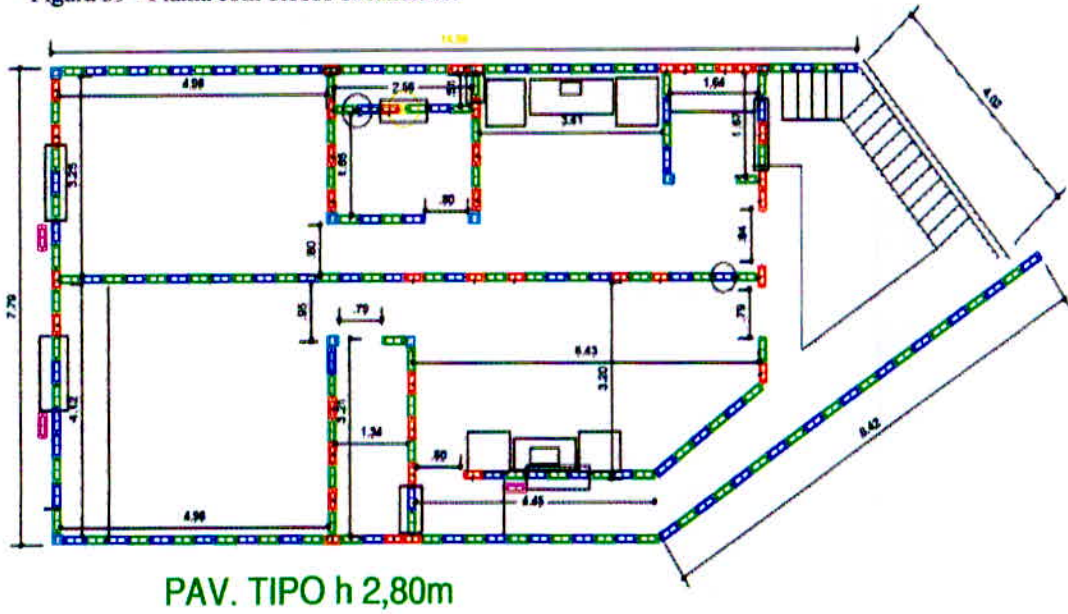


Fonte: (SICA, 2015).

Após o grauteamento final, a elaboração da laje é efetuada de acordo com dados de projeto.

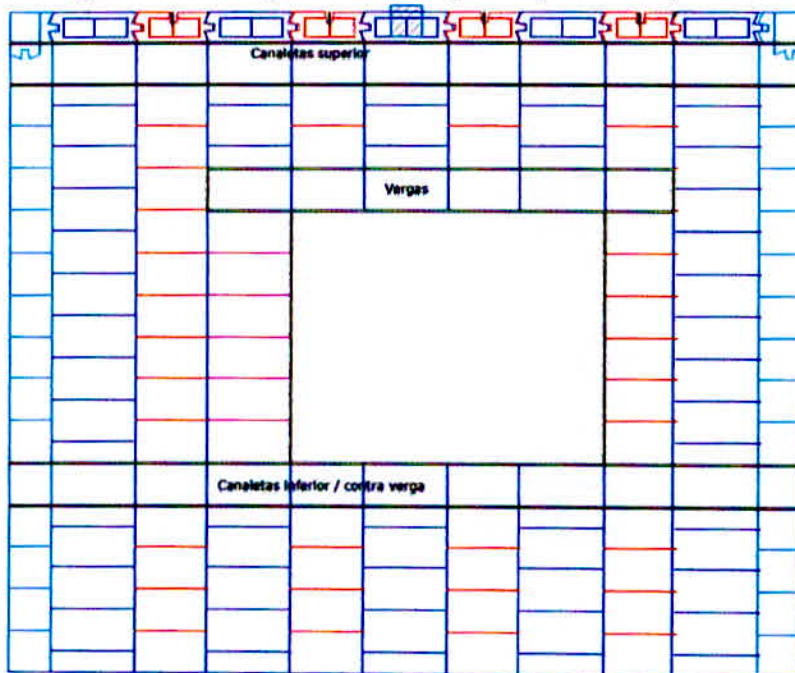
Na figura 39 é representada uma planta com os blocos encaixados e na figura 40 um detalhe genérico da montagem das paredes com janelas

Figura 39 - Planta com blocos encaixados.



Fonte: (dados obtidos do engenheiro da SICA- Luiz Cláudio Tagliaboa, 2015).

Figura 40 - Detalhe genérico da montagem das paredes com janelas.



Fonte: (dados obtidos do engenheiro da SICA- Luiz Cláudio Tagliaboa, 2015).

4.8 Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural de bloco de concreto.

Com base nos dados obtidos dos blocos de concreto convencional e encaixado, abaixo na tabela 8 e 9, segue as vantagens e desvantagens de cada bloco.

Tabela 8 - Vantagens e desvantagens do bloco de concreto convencional.

ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE CONCRETO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
BLOCO DE CONCRETO CONVENCIONAL	Possui uma elevada família de blocos;	Necessita de argamassa de assentamento nas juntas verticais e horizontais;
	Sua resistência pode ser acima de 8MPa, sendo o mínimo de 3MPa	Mão de obra especializada;
	Produção de edifícios mais altos;	O bloco não pode ser reutilizado após seu assentamento;
	Bloco mais leve, se comparado com o de encaixe de mesma largura;	Consumo maior de argamassa;
	Molde para fabricação dos blocos mais simples, se comparado aos de encaixe;	Não permite cortes nas paredes horizontais,
	Várias empresas podem fabricar o bloco convencional desde que seguidos as normas corretas;	Projeto bem executado e elaborado;
	Prioriza a execução da alvenaria aparente quando utilizado a argamassa nas juntas;	Impossibilidade de remoção de paredes estruturais;
	Tubulações elétricas e de água embutidas nos blocos;	
Menor volume de concreto do bloco;		

Fonte: próprio autor.

Tabela 9 - Vantagens e desvantagens do bloco de concreto encaixado.

ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE CONCRETO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
BLOCO DE CONCRETO ENCAIXADO	Permite assentamento a seco, sem a utilização de argamassa;	Somente modulação com largura de 14 cm;
	Facilidade de treinamento da mão de obra;	Altura limitada aproximadamente de 8 pavimentos;
	Não exige mão de obra especializada;	Possui um peso mais elevado se comparado com o convencional de mesma largura;
	Possibilidade da reutilização do bloco quando não utilizada a cola branca para unir os blocos;	Exige moldes especiais para cada tipo de bloco;
	Quando utilizada a cola, pode impedir a passagem de água pelas juntas;	Somente uma empresa fabrica este tipo;
	Dispensa a execução de chapisco e reboco;	Projeto bem executado e elaborado;
	Técnica executiva simplificada;	Impossibilidade de remoção de paredes estruturais;
	Redução de aproximadamente 70% de argamassa de assentamento;	Não permite cortes nas paredes horizontais;
	Resistência estrutural de 2,5 MPa à 9MPa;	Execução de elevação mais lento quando utilizado a cola branca pra unir os blocos;
	Tubulações elétricas e de água embutidas nos blocos;	Sem o revestimento externo não impede a passagem de água;
		Maior volume de concreto do bloco;

Fonte: próprio autor.

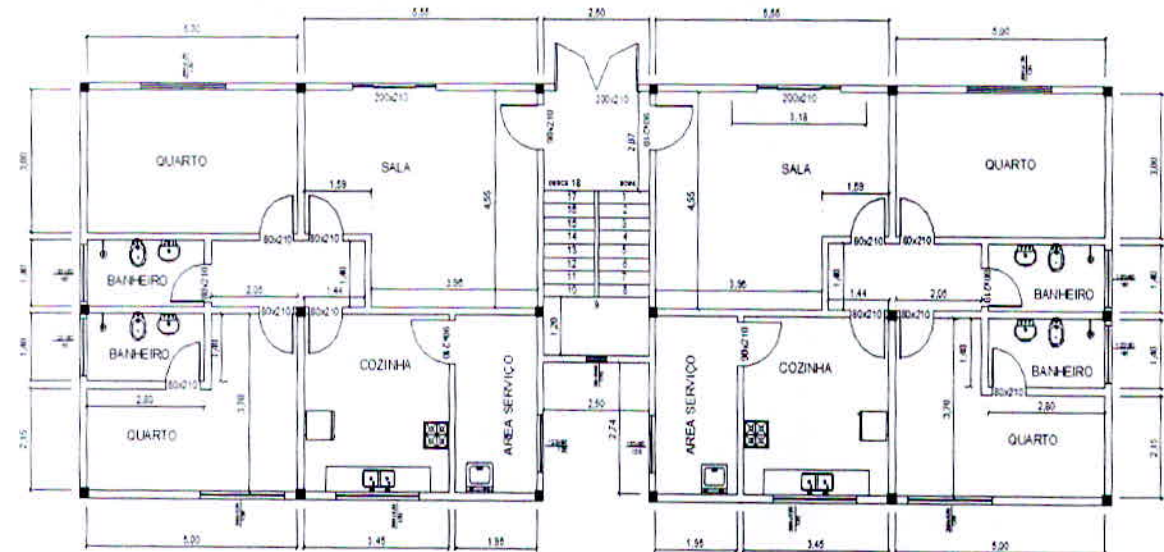
5 ESTUDO DE CASO

Para a elaboração do estudo de caso, será empregado o sistema de alvenaria estrutural não armada (armaduras com função, apenas, construtivas) com blocos de concreto convencional em comparação com o encaixado, na elaboração de um edifício residencial de dois pavimentos. Abaixo segue uma descrição preliminar de um apartamento. Na figura 41, apresenta o modelo do pavimento tipo a ser construído e na figura 42, o detalhe de um apartamento.

DESCRIÇÃO PRELIMINAR DO EDIFÍCIO PARA CADA APARTAMENTO.

- 1 Quarto com 15m²;
- 1 Quarto suíte com 13,92m²;
- 1 Cozinha com 12,76m²;
- 1 Sala com 22,8m²;
- 1 Área de serviço com 7,22m²;
- 2 Banheiros com 3,9m² cada;
- Espessuras das paredes de 15cm, com a utilização dos dois modelos de blocos;
- Espessura da laje com 10cm;
- Revestimento interno com gesso;
- Revestimento externo com argamassa com 1,5cm de espessura;
- Caixa de escada sem elevador;

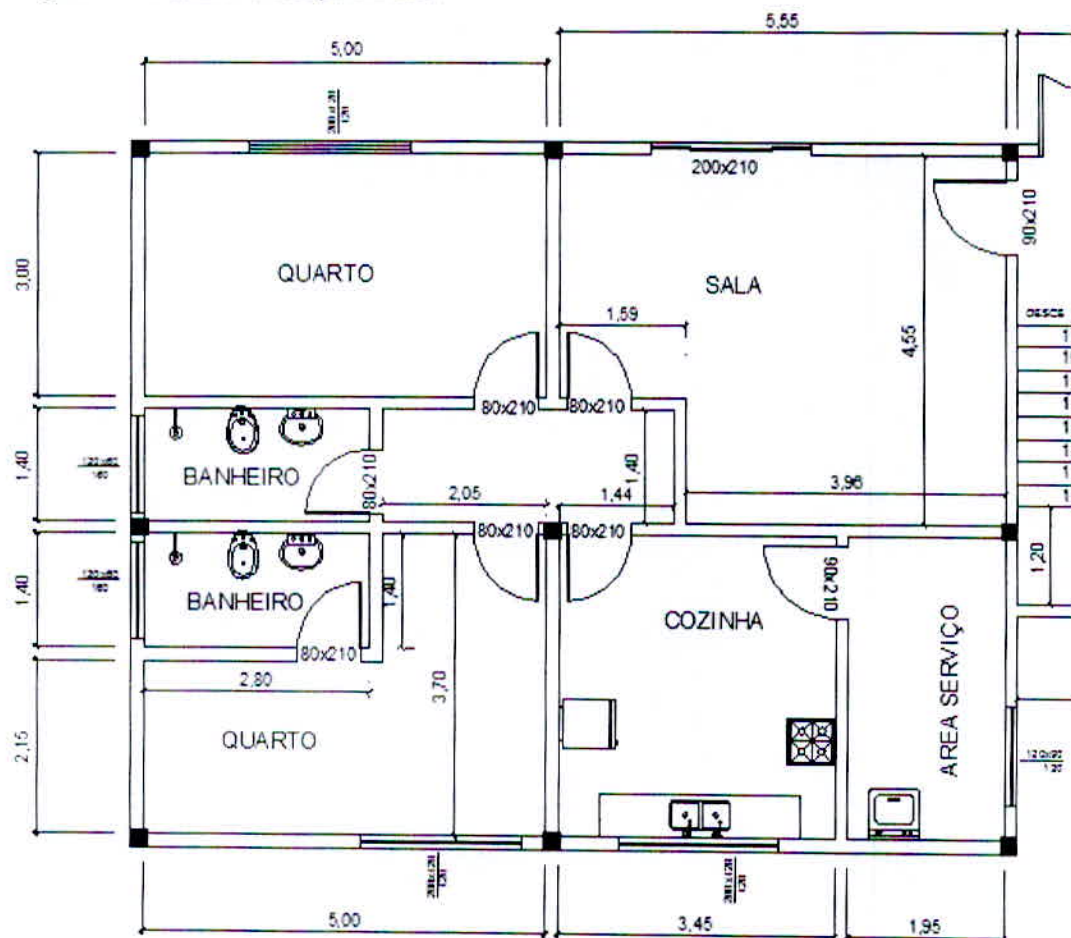
Figura 41 - Planta do pavimento tipo.



PLANTA PAVIMENTO TIPO
escala 1/75

Fonte: próprio autor.

Figura 42 - Detalhe de um apartamento.



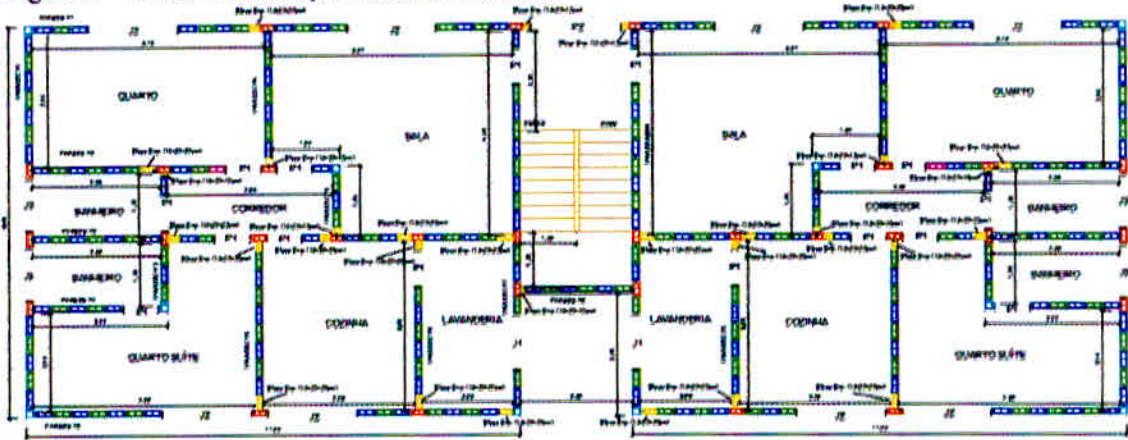
PLANTA PAVIMENTO TIPO
escala 1/75

Fonte: próprio autor.

Com base na planta de arquitetura apresentada na figura 41, foi possível realizar a modulação para cada processo de blocos de alvenaria estrutural.

Para os blocos de encaixe, foi elaborado a fiada com os vãos de portas e janelas, sendo necessário a indicação apenas de 1ª fiada, como apresentado na figura 43.

Figura 43 - Planta de modulação do bloco de encaixe.

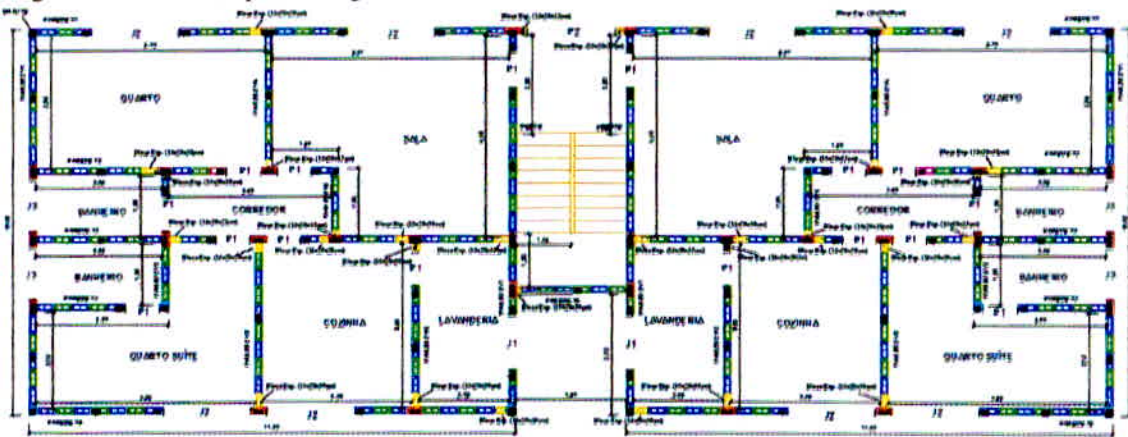


10ª Fiada - com vãos

Fonte: próprio autor.

Após a modulação, os pontos de grauteamentos são determinados, juntamente com a armadura, como ostra a figura 44.

Figura 44 - Planta dos pontos de grauteamentos do bloco de encaixe.

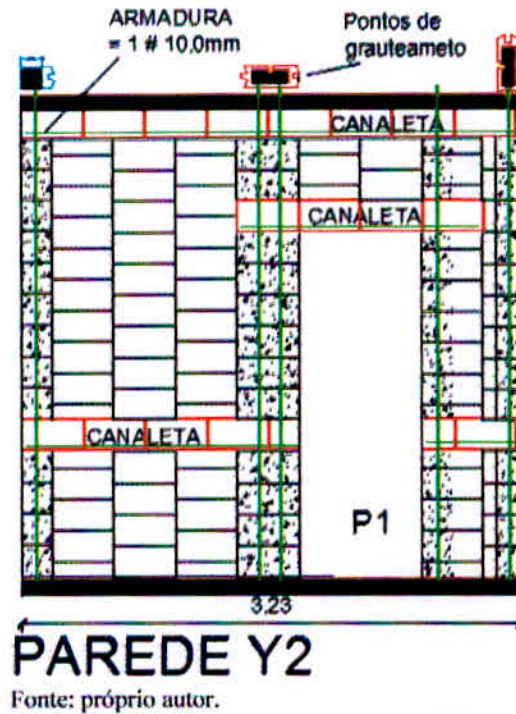


10ª Fiada - PONTOS DE GRAUTEAMENTO

Fonte: próprio autor.

Para o consumo de blocos, argamassa, graute e armadura, o detalhe de cada parede é desenhado em planta (Figura 45).

Figura 45 - Detalhe da parede Y2 do bloco de encaixe.



As demais paredes se encontram no anexo A, juntamente com as modulações das fiadas.

Para os blocos convencionais, foram necessários a indicação em planta da fiada par e ímpar, como apresentado na figura 46 e 47. Para a realização de travamento entre os blocos.

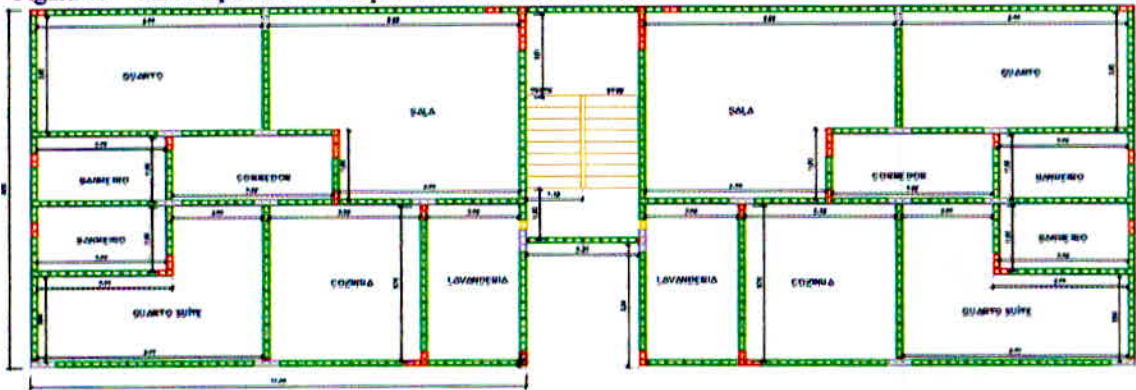
Figura 46 - Modulação da fiada par do bloco convencional.



Fiada par - sem vãos

Fonte: próprio autor.

Figura 47 - Modulação da fiada ímpar do bloco convencional.

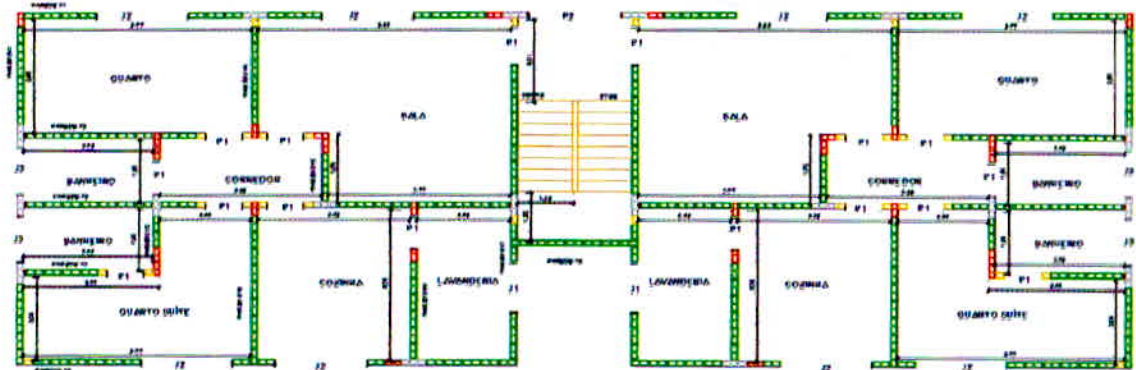


Fiada Ímpar - sem vãos

Fonte: próprio autor.

Com a modulação de primeira e segunda fiada realizada, os vãos de portas e janelas são determinados, bem como, os pontos de grauteamento e armaduras. Figura 48 e 49.

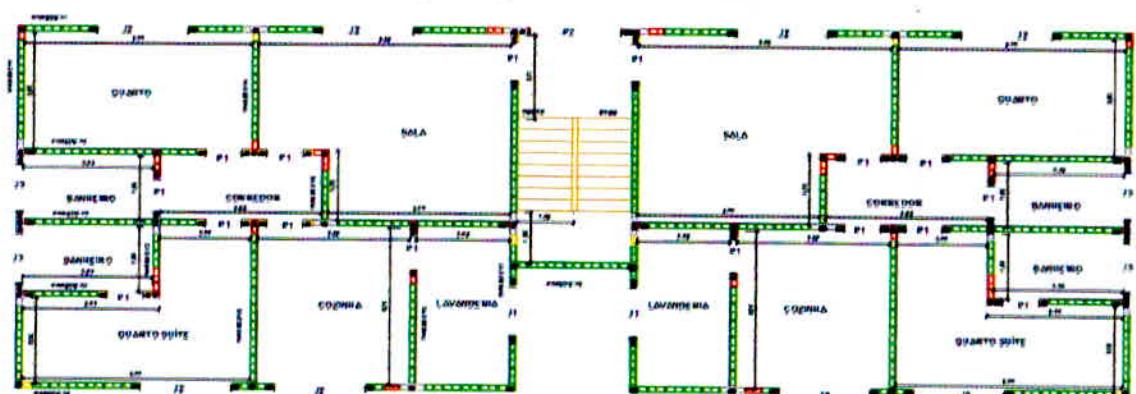
Figura 48 - Modulação com aberturas de portas e janelas do bloco convencional.



9ª e 11ª Fiadas

Fonte: próprio autor.

Figura 49 - Modulação com aberturas de portas e janelas do bloco convencional.

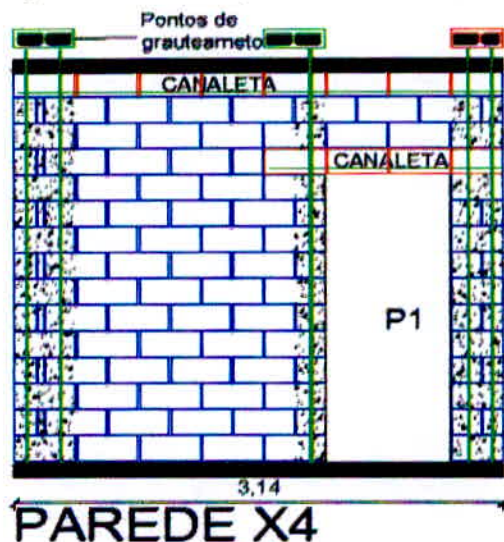


Pontos de Grauteamento

Fonte: próprio autor.

Para o levantamento do consumo de materiais, se faz necessário o detalhamento de cada parede, como apresentado abaixo, o detalhe da parede X4. (Figura 50)

Figura 50 - Detalhe da parede X4 do bloco convencional.



Fonte: próprio autor.

Os projetos realizados em ambos os processos, se encontram em anexo A, com os detalhamentos das paredes e as modulações das fiadas, em folha A1.

Para relatar qual sistema de alvenaria estrutural de concreto apresenta uma economia maior e fazendo um comparativo de custo dos dois processos estudados, o trabalho consistirá dos seguintes indicadores:

- Consumos de materiais (blocos, argamassa, graute e armadura);
- Duração da mão de obra;
- Orçamento da alvenaria.

A planta apresentada, se deu apenas, para a comparação entre as alvenarias, ou seja, não foi acompanhada nenhuma obra para o levantamento de materiais, prazo de execução e orçamento da obra.

5.1 Consumo de materiais dos blocos de encaixe.

5.1.1 Consumo dos blocos de encaixe.

Abaixo na tabela 10, é apresentado o consumo de blocos a serem gastos para a realização do edifício residencial de dois pavimentos. Com uma área de 575,6m² de parede a serem construídas (área relacionada aos dois pavimentos).

Tabela 10 - Quantidade de blocos de encaixe.

QUANTITATIVO DE BLOCOS DE CONCRETO DE ENCAIXE													
PAREDES	TIPOS DOS BLOCOS												
	Canto	Meio bloco	Padrão	Espansivo						Divisor	Canaleta	Fêmea	Macho
				10cm	15cm	20cm	25cm	30cm	35cm				
Parede X1	26	122	465	-	18	26	-	29	-	52	153	4	26
Parede X2	26	46	234	-	-	-	-	26	-	78	19	26	52
Parede X3	-	100	418	-	-	26	26	26	26	156	118	-	78
Parede X4	26	34	124	-	-	-	-	-	-	26	9	-	-
Parede X5	52	88	382	-	-	-	-	26	-	52	35	-	-
Parede X6	-	12	72	13	-	-	-	-	-	-	14	-	13
Parede Y1	52	88	332	-	-	-	-	-	-	78	94	-	-
Parede Y2	26	24	102	-	-	-	-	-	-	26	36	-	26
Parede Y3	-	32	192	-	-	26	-	26	-	-	40	-	-
Parede Y4	-	32	166	-	26	-	-	-	-	-	32	-	-
Parede Y5	26	8	74	26	-	-	-	-	-	-	16	-	-
Parede Y6	-	32	150	-	-	26	-	26	-	-	44	-	-
Parede Y7	26	76	358	-	-	-	-	-	-	78	98	-	-
TOTAL DE UM PAVIMENTO	260	694	3069	39	44	104	26	159	26	546	708	30	195
TOTAL DOS DOIS PAVIMENTOS	520	1388	6138	78	88	208	52	318	52	1092	1416	60	390
TOTAL DOS DOIS PAVIMENTOS EM M² DE PAREDE CONSTRUÍDA												575,6	
CONSUMO TOTAL DE TODOS OS BLOCOS (UNIDADES)												11800	

Fonte: próprio autor.

5.1.2 Consumo de graute nos blocos de encaixe.

Conforme as informações passadas pelo engenheiro Luís Claudio Tagliaboa, para o levantamento do consumo de graute, deve ser preenchido entre 1,5m à 2,0m (no sentido vertical), por se tratar que os blocos são apenas de encaixe e sendo necessário as armaduras construtivas adotadas como mínimas de 1#10,0mm em todo ponto de grauteamento. Esses pontos, tidos como pilares, absorvem parte das cargas verticais e horizontais porem sua maior função é dar estabilidade as paredes. A figura 51 ilustra os espaçamentos. Em toda cinta de travamento e vergas devem ser adotadas o mesmo diâmetro da barra. Sendo necessário uma cinta na altura da 5ª fiada e na ultima fiada de respaldo.

Figura 51 - Pilares grauteados com 1 barra de 10mm.



Fonte: (dados obtidos do engenheiro da SICA- Luiz Cláudio Tagliaboa, 2015).

Abaixo, segue a tabela 11 com o volume de graute a ser gasto nos dois pavimentos.

Tabela 11 - Volume de graute dos blocos de encaixe.

VOLUME DE GRAUTE DOS BLOCOS DE CONCRETO DE ENCAIXE			
PAREDES	SENTIDO DA PAREDE		TOTAL (m ³)
	VERTICAL	HORIZONTAL	
Parede X1	0,879	0,9055	1,7845
Parede X2	0,784	0,4544	1,2384
Parede X3	0,837	0,6697	1,5067
Parede X4	0,213	0,2019	0,4149
Parede X5	0,891	0,7943	1,6853
Parede X6	0,0465	0,0742	0,1207
Parede Y1	0,744	0,6144	1,3584
Parede Y2	0,286	0,2156	0,5016
Parede Y3	0,093	0,2376	0,3306
Parede Y4	0,093	0,1924	0,2854
Parede Y5	-	0,0997	0,0997
Parede Y6	0,286	0,2613	0,5473
Parede Y7	0,858	0,5951	1,4531
VOLUME TOTAL DE UM PAVIMENTO (m³)			11,327
VOLUME TOTAL DOS DOIS PAVIMENTOS (m³)			22,653

Fonte: próprio autor.

5.1.3 Consumo de armadura nos blocos de encaixe.

Na tabela 12, encontra o número de barras verticais contidas nos pilares, que irá precisar para a construção do edifício, o seu comprimento, juntamente com o peso total de 489,65 Kg.

Tabela 12 - Quantidade de armadura dos blocos de encaixe.

QUANTIDADE DE ARMADURA NOS BLOCOS DE CONCRETO DE ENCAIXE - DOS DOIS PAVIMENTOS				
PAREDES	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE		PESO (Kg)
		VERTICAL (Nº BARRAS)	COMPRIMENTO (m)	
Parede X1	10	18	6,2	68,8572
Parede X2	10	16	6,2	61,2064
Parede X3	10	20	6,2	76,508
Parede X4	10	4	6,2	15,3016
Parede X5	10	16	6,2	61,2064
Parede X6	10	2	6,2	7,6508
Parede Y1	10	20	6,2	76,508
Parede Y2	10	4	6,2	15,3016
Parede Y3	10	2	6,2	7,6508
Parede Y4	10	2	6,2	7,6508
Parede Y5	10			
Parede Y6	10	6	6,2	22,9524
Parede Y7	10	18	6,2	68,8572
QUANTIDADE TOTAL DOS DOIS PAVIMENTOS (BARRAS COM 12m)			72	489,65

Fonte: próprio autor.

Na tabela 13, encontra o número de barras horizontais de cada parede, o seu comprimento e peso total de 454,53 Kg.

Tabela 13 - Quantidade de armadura dos blocos de encaixe.

QUANTIDADE DE ARMADURA NOS BLOCOS DE CONCRETO DE ENCAIXE - DOS DOIS PAVIMENTOS																						
PAREDES	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE										PESO (Kg)										
		HORIZONTAL (Nº BARRAS)					COMPRIMENTO (m)					CINTA SUPERIOR	CINTA INFERIOR	VERGAS E CONTRAVERGAS								
		CINTA SUPERIOR	CINTA INFERIOR	VERGAS E CONTRAVERGA			CINTA SUPERIOR	CINTA INFERIOR	VERGAS E CONTRAVERGAS													
				P 1	P 2	J 1	J 2	J 3			P 1	P 2	J 1	J 2	J 3							
Parede X1	10	2	4	-	1	-	8	-	24,50	11,25	-	2,00	-	2,80	-	30,23	27,77	1,23	13,82			
Parede X2	10	4	4	4	-	-	-	-	6,85	5,25	2,75	-	-	-	-	16,91	12,96	6,79				
Parede X3	10	4	4	4	-	-	-	-	10,70	9,10	2,75	-	-	-	-	26,41	22,46	6,79				
Parede X4	10	4	4	4	-	-	-	-	4,00	2,20	1,40	-	-	-	-	9,87	5,43	3,46				
Parede X5	10	4	4	-	-	-	4	-	10,80	10,80	-	-	-	5,15	-	26,65	26,65			12,71		
Parede X6	10	4	4	-	-	-	-	-	2,50	2,50	-	-	-	-	-	6,17	6,17					
Parede Y1	10	4	4	-	-	-	-	8	8,63	8,63	-	-	-	3,43	21,30	21,30					16,93	
Parede Y2	10	4	4	4	-	-	-	-	3,23	2,43	1,60	-	-	-	-	7,97	6,00	3,95				
Parede Y3	10	4	4	-	-	-	-	-	4,00	4,00	-	-	-	-	-	9,87	9,87					
Parede Y4	10	4	4	-	-	-	-	-	3,24	3,24	-	-	-	-	-	8,00	8,00					
Parede Y5	10	4	4	-	-	-	-	-	1,68	1,68	-	-	-	-	-	4,15	4,15					
Parede Y6	10	4	4	4	-	-	-	-	3,98	3,18	1,40	-	-	-	-	9,82	7,85	3,46				
Parede Y7	10	4	4	4	-	4	-	-	8,62	7,82	1,60	-	2,00	-	-	21,27	19,30	3,95	4,94			
QUANTIDADE DOS DOIS PAVIMENTOS (BARRAS COM 12m)				33					25					11			198,62	177,89	78,01			454,53

Fonte: próprio autor.

Somando o peso da tabela 12 com o da 13, obtém o valor total de 944,18 Kg de aço para a construção da parte de alvenaria, desconsiderando os aços contidos nas lajes, baldrames e fundações, por serem as mesmas quantidades contidas nos dois modelos de blocos.

5.1.4 Consumo de argamassa nos blocos de encaixe.

Na tabela 14, é representado a quantidade de argamassa contida nos dois pavimentos, sendo descontados os vãos de portas e janelas de cada parede. Consumo pelo qual, é necessário apenas, para o assentamento de primeira fiada, cintas, vergas e contravergas.

Tabela 14 - Volume de argamassa dos blocos de encaixe.

VOLUME DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO DOS BLOCOS DE CONCRETO DE ENCAIXE			
PAREDES	SENTIDO DA PAREDE		TOTAL (m³)
	VERTICAL	HORIZONTAL	
Parede X1	0,052080	0,095440	0,147520
Parede X2	0,024080	0,037704	0,061784
Parede X3	0,035280	0,071040	0,106320
Parede X4	0,010640	0,019040	0,029680
Parede X5	0,040320	0,113648	0,153968
Parede X6	0,007840	0,002600	0,010440
Parede Y1	0,014897	0,077184	0,092081
Parede Y2	0,006650	0,021904	0,028554
Parede Y3	0,005852	0,025600	0,031452
Parede Y4	0,004788	0,020736	0,025524
Parede Y5	0,002660	0,010400	0,013060
Parede Y6	0,006780	0,030080	0,036860
Parede Y7	0,013300	0,062912	0,076212
VOLUME TOTAL DE UM PAVIMENTO (m³)			0,813
VOLUME TOTAL DOS DOIS PAVIMENTOS (m³)			1,627

Fonte: próprio autor.

5.1.5 Consumo da mão de obra dos blocos de encaixe.

Com os quantitativos de materiais realizados é possível levantar a mão de obra.

Como o sistema de encaixe é um processo novo no mercado, não se encontra os índices que são contidos na TCPO para a composição de preços unitários (CPU), portanto foi necessário que o Engenheiro passasse, quantos m² o pedreiro e o ajudante realiza em uma hora. Como segue abaixo.

Para o pedreiro, que é o responsável para a elevação dos pilares, ou seja, onde possuem os pontos de grauteamentos verticais até a última cinta estrutural, são erguidos em uma hora, 2m^2 de parede. Resultando assim em um índice de $1\text{h}/2\text{m}^2 = 0,5\text{Hh}/\text{m}^2$. A figura 52 ilustra os pontos de grauteamentos (pilares).

Figura 52 - Detalhe dos pilares e pontos de grauteamentos realizados pelo pedreiro.



Fonte: (dados obtidos do engenheiro da SICA- Luiz Cláudio Tagliaboa, 2015).

Para o ajudante, como os blocos para o preenchimento dos vãos são apenas de encaixe, o próprio pode executar, ou seja, não sendo necessário mão de obra especializada. Com isso, até a altura do pilar elevado, são erguidos em cinco minutos, 1m^2 de parede. Resultando assim, em um índice de $5\text{min.}/60\text{min}/1\text{m}^2 = 0,083\text{ Hh}/\text{m}^2$. A figura 53, mostra os vãos preenchidos.

Figura 53 - Detalhe do preenchimento dos vãos sendo realizados pelo ajudante.



Fonte: (dados obtidos do engenheiro da SICA- Luiz Cláudio Tagliaboa, 2015).

Com os índices estabelecidos e o valor médio dos blocos, é possível realizar o orçamento e a quantidade de dias para a realização da obra. A tabela 15, mostra a quantidade de operários e o tempo para realização da obra de um pavimento, adotando uma jornada de 8 horas por dia.

Tabela 15 - Quadro de duração-recursos dos blocos de encaixe.

Quadro de Duração-Recursos (QDR) dos blocos de encaixe de cada pavimento										
Atividade		Und	Qtde	Recurso	Índices	Jornada (hrs)	Dias	Duração adotada	Qtde de recursos	Dentro do prazo?
Blocos	blocos de encaixe dos vãos	m ³	287,8	Ajudante	0,083	8	3	2,99	1	OK!
	blocos de pilares (pontos grauteados)			Pedreiro	0,5	8	18	17,99	1	OK!
Argamassa		m ³	0,82	Ajudante	10	8	2	1,03	1	OK!
				Pedreiro	-	8	-	-	-	-
Aço		kg	472,09	Ajudante	0,1628	8	10	9,60	1	OK!
				Armador	0,093	8	6	5,49	1	OK!
Grauteamento		m ³	11,32	Ajudante	6	8	9	8,49	1	OK!
				Pedreiro	-	8	-	-	-	-

Fonte: próprio autor.

A quantidade de pessoas está relacionada diretamente com a quantidade de materiais, com o índice de cada recurso juntamente com uma jornada de 8 horas/dia. Usando Por exemplo, a linda da tabela acima, referente aos blocos e considerando apenas um 1 oficial e

um ajudante para cada atividade, a duração necessária da tabela anterior (tabela 15), fica da seguinte forma:

$$\text{Duração necessária} = \frac{\text{Quantidade de material} \times \text{índice}}{\text{Jornada de 8 horas} \times \text{Quantidade recurso}} = \frac{287,8 \times 0,083}{8 \times 1} = 2,99$$

Portanto a coluna da tabela 15, referente aos dias a serem adotados, deve ser superior a 2,99 dias, onde resulta em 3 dias.

Se caso a duração necessária for menor ou igual aos dias adotados, a coluna escrita "dentro do prazo?", estabelece que está ok, ou seja, que está dentro do prazo para a execução da atividade, se caso der menor, é necessário que estabeleça um valor superior.

Abaixo segue os dias a serem gastos de cada serviço para a construção do primeiro pavimento, onde são gastos, considerando apenas a construção da parte de alvenaria, 24 dias os oficiais e 24 dias o ajudante.

Tabela 16 - Quantitativo de pedreiros e ajudantes dos blocos de encaixe.

Quantitativo de Pedreiros com os blocos de encaixe de cada pavimento				
Atividade		Recurso	Dias	Qtde de recursos
Blocos	blocos de pilares (pontos grauteados)	Pedreiro	18	1
Argamassa		Pedreiro	-	-
Aço		Armador	6	1
Grauteamento		Pedreiro	-	-
Total de pedreiros			24 dias	

Quantitativo de ajudantes com os blocos de encaixe de cada pavimento				
Atividade		Recurso	Dias	Qtde de recursos
Blocos	blocos de encaixe dos vãos	Ajudante	3	1
Argamassa		Ajudante	2	1
Aço		Ajudante	10	1
Grauteamento		Ajudante	9	1
Total de ajudantes			24 dias	

Fonte: próprio autor.

Como a diferença de dias dos trabalhadores entre os dois modelos de blocos é diferente no aspecto da alvenaria apenas, não será levantado o tempo de execução da laje e nem outros aspectos como, telhados, revestimentos, entre outros. Portanto, para a edificação do segundo pavimento, serão gastos o dobro de dias do primeiro. Resultando assim em um total aproximado de 48 dias oficiais e ajudantes. 48 dias considerando que serão gastos apenas

1 oficial (pedreiro) e 1 ajudante para cada serviço. Se caso precisasse contratar mais pessoas, o tempo para a construção, conseqüentemente cairia.

5.1.6 Orçamento dos blocos de encaixe.

Com o levantamento de materiais e mão de obra efetuado, o orçamento da parte de alvenaria pode ser concluída. Portanto na tabela 17, é indicado o valor total a serem gastos dos blocos de encaixe, desconsiderando encargos de BDI.

O engenheiro responsável da empresa nos forneceu o preço médio dos blocos de encaixe por metro quadrado de parede, que no caso é R\$ 39,15/m². Os outros preços, como argamassa, graute e armadura foram encontradas na tabela SINAPI e feitos as CPUs de cada material, como está no anexo C.

Tabela 17 - Planilha de serviço dos blocos de encaixe.

PLANILHA DE SERVIÇOS					
OBRA:	Edifício residencial de 2 pavimentos com área de 204,54m ² cada.				
NOME:	MAICON JOSÉ RIBEIRO				
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID.	QUANTID.	PR. UNIT.	PR. TOTAL
4	ALVENARIA				80.019,22
4.1	Alvenaria estrutural com blocos de concreto, 14 x 19 x 39 cm, espessura da parede 14 cm, juntas de 10 mm com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:0,25:3	m ²	575,60	39,15	22.534,74
4.2	Argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:0,25:3	m ³	1,63	452,08	736,89
4.3	ARGAMASSA autoadensável para grauteamentos - V-1 GRAUTH	m ³	22,65	2.110,10	47.793,74
4.4	Armadura de aço CA-50 com Ø 10,0 mm, corte, dobra e montagem	kg	944,18	9,48	8.963,85

Fonte: próprio autor.

Como os dois modelos de blocos estruturais apresentam o mesmo processo de acabamento, não será orçado a parte final do edifício, portanto foi focado apenas o orçamento relacionado a alvenaria, constituídos de: blocos, argamassa, graute e armadura, juntamente com a mão de obra. Resultando no valor de R\$ 80.019,22.

5.2 Consumo de materiais dos blocos convencionais.

5.2.1 Consumo dos blocos convencionais

Na tabela 18, é apresentado o consumo de blocos a serem gastos para a realização do edifício residencial de dois pavimentos. Com uma área de 575,6m² de parede a serem construídas, como já citado (área relacionada aos dois pavimentos).

Tabela 18 - Quantidade de blocos convencionais.

QUANTITATIVO DE BLOCOS DE CONCRETO CONVENCIONAL - (DE UM PAVIMENTO)						
PAREDES	TIPOS DOS BLOCOS					
	39cm	19cm	54cm	34cm	Plaqueta de 4cm	Canaleta
Parede X1	550	30	28	42	26	125
Parede X2	372	44	28	12	14	50
Parede X3	538	42	54	-	28	72
Parede X4	136	22	-	14	14	24
Parede X5	468	48	40	28	14	114
Parede X6	92	-	-	-	14	7
Parede Y1	420	10	30	50	14	82
Parede Y2	80	26	12	82	-	26
Parede Y3	252	-	-	14	14	20
Parede Y4	170	14	14	14	-	16
Parede Y5	70	-	-	56	-	10
Parede Y6	156	22	28	28	-	28
Parede Y7	350	34	42	40	-	72
TOTAL DE UM PAVIMENTO	3654	292	276	380	138	646
TOTAL DOS DOIS PAVIMENTOS	7308	584	552	760	276	1292
TOTAL DOS DOIS PAVIMENTOS EM M² DE PAREDE CONSTRUÍDA						575,6
CONSUMO TOTAL DE TODOS OS BLOCOS (UNIDADES)						10772

Fonte: próprio autor.

Com a soma de todas as medidas diferentes dos blocos, serão gastos cerca de 10.772 blocos para a construção do edifício de dois pavimentos.

5.2.2 Consumo de graute nos blocos convencionais.

O grauteamento vertical foi realizado em todos os pontos de cantos e bordas, tipo L, T e X, assim como nos cantos de janelas e portas, segundo as informações na ABNT - NBR 15961-1:2011.

Foi realizado uma cinta de travamento na última fiada, afim de solidarizar as paredes.

Na tabela 19, é apresentado o consumo de graute a serem gastos com os blocos convencionais.

Tabela 19 - Volume de graute dos blocos convencionais.

VOLUME DE GRAUTE DOS BLOCOS DE CONCRETO CONVENCIONAL			
PAREDES	SENTIDO DA PAREDE		TOTAL (m³)
	VERTICAL	HORIZONTAL	
Parede X1	1,296	0,6932	1,9892
Parede X2	0,729	0,277	1,006
Parede X3	0,972	0,3892	1,3612
Parede X4	0,486	0,1308	0,6168
Parede X5	0,648	0,6272	1,2752
Parede X6	0,081	0,03906	0,12006
Parede Y1	0,5265	0,4491	0,9756
Parede Y2	0,283	0,1406	0,4236
Parede Y3	-	0,1127	0,1127
Parede Y4	-	0,08649	0,08649
Parede Y5	0,081	0,0513	0,1323
Parede Y6	0,243	0,1546	0,3976
Parede Y7	0,486	0,3934	0,8794
VOLUME TOTAL DE UM PAVIMENTO (m³)			9,376
VOLUME TOTAL DOS DOIS PAVIMENTOS (m³)			18,752

Fonte: próprio autor.

5.2.3 Consumo de armadura nos blocos convencionais.

Na tabela 20, encontra o número de barras verticais contidas nos pilares, que irá precisar para a construção do edifício, o seu comprimento, juntamente com o peso total de 420,79 Kg.

Tabela 20 - Quantidade de armadura dos blocos convencionais.

QUANTIDADE DE ARMADURA NOS BLOCOS DE CONCRETO CONVENCIONAL - DOS DOIS PAVIMENTOS				
PAREDES	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE		PESO (Kg)
		VERTICAL (Nº BARRAS)	COMPRIMENTO (m)	
Parede X1	10	16	6,2	61,2064
Parede X2	10	18	6,2	68,8572
Parede X3	10	24	6,2	91,8096
Parede X4	10	10	6,2	38,254
Parede X5	10	16	6,2	61,2064
Parede X6	10	2	6,2	7,6508
Parede Y1	10	8	6,2	30,6032
Parede Y2	10	4	6,2	15,3016
Parede Y3	10			
Parede Y4	10			
Parede Y5	10			
Parede Y6	10	4	6,2	15,3016
Parede Y7	10	8	6,2	30,6032
QUANTIDADE TOTAL DOS DOIS PAVIMENTOS (BARRAS COM 12m)			72	420,79

Fonte: próprio autor.

Na tabela 21, encontra o número de barras horizontais de cada parede, o seu comprimento, juntamente com o peso total de 312,65 Kg.

Tabela 21 - Quantidade de armadura dos blocos convencionais.

QUANTIDADE DE ARMADURA NOS BLOCOS DE CONCRETO CONVENCIONAL - DOS DOIS PAVIMENTOS																			
PAREDES	DIÂMETRO (mm)	QUANTIDADE										PESO (Kg)							
		HORIZONTAL (Nº BARRAS)					COMPRIMENTO (m)												
		CINTA SUPERIOR	VERGAS E CONTRAVERGAS					CINTA SUPERIOR	VERGAS E CONTRAVERGAS					CINTA SUPERIOR	VERGAS E CONTRAVERGAS				
			P 1	P 2	J 1	J 2	J 3		P 1	P 2	J 1	J 2	J 3		P 1	P 2	J 1	J 2	J 3
Parede X1	10	2	-	1	-	16	-	24,50	-	2,00	-	2,80	-	30,23		1,23		27,64	
Parede X2	10	4	4	-	-	-	-	6,85	2,75	-	-	-	-	16,91	6,79				
Parede X3	10	4	4	-	-	-	-	10,70	2,75	-	-	-	-	26,41	6,79				
Parede X4	10	4	4	-	-	-	-	4,00	1,40	-	-	-	-	9,87	3,46				
Parede X5	10	4	-	-	-	8	-	10,80	-	-	-	5,75	-	26,65				28,38	
Parede X6	10	4	-	-	-	-	-	2,50	-	-	-	-	-	6,17					
Parede Y1	10	4	-	-	-	-	8	8,63	-	-	-	-	3,7	21,30					18,26
Parede Y2	10	4	4	-	-	-	-	3,23	1,60	-	-	-	-	7,97	3,95				
Parede Y3	10	4	-	-	-	-	-	4,00	-	-	-	-	-	9,87					
Parede Y4	10	4	-	-	-	-	-	3,24	-	-	-	-	-	8,00					
Parede Y5	10	4	-	-	-	-	-	1,68	-	-	-	-	-	4,15					
Parede Y6	10	4	4	-	-	-	-	3,98	1,50	-	-	-	-	9,82	3,70				
Parede Y7	10	4	4	-	8	-	-	8,62	1,60	-	2,00	-	-	21,27	3,95		9,87		
QUANTIDADE DOS DOIS PAVIMENTOS (BARRAS COM 12m)								8	3					198,62	114,02				
312,65																			

Fonte: próprio autor.

Somando o peso da tabela 20 com o da 21, obtém o valor total de 733,44 Kg de aço para a construção da parte de alvenaria, desconsiderando os aços contidos nas lajes, baldrames e fundações, por serem as mesmas quantidades contidas nos dois modelos de blocos.

De acordo com as informações tiradas da Comunidade da construção, as barras são adotadas com o diâmetro médio de 10,0 mm, sendo as mais utilizadas.

5.2.4 Consumo de argamassa nos blocos convencionais.

Na tabela 22, é representado a quantidade de argamassa contida nos dois pavimentos, sendo descontados os vãos de portas e janelas de cada parede.

Em todas as fiadas e sentidos (verticais e horizontais), se faz necessário o assentamento da argamassa entre os blocos.

Tabela 22 - Volume de argamassa dos blocos convencionais.

VOLUME DE ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO DOS BLOCOS DE CONCRETO CONVENCIONAIS			
PAREDES	SENTIDO DA PAREDE		TOTAL (m³)
	VERTICAL	HORIZONTAL	
Parede X1	0,2125	0,4234	0,6359
Parede X2	0,1090	0,2328	0,3418
Parede X3	0,1973	0,4074	0,6047
Parede X4	0,0484	0,0962	0,1446
Parede X5	0,1900	0,3528	0,5428
Parede X6	0,0295	0,0588	0,0883
Parede Y1	0,1713	0,3396	0,5109
Parede Y2	0,0590	0,1218	0,1808
Parede Y3	0,0798	0,1696	0,2494
Parede Y4	0,0595	0,1302	0,1897
Parede Y5	0,0356	0,0777	0,1133
Parede Y6	0,0569	0,1428	0,1997
Parede Y7	0,1755	0,3267	0,5022
VOLUME TOTAL DE UM PAVIMENTO (m³)			4,304
VOLUME TOTAL DOS DOIS PAVIMENTOS (m³)			8,608

Fonte: próprio autor.

5.2.5 Consumo da mão de obra dos blocos convencionais.

Com os quantitativos de materiais realizados é possível levantar a mão de obra.

Para o levantamento da mão de obra, foi necessário utilizar os indicadores contidos na TCPO para a composição de preços unitários (CPU) de cada material a ser utilizado na alvenaria.

A tabela 23, mostra a quantidade de operários e o tempo para realização da obra de um pavimento, adotando uma jornada de 8 horas por dia.

Tabela 23 - Quadro de duração-recursos dos blocos convencionais.

Quadro de Duração-Recursos (QDR) dos blocos convencionais de cada pavimento										
Atividade	Und	Qtde	Recurso	Índices	Jornada (hrs)	Dias	Duração adotada	Qtde de recursos	Dentro do prazo?	
Blocos	m²	287,8	Ajudante	0,85	8	31	30,58	1	OK!	
			Pedreiro	0,57	8	21	20,51	1	OK!	
Argamassa	m³	4,3	Ajudante	10	8	6	5,38	1	OK!	
			Pedreiro	-	8	-	-	-	-	
Aço	kg	366,72	Ajudante	0,1628	8	8	7,46	1	OK!	
			Armador	0,093	8	5	4,26	1	OK!	
Grauteamento	m³	9,37	Ajudante	6	8	8	7,03	1	OK!	
			Pedreiro	-	8	-	-	-	-	

Fonte: próprio autor.

A tabela acima, segue os mesmos conceitos escritos referente ao processo com blocos de encaixe.

Abaixo segue os dias a serem gastos de cada serviço para a construção do primeiro pavimento, onde são gastos, considerando apenas a construção da parte de alvenaria, 26 dias os oficiais e 53 dias o ajudante, adotando que irá utilizar apenas 1 oficial e 1 ajudante para se estabelecer a comparação com o outro processo.

Tabela 24 - Quantitativo de pedreiros e ajudantes dos blocos de encaixe.

Quantitativo de Pedreiros com os blocos convencionais de cada pavimento			
Atividade	Recurso	Dias	Qtde de recursos
Blocos	Pedreiro	21	1
Argamassa	Pedreiro	-	-
Aço	Armador	5	1
Grauteamento	Pedreiro	-	-
Total de pedreiros		26 dias	

Quantitativo de ajudantes com os blocos convencionais de cada pavimento			
Atividade	Recurso	Dias	Qtde de recursos
Blocos	Ajudante	31	1
Argamassa	Ajudante	6	1
Aço	Ajudante	8	1
Grauteamento	Ajudante	8	1
Total de ajudantes		53 dias	

Fonte: próprio autor.

Como a diferença de dias dos trabalhadores entre os dois modelos de blocos é diferente no aspecto da alvenaria apenas, não será levantado o tempo de execução da laje e nem outros aspectos como, telhados, revestimentos, entre outros. Portanto, para a edificação do segundo pavimento, serão gastos o dobro de dias do primeiro. Resultando assim em um total aproximado de 52 dias oficiais e ajudantes. 106 dias, considerando que serão gastos apenas 1 oficial (pedreiro) e 1 ajudante para cada serviço. Se caso precisasse contratar mais pessoas, o tempo para a construção, consequentemente cairia.

5.2.6 Orçamento dos blocos convencionais.

Segundos dados da empresa megablocos e multiblocos, são gastos 12,5 blocos/m² de parede. Como nos blocos de encaixe foi estabelecido o valor do mesmo em m², foi necessário pesquisar o preço na tabela SINAPI, onde encontrou o valor de R\$ 1,79 cada, resultando

assim em: $R\$1,79 \times 12,5 \text{ blocos/m}^2 = R\$ 22,40/\text{m}^2$. Para melhor elaborar a comparação dos mesmos.

Os preços dos outros materiais foram encontrados também na SINAPI.

Com o levantamento de materiais e mão de obra efetuado, o orçamento da parte de alvenaria pode ser concluída. Portanto na tabela 25, é indicado o valor total a serem gastos dos blocos de encaixe, desconsiderando encargos de BDI.

Tabela 25 - Planilha de serviço dos blocos convencionais.

PLANILHA DE SERVIÇOS					
OBRA:	Edifício residencial de 2 pavimentos com área de 204,54m ² cada.				
NOME:	MAICON JOSÉ RIBEIRO				
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANTID	PR. UNIT.	PR. TOTAL
4	ALVENARIA				63.305,67
4.1	Alvenaria estrutural com blocos de concreto, 14 x 19 x 39 cm, espessura da parede 14 cm, juntas de 10 mm com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1.0.25.3	m ²	575,60	22,40	12.893,44
4.2	Argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1.0.25.3	m ³	8,61	452,08	3.892,42
4.4	ARGAMASSA autoadensável para grauteamentos - V-1 GRAUTH	m ³	18,75	2.110,10	39.564,36
4.5	Armadura de aço CA-50 com Ø 10,0 mm, corte, dobra e montagem	kg	733,45	9,48	6.955,45

Fonte: próprio autor.

Foi focado apenas o orçamento relacionado a alvenaria, constituídos de: blocos, argamassa, graute e armadura, juntamente com a mão de obra. Resultando no valor de R\$63.305,67.

6 DADOS COMPARATIVOS

Na tabela 26, é apresentado um resumo dos dois processos de blocos já relatados.

Tabela 26 - Resumo dos blocos.

DADOS COMPARATIVOS DOS BLOCOS ESTRUTURAIS			
ITEM	DESCRIÇÃO	BLOCO CONVENCIONAL	BLOCO DE ENCAIXE
1	BLOCOS (UNID.)	10772	11800
2	ARGAMASSA (m ³)	8,6	1,62
3	GRAUTE (m ³)	18,75	22,65
4	ARMADURA (Kg)	733,44	944,18
5	PRAZO DE EXECUÇÃO (DIAS)	OFICIAL	48
		AJUDANTE	48
6	ORÇAMENTO DA ALVENARIA	R\$ 63.305,67	R\$ 80.019,22

Fonte: próprio autor.

Com base no item 1 da tabela acima, os blocos de encaixe apresentaram uma elevada quantidade de unidades se comparando com o convencional. Isto, devido a enorme variação de dimensões, onde foram necessários 13 tamanhos diferentes para os de encaixe e 6 apenas para o convencional.

No item 2, o volume de argamassa no processo de construção com blocos de encaixe se torna menor, devido a presença da mesma apenas na primeira fiada, cintas, vergas e contravergas. Portanto há uma redução cerca de 81,15% de consumo de argamassa relacionando com o método convencional.

Em relação ao item 3, percebe-se um volume maior de graute com a utilização dos blocos de encaixe, pois possui a necessidade de um ponto de grauteamento de 1,5m a 2,0m e duas cintas estruturais, devido a ausência de argamassa. Sendo assim, são gastos, aproximadamente, 20% a mais que no método convencional.

Como o volume de graute é maior com a utilização dos blocos de encaixe, conseqüentemente o consumo de armadura se torna maior, pois é necessário em cada ponto de grauteamento, 1 barra de 10,0mm. E com isso, apresenta um aumento cerca de 29% em relação ao convencional.

No item 5, o prazo de execução (nº de dias) relacionado a mão de obra do método convencional, se torna maior em relação ao de encaixe, devido a utilização da argamassa em todas as fiadas e o índice de Hh/m² ser maior com os blocos a serem assentados. Sendo uma pequena variação de dias na questão do aço e graute entre os modelos.

No entanto, esta alta variação de dias se deu também, porque foram adotadas apenas um recurso, ou seja, um pedreiro e um ajudante em ambos os processos.

No item 6, percebe-se um aumento cerca de 26,40% na elaboração do edifício com blocos de encaixe em relação com o convencional. Este aumento significativo é devido ao alto consumo de blocos, graute e armaduras que apresentou. No caso dos blocos, foi pelo preço por metro quadrado de parede construída ser R\$ 39,15/m² para os de encaixe e R\$ 22,40/m² para os convencionais. Sendo a metragem a mesma em ambos de 575,6m². No caso do graute e armadura, pela quantidade elevada de materiais a serem gastos. No entanto, a argamassa apresentou um preço menor, devido ao seu consumo ser pouco.

7 CONCLUSÃO

Devido ao alto crescimento voltado a construção civil, o trabalho apresentado, objetiva-se uma comparação de dois métodos construtivos em estruturas de alvenaria estrutural.

Com base nos parâmetros levantados em ambos os modelos, percebe-se que o bloco de encaixe possui um elevado consumo de material se comparado ao convencional, em relação aos blocos, graute e armadura.

Uma variação de medidas e quantidades se observa com a utilização dos blocos de encaixe. A quantidade de graute e armadura também se torna superior, pois os pontos de grauteamentos são muito próximos. Com este aumento, são gastos a mais no processo com blocos de encaixe, cerca de 29,0% de armadura.

No entanto, o volume de argamassa com o processo de blocos de encaixe, como relatado em suas vantagens (redução cerca de 70%), se faz verdadeiro, pois há uma redução aproximada de 81,15% em relação ao convencional. Com este proveito, conseqüentemente o prazo de execução se torna menor, sendo um dos pontos determinantes. A quantidade de blocos a serem assentados em uma hora na edificação pelo pedreiro, onde são assentados 2 m² de parede, e para o ajudante, em 5 minutos é erguido 1 m² de parede, como foram relatados, são questões essenciais que resultaram em um índice de homem hora/m² de parede, menor que o outro processo.

Mas no caso ao orçamento, o método com os blocos de encaixe se tornaram, cerca de 26,40% mais elevado em relação aos preços dos convencionais.

O processo com blocos de encaixe resultou em um tempo menor que o convencional, por ter adotado apenas um recurso para cada serviço. No caso do convencional, poderia haver uma redução significativa no prazo de execução, se aumentasse o número de pessoas para a produção do edifício, mas com isto, aumentaria o custo do empreendimento.

Portanto, o processo de blocos de encaixe se torna viável, para este estudo de caso, apenas pela agilidade da produtividade e mesmo com a redução significativa de argamassa, há um aumento dos outros materiais, e com isso, o processo com a utilização dos blocos convencionais se torna viável nas questões relacionadas ao custo do empreendimento.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND-ABCP. **Alvenaria estrutural com blocos de concreto marca início da parceria com AEAT**. São Paulo: ABCP, 2013. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/alvenaria-estrutural-com-blocos-de-concreto-marca-inicio-da-parceria-com-aeat#.VTGBrfnF9iQ>>. Acesso em: 20 Abr. 2015.
- _____. **Execução da alvenaria - elevação**. São Paulo: ABCP, 2009.
- _____. **Execução da alvenaria - marcação**. São Paulo: ABCP, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**. Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural - especificação. Rio Janeiro: ABNT, 2014.
- _____. **NBR 13281**. Argamassa. Assentamento. Teto. Revestimento. Parede. Rio Janeiro: ABNT, 2005.
- _____. **NBR 15961-1**. Alvenaria estrutural - blocos de concreto. Parte 1: Projeto. Rio Janeiro: ABNT, 2011.
- _____. **NBR 15961-2**. Alvenaria estrutural - blocos de concreto. Parte 2: Execução e controle de obras. Rio Janeiro: ABNT, 2011.
- CAMACHO, J. S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2006. Disponível em: <http://pontocad.com/wp-content/uploads/2010/11/Projeto_de_edificios_de_alvenaria_estrutural.pdf>. Acesso em: 02 abr. 2015.
- CAMPOS, Iberê M. **O que é alvenaria estrutural**. [artigo científico]. 2007. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=40>>. Acesso em: 02 abril 2015.
- COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. Alvenaria Estrutural. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemasconstrutivos/1/materiais/qualidade/9/materiais.html>> Acesso em: 24 Setembro 2015.
- HIRT, E.; MARANGONI, K. P. **Estudos sobre a utilização de alvenaria estrutural em obras da região metropolitana de Curitiba**. Curitiba: Universidade Estadual do Paraná, 2013. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/b/b3/Tfc_2012_Kerolyn_e_Emilly.pdf>. Acesso em: 05 abril 2015.
- KOTHE, K. K. et al. Introdução à alvenaria estrutural. In: Mohamad, G. **Construções em alvenaria estrutural**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2015. Cap. 1, p. 17-37.
- MEGA BLOCOS. O nosso negócio é concreto. Disponível em: <http://www.megablocos.ind.br/img_00/catalogos/blocos_mega_blocos.pdf> Acesso em: 10 Mai. 2015.
- MOHAMAD, Gihad (Coord.). **Construções em alvenaria estrutural**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2015.
- MULTIBLOCO. Indústria e comércio de artefatos de concreto Ltda. Disponível em: <<http://www.multibloco.com.br/produtos/lista.asp?grupo=6>>. Acesso em: 10 Mai. 2015.

PARSEKIAN, G. A; FARIA, M. S. Execução e controle de obras. In Mohamad, G. **Construções em alvenaria estrutural**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2015. Cap. 10, p. 295-354.

PRATES, C. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Alvenaria: Como projetar a modulação**. São Paulo: ABCP, 2009.

ROMAN, H. R; RIZZATTI, E; MOHAMAD, G. Propriedades da alvenaria estrutural e de seus componentes. In Mohamad, G. **Construções em alvenaria estrutural**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda. 2015. Cap. 3, p. 89-131.

SABATTINI, F. Doutor em alvenaria estrutural. **Revista Prisma**. São Paulo, n. 6, p. 5-6, mar. 2003. Disponível em: <<http://www.youblisher.com/p/347014-Prisma-6/>>. Acesso em: 2 Abr. 2015.

SALVADOR FILHO, J. A. A. **Blocos de Concreto para Alvenaria em Construções Industrializadas**. São Carlos 2007. Tese apresentação para Título de Doutor em Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-29012009-104204/pt-br.php>>. Acesso em: 5 Abr. 2015.

SAMARA, U. N. et al. Projeto em alvenaria estrutural - definições e características. In Mohamad, G. **Construções em alvenaria estrutural**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda. 2015. Cap. 2, p. 39-88.

SILVA apud SAMARA, U. N. et al. Projeto em alvenaria estrutural - definições e características. In Mohamad, G. **Construções em alvenaria estrutural**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda. 2015. Cap. 2, p. 48.

SINAPI. **Preços de insumos**. São Paulo: CAIXA, 2015.

TAGLIABOA, L. C. SICA. Sistema Inteligente de Construção Avançada. **Construção de alvenaria modular com blocos de encaixe**. Disponível em: <<http://www.sicablocos.com.br/>>. Acesso em: 15 Abr. 2015.

TAGLIABOA, L. C. Sistema Inteligente de Construção Avançada (SICA). **Construção de alvenaria modular com blocos de encaixe**. 2011. Tese defendida da empresa. Disponível em: <<http://www.sicablocos.com.br/tesedefendida.pdf>>. Acesso em: 05 Mai. 2015.

TAUIL, C. A. Comentário técnico sobre a revisão da ABNT NBR 6136. **Revista Concreto e Construções**. São Paulo, n. 74, p. 60-62, Abr./Jun. 2014. Disponível em: <http://www.ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_74.pdf>. Acesso em: 11 Abr. 2015.

TAUIL, C. A. Construção fácil. **Revista Técnica**. São Paulo, n. 158, maio 2010. Não paginado. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/158/artigo287747-1.aspx>>. Acesso em: 12 Abr. 2015.

TAUIL, C. A; NESE, F. J. M. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini Ltda. 2010.

TCPO. Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos. 13. ed. São Paulo: PINI, 2014.

ANEXOS

ANEXO A Projetos dos blocos de concreto.

Segue abaixo os projetos anexados em folha A1. Foram demonstrado: Elevação das paredes apenas de 1 pavimento; indicação de 1ª e 2ª fiada; pontos de grauteamentos; aberturas de portas e janelas nas fiadas

ANEXO B Ensaios realizados com o bloco encaixado.

De acordo com o centro tecnológico de controle de qualidade L. A. Falcão Bauer e a Teccon (Tecnologia do concreto SC Ltda.), segue abaixo os ensaios realizados para o bloco de concreto encaixado pela empresa SICA (Sistema inteligente de construção avançada).

Ensaios Falcão Bauer:

- Compressão simples - Determinação da resistência à compressão.

CP n	Dimensões Médias (MM)			Espessura mínima das paredes (mm)		Espessura equivalente (mm/m)	Carga de Ruptura (N)	Resistência (MPa)
	Comprimento	Largura	Altura	Longitudinais	Transversais			
1	349,3	141,0	199	18,3	20,3	152,2	333,475	6,8
2	350	141,0	199,3	19,0	20,0	150	360,845	7,3
3	351,3	140,7	199	18,7	20,3	152,2	398,964	8,1
4	351,3	140,0	198,7	19,0	20,0	150	346,661	7,5
5	351	140,7	188	20,0	20,0	150	346,185	7,0
6	351,3	140,7	199,3	19,0	20,3	152,2	313,93	6,4
MÉDIA	350,0	140,7	197,2	10,0	20,2	151,1	353,677	7,2
Resistência característica à compressão (fbk)								6,1

Fonte: (SICA, 2015).

- Compressão simples em parede.

1 - Para realização dos ensaios de impacto de corpo mole foi aplicada uma carga de 500 kgf, no sentido vertical, na parede de alvenaria até o impacto de 480J, após este impacto foi aumentada a carga para 1000 kgf conforme solicitação do interessado. (29 dias de cura ao ar).

Carga (kgf)	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	Observações
5000	0,17	0,01	3,25	Nenhuma Ocorrência
.....	-0,07	0,01	1,02	
10000	0,4	0,13	6,2	Nenhuma Ocorrência
.....	-0,17	0,03	2,06	
15000	0,3	-0,01	8,85	Aparecimento de fissuras na vertical e Horizontal no lado interno, visíveis pelo lado interno (revestimento de gesso)
20000	0,36	-0,06	9,49	Aumento das fissuras do lado interno e aparecimento de fissuras na vertical no lado externo.
25000	0,33	-0,18	10,43	Aumento das fissuras a 45 do lado externo, desprendimento do gesso e aparecimento de fissuras na horizontal no lado externo.
28796	-0,11	0,55	-15,58	Deformação da viga de carregamento impossibilitando aumento da aplicação de carga.

Fonte: (SICA, 2015).

2 - Compressão em argamassa (33 dias de cura ao ar)

CP n.	Altura (mm)	Diâmetro (mm)	Carga Lida (kgf)	Carga Corrigida (kgf)	Tensão (MPa)	Tensão Média (MPa)
1	100	50	1450	1445	7,22	6,8
2	100	50	1350	1345	6,72	
3	100	50	1375	1370	6,84	
4	100	50	1250	1244	6,21	

Fonte: (SICA, 2015).

- Ensaio de Parede

- Resistência a impacto de corpo mole (29 dias de cura ao ar)

1 com Função estrutural	Energia de Impacto (J)	Altura (m)	Critérios Boletim I.P.T	Critérios Projetos de Norma para Casas Térreas - Nivel M	Ocorrências
Lado interno	120	0,3	Sem nenhum dano;	Não ocorrências de falhas; limitações dos deslocamentos horizontais; $dh(1) < h/250 = 10,12$ mm $dhf(2) < h/1250 = 2,02$ mm	dh; 1,10 mm e dhr; 0,10 mm Nenhuma Ocorrência
	180	0,45	Sem nenhum dano; Limitação do deslocamento horizontal; $dh(1) < h/250 = 10,12$	não houve ocorrências de falhas	dh; 1,85 mm e dhr; 0,10 mm Nenhuma Ocorrência
	180	0,45	Sem nenhum dano;	.....	dh; 2,45 mm e dhr; 0,15 mm Nenhuma Ocorrência
	180	0,45	Sem nenhum dano; Limitação do deslocamento horizontal; $dh(2) < h/1000 = 2,53$ mm	.....	Nenhuma Ocorrência
	240	0,6		Não Houve ocorrência de ruína	Nenhuma Ocorrência
	360	120	Impacto de Segurança Admitidas fissuras, escamações e outros danos.	Não Houve ocorrência de ruína	Nenhuma Ocorrência
	480	120	Impacto de Segurança Admitidas fissuras, escamações e outros danos.	.....	Nenhuma Ocorrência

Fonte: (SICA, 2015).

Parede Externa com Função estrutural	Energia De Impacto (J)	Altura (m)	Crítérios Boletim I.P.T	Crítérios Projetos de Norma para Casas Têrreas - Nivel M	Ocorrências
Lado Externo	120	0,30	Sem nenhum dano;	Não ocorrências de falhas;	dh; 2,40 mm e dhr; 0,10 mm Nenhuma Ocorrência
	180	0,45	.....	Não ocorrências de falhas;	dh; 2,55 mm e dhr; 0,20 mm Nenhuma Ocorrência
	240	0,60	Sem nenhum dano; Limitação do deslocamento horizontal; $dh(1) < h/250 = 10,12$ mm	Não ocorrências de falhas; limitação dos deslocamentos horizontais $dh(1) < h/250 = 10,12$ mm $dhr(2) < h/1250 = 2,02$ mm	Dh; 3,70 mm e dhr; 0,20 mm Nenhuma Ocorrência
	240	0,60	Sem nenhum dano;	.....	Dh; 3,90 mm e dhr; 0,20 mm Nenhuma Ocorrência
	240	0,60	Sem nenhum dano; Limitação do deslocamento horizontal; $dhr(2) < h/1000 = 2,53$ mm	.....	Dh; 4,50 mm e dhr; 0,25 mm Nenhuma Ocorrência
	360	0,90	Impacto de Segurança Admitidas fissuras, escamações e outros danos.	Não ocorrências de falhas;	Pequena fissura na base da parede, na região de encontro do sistema ensaiado com a base de ensaio, não afetando sistema construtivo.
	480	120	Impacto de Segurança Admitidas fissuras, escamações e outros danos.	Não ocorrências de falhas;	Fissura total na base da parede, na região de encontro do sistema ensaiado com a base de ensaio, não afetando sistema construtivo.
	720	120	Impacto de Segurança Admitidas fissuras, escamações e outros danos.	Não ocorrências de falhas;	Nenhuma alteração em relação a anterior
	960	120	.....	Não ocorrências de falhas;	Nenhuma alteração em relação a anterior

Fonte: (SICA, 2015).

-Ensaio de Prisma Cheio.

-Realizado pela empresa TECNOLOGIA DO CONCRETO SC LTDA.

CERTIFICADO N. 75.097

OBRA	Rua Manoel de Souza Azevedo, 271
ENDREÇO	Rua Manoel de Souza Azevedo, 271
INTERESSADO	SICA BLOCO

PRISMA DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL
VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - (NBR 8215)

C. P. (n.)	SEÇÃO DE TRABALHO MÉDIA ÁREA (cm ²)	TENSÃO DE RUPTURA (MPa)
1	490	6,5
TENSÃO DE RUPTURA (F''m)		6,5

FABRICAÇÃO; NÃO FORNECIDO
ASSENTAMENTO;
GRAUTEAMENTO; NÃO FORNECIDO
DATA DE RUPTURA; 04/06/2001
IDADE DIAS
FORNECEDOR NÃO FORNECIDO
OBSERVAÇÃO PRISMA CHEIO
LOCAL DE APLICAÇÃO NÃO FORNECIDO
CLASSE DE RESISTÊNCIA DO BLOCO; NÃO FORNECIDO
NOTA FISCAL; NÃO FORNECIDO

Fonte: (SICA, 2015).

-Ensaio de Prisma Oco.

-Realizado pela empresa TECNOLOGIA DO CONCRETO SC LTDA.

CERTIFICADO N. 75.096

OBRA	Rua Manoel de Souza Azevedo, 271
ENDREÇO	Rua Manoel de Souza Azevedo, 271
INTERESSADO	SICA BLOCO

PRISMA DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO PARA ALVENARIA ESTRUTURAL
VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO - (NBR 8215)

C. P. (n.)	SEÇÃO DE TRABALHO MÉDIA ÁREA (cm ²)	TENSÃO DE RUPTURA (MPa)
1	226,6	8,4
TENSÃO DE RUPTURA (F''m)		8,4

FABRICAÇÃO; NÃO FORNECIDO
ASSENTAMENTO;
GRAUTEAMENTO; NÃO FORNECIDO
DATA DE RUPTURA; 04/06/2001
IDADE DIAS
FORNECEDOR NÃO FORNECIDO
OBSERVAÇÃO PRISMA VAZIO
LOCAL DE APLICAÇÃO NÃO FORNECIDO
CLASSE DE RESISTÊNCIA DO BLOCO; NÃO FORNECIDO
NOTA FISCAL; NÃO FORNECIDO

Fonte: (SICA, 2015).

ANEXO C: Composição de preços unitários do processo de bloco de encaixe

Foram adotados, para os pedreiros, o valor do custo de homem hora (sem BDI) pelo número de horas trabalhadas de 18,58 e para os ajudantes, o valor de 11,68.

Como os dois modelos de blocos vão usar os mesmos materiais, a parte de composição de preço unitário não se diferencia.

Composição de preço unitário da argamassa.

ITEM 4.2	DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANTID	PR. UNIT.	PR. TOTAL
1	MÃO DE OBRA				116,83
1.1	Servente	h	10	11,68	116,83
2	Materiais				335,25
2.1	Cal hidratada CH III	KG	61	0,50	30,50
2.2	Cimento Portland CP II-E-32 (resistência: 32,00 MPa)	KG	486	0,43	208,98
2.3	Areia lavada tipo média	M³	1,22	78,50	95,77
CUSTO TOTAL					452,06

Fonte: Próprio autor.

Composição de preço unitário do graute.

ITEM 4.3	DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANTID	PR. UNIT.	PR. TOTAL
1	MÃO DE OBRA				70,10
1.1	Ajudante	h	6	11,68	70,10
2	Materiais				2.040,00
2.1	Argamassa autoadensável para grauteamento - V-1 GRAUTH	Kg	2000	1,02	2.040,00
CUSTO TOTAL					2.110,10

Fonte: Próprio autor.

Composição de preço unitário da armadura.

ITEM 4.4	DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANTID	PR. UNIT.	PR. TOTAL
1	MÃO DE OBRA				3,83
1.1	Ajudante de armador	h	0,16275	11,68	1,90
1.2	Armador	h	0,099	18,58	1,73
2	Materiais				5,64
2.1	Barra de aço CA-50 3/8" (bitola: 10,00 mm / massa linear: 0,617 kg/m)	KG	1,1	3,68	4,05
2.2	Espaçador de plástico circular para pilares, fundo e laterais de vigas, lajes, pisos e estacas (cobrimento: 30 mm)	UN	7,3	0,20	1,46
2.3	Arame recozido (diâmetro do fio: 1,25 mm / bitola: 18 BWG)	KG	0,02	6,65	0,13
3	Equipamentos/ ferramentas				0,21
3.1	Máquina de dobrar ferro, elétrica, potência 5 hp (3,7 KW), capacidade de dobra para aço ca-25 até 32 mm e ca-50 até 25 mm - vida útil 20.000 h	H PROD	0,06975	3,05	0,21
CUSTO TOTAL					9,48

Fonte: Próprio autor.