

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS
RENE FERREIRA GONÇALVES

N. CLASS.	M690
GUTTER	C 635A
ANO/EDIÇÃO	2014

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: SOLO CIMENTO
ANALISE DE CUSTO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS UTILIZADO NO BRASIL.

Varginha- MG

2014

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS
RENE FERREIRA GONÇALVES

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: SOLO CIMENTO
ANALISE DE CUSTO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS UTILIZADO NO BRASIL.

**Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Centro
Universitário do Sul de Minas - UNIS como parte dos
requisitos necessários para a obtenção do Grau de
Bacharel em Engenharia Civil. Sob a orientação da
Professor M.sc. Antonio de Faria.**

Orientador (a):

Prof. M .Sc. Antonio de Faria

Varginha – MG

2014

RENE FERREIRA GONÇALVES

**ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: SOLO CIMENTO
ANALISE DE CUSTO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS UTILIZADO NO BRASIL.**

**Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Centro
Universitário do Sul de Minas - UNIS como parte dos
requisitos necessários para a obtenção do Grau de
Bacharel em Engenharia Civil.**

Prof. M.Sc. Antonio de Faria
Presidente da Banca - Orientador

Prof. Esp. Mauricio Pinto
Membro

Prof. Esp. Leopoldo Freire
Membro

Varginha – MG, 11 de Junho 2014.

Dedico este trabalho a minha esposa e ao meu filho pelo incentivo e amor e a todos que contribuíram direta ou indiretamente em minha formação acadêmica.

RESUMO

O incentivo do governo para programas de habitação popular culminou no crescimento da demanda na construção civil. Este cenário traz a necessidade de estudar novos sistemas construtivos, que tenham uma boa relação custo-benefício, mas que principalmente os que poluam ou degradem o meio ambiente o mínimo possível. Este trabalho apresenta o processo construtivo com blocos de solo-cimento, blocos cerâmicos e blocos de concreto estrutural. Foi realizada uma comparação considerando o custo e o tempo de execução das etapas de estrutura, vedação e revestimentos internos e externos de uma residência popular de dois dormitórios e área útil de trinta e três metros quadrados. Foram realizados estudos de campo dos processos e também análise das planilhas orçamentárias e de produção destes sistemas. A vantagem da obra com blocos de solo-cimento em relação às outras estudadas ocorre no que se refere ao tempo de conclusão da obra, ao custo, desperdício de material, à poluição ambiental entre outros, principalmente quando isto se aplica a construção de várias unidades, como nos programas habitacionais do governo federal.

PALAVRAS CHAVE: Sistemas construtivos ; produtividade ; custo benefício ;

ABSTRACT

The government incentive for low-income housing programs culminated in increasing demand in the construction industry. This scenario brings the need to study new construction systems, which are cost-effective, but especially those who pollute or degrade the environment as little as possible between. This work presents a constructive process with soil-cement blocks, ceramic blocks and blocks of structural concrete. A comparison was made considering the cost and time of performing the steps of structure and sealing internal and external cladding of a popular residence with two bedrooms and floor area of thirty-three square meters. Field studies of processes and also analysis of budget spreadsheets and production of these systems were performed. The advantage of the work with soil cement blocks for other studied occurs with respect to the time of completion, cost, wasted material, and other environmental pollution, especially when this construction is applied in various units as the housing programs of the federal government.

Keywords: building systems ; productivity ; cost benefit;

Sumário

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Justificativa	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 Objetivo Geral	11
2.2 Objetivo Específico.....	11
3 EMBASAMENTO TEÓRICO	12
3.1 Desenvolvimento sustentável na Construção Civil.....	12
4 METODOLOGIA	14
5 TIJOLOS DE SOLO - CIMENTO	15
5.1 Processo de fabricação	15
5.2 Materiais componentes do solo-cimento	16
5.3 Moldagem dos Tijolos de Solo-Cimento.....	19
5.4 Cura e Armazenamento dos tijolos.....	21
5.5 Processo construtivo em alvenaria de solo-cimento	23
5.5.1 O Projeto	23
5.5.2 A fundação	23
5.5.3 Execução da Primeira Fiada	23
5.6 Levantamento das Alvenarias e Execução das Instalações	24
5.7 Detalhes Construtivos	25
6 BLOCOS CERÂMICOS	28
6.1 Processo produtivo	30
6.2 Execução da primeira fiada.....	30
6.3 Assentamento	31
6.4 Levantamento das Alvenarias e Execução das Instalações	31
6.5 Detalhes construtivos	32
7 BLOCOS DE CONCRETO	33
7.1 Classificação.....	34
7.2 Dimensões e Modulação dos Blocos	34
7.3 Processos de execução	36
7.4 Modulação.....	37
7.5 Argamassa assentamento.....	37
7.6 Graute.....	38
8 RESISTÊNCIA MECÂNICA	39
8.1 Bloco estrutural	39
8.2 Tijolo Cerâmico	39
8.3 Tijolo solo - cimento	40
9 CÁLCULO DE CUSTO E PRODUTIVIDADE DOS COMPONENTES CONSTRUTIVOS	40

9.1 Tabela de custo referente à horas trabalhadas.....	43
9.1.2 Tabelas de custo.....	43
9.2 Alvenaria com Blocos Cerâmicos.....	44
10 ANÁLISE DO TEMA	51
10.1 Resultados	51
11 CONCLUSÃO	52
12 REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

Após a crise econômica de 2008 que abalou os Estados Unidos e, posteriormente se espalhou pelo resto do mundo, o Brasil teve dificuldades no que se refere à contratação de crédito, além da queda nas exportações e na demanda interna.

As expectativas não eram boas: desaceleração da economia e o conseqüente aumento do desemprego. Como medida para frear a crise no País, o Governo Federal investiu na Construção Civil, colocando, outra vez, o Brasil no caminho do crescimento. (ECONOMIAUOL, 2008) .

Desde o início, esta impulsão da construção civil trouxe à tona dúvidas e desafios para os profissionais do setor. Diante de uma demanda jamais experimentada no Brasil, como atender à toda essa expectativa em prazos curtos sem alterar a qualidade das construções?

Este cenário fez com que os brasileiros se atentassem para outra barreira da construção civil no País: a futura escassez de matéria prima, a imensa quantidade de resíduos e entulhos e a geração de poluentes , além disso o tempo de execução das obras e a escassez de mão de obra . Portanto, há-se a necessidade de buscar métodos e materiais que possuam desenvolvimento sustentável. Para que um empreendimento humano seja considerado sustentável, deve-se considerar se o mesmo trata-se de algo ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo , e culturalmente aceito.

Com base nos requisitos acima mencionados, e na premissa de suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas, é que ocorre a escolha do enfoque principal do presente estudo, ou seja, referente ao uso do bloco solo-cimento, o qual, diferentemente dos blocos tradicionais, entre outros aspectos que serão posteriormente citados, dispensa a queima na sua produção , a degradação das áreas para retirada de insumos e um método de fácil aprendizado.

A alvenaria em solo-cimento caracteriza-se por apresentar um sistema econômico e facilitado de construção. Tem-se conhecimento que ao longo dos anos caiu em desuso, e após estudos relacionados à construção civil, retornou como uma nova tecnologia, capaz de aperfeiçoar os processos construtivos e se adequar às construções sustentáveis, tão em voga atualmente.

1.1 Justificativa

Segundo o site Blog do Planalto, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) da Habitação, lançado em março de 2009 pelo Governo Federal previa por meio do Programa Minha Casa, Minha Vida, a construção, em dois anos, no Brasil, cerca de um milhão de casas.

Em maio de 2011 o governo federal anunciou novas regras para o programa Minha Casa, Minha Vida 2, que contara com investimentos, até 2014, de R\$ 71,7 bilhões – R\$ 62,2 bilhões do Orçamento Geral da União e R\$ 9,5 bilhões do FGTS. A meta é construir, num período de quatro anos, dois milhões de unidades habitacionais.

Em entrevista concedida em Brasília, conforme o mesmo site, a secretária nacional de Habitação do Ministério das Cidades, Inês Magalhães, informou que 60% das unidades habitacionais serão destinadas a famílias com renda mensal de até R\$ 1.395,00, com o subsídio do governo podendo chegar a 95% do valor do imóvel.



Figura 1: Unidades habitacionais do Programa Minha Casa, Minha Vida no Residencial Casas do Parque, em Campinas (SP). Foto: Ricardo Stuckert/Arquivo/PR. Fonte: Blog do Planalto .

A construção civil sugere estreita ligação com as preocupações relacionadas ao desenvolvimento sustentável, já que muitas das matérias primas utilizadas são escassas e alguns de seus processos geram poluição e as leis ambientais cada vez mais rígidas. Por tais motivos existe um crescente interesse por novas técnicas de construção, fato esse que ocorre também em consequência da escassez de matéria prima, busca por menores custos e principalmente pela elevada cobrança da população mundial por fontes renováveis, responsabilidade social e ambiental.

A adoção de medidas e produtos que não causem grandes impactos ambientais pode contribuir consideravelmente com a era da sustentabilidade, em busca de um aprimoramento contínuo do desempenho dos materiais e processos.

O tijolo solo-cimento, também denominado “tijolo ecológico”, se encaixa nos padrões ambientais, devido ao seu processo de fabricação, o qual não utiliza emissões de gases poluentes à atmosfera, visto que hoje, a preocupação com os fatores ambientais é algo de mais extrema importância. Além disso, a matéria prima utilizada na sua fabricação, solo, água e cimento são itens facilmente encontrados na natureza e que pode ser retirada do próprio local da obra, reduzindo com isso o transporte, outra fonte geradora de poluição.

Sendo assim, o presente estudo busca uma alternativa para a habitação popular em escala que apresente vantagens em termos de prazos, custos e qualidade, além de proteger o meio ambiente. A alvenaria de tijolos de solo-cimento, em função da velocidade de execução e otimização de mão – de - obra pode vir a ser um dos sistemas mais viáveis para este segmento da construção civil.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar comparativamente três sistemas construtivos utilizados no Brasil: construção com blocos de concreto estrutural, alvenaria convencional com blocos cerâmicos e alvenaria com blocos de solo-cimento através de um estudo custo para construção de residências em escala.

2.2 Objetivo Específico

- Verificar o quantitativo para uma residência de 36 m² e o custo construtivo da alvenaria dos sistemas construtivos mais utilizado no País (bloco cerâmico, bloco de concreto estrutural e bloco de solo-cimento);
- Listar dados comparativos nos aspectos econômico e produtivo dos três sistemas de construção;
- Verificar se as construções com tijolo de solo-cimento fica em media 30% mais barata que outros sistemas construtivos ;

3 EMBASAMENTO TEÓRICO

3.1 Desenvolvimento sustentável na Construção Civil

A produção de bens de consumo atualmente acontece em ciclos abertos, onde a matéria-prima é extraída da natureza sem reposição processada, gerando resíduos – que são lançados na terra, ar ou água ; e a produção por sua vez, após o consumo, gera mais resíduos que são novamente descartados. Este ciclo aberto de materiais e energia acarreta um esgotamento contínuo dos recursos naturais do planeta, tornando, a médio e longo prazo, a vida na terra insustentável (LYLE, 1993).

Este ciclo aberto pode ser substituído por um ciclo semi-fechado, onde a reutilização e a reciclagem dos produtos e subprodutos gerados em toda a vida útil dos bens, podem ser encaminhados para diferentes etapas do próprio produto ou de outros, desta forma, a utilização de recursos naturais será otimizada, diminuindo o consumo de energia, o volume de poluentes lançados na natureza e contribuindo com a geração de empregos e ganhos econômicos (LYLE, 1993).

O setor da construção civil é um dos setores da economia que mais gera impactos ambientais, sendo grande consumidor de recursos minerais e energéticos (JOHN, 2000). Nenhuma atividade humana pode ser desenvolvida sem um ambiente construído, seja direta ou indiretamente. Por exemplo: ao analisar a atividade rural, é observado que a mesma se desenvolve em um ambiente aberto, no entanto, ela necessita de maquinaria e ferramentas, que por sua vez, são fabricadas em edifícios; e de locais apropriados para armazenagem e estocagem dos alimentos, necessitando de forma indireta dos produtos oferecidos pela construção civil.

Segundo John (2000), o setor da construção civil é um dos maiores da economia, o qual produz os maiores bens de consumo, analisando dimensões e proporções, sendo, portanto, o maior consumidor de recursos naturais de qualquer sociedade. Para o autor, o consumo de recursos naturais não diz respeito apenas à matéria-prima utilizada, mas também aos resíduos gerados em toda a vida útil da edificação (como na manutenção e operação), à durabilidade das edificações (vida útil), à necessidade de manutenção, aos desperdícios gerados por um mau projeto ou ao uso de uma tecnologia inadequada. Como exemplo de consumo, o setor da construção civil consome matérias-primas como: areia, pedra britada e cascalho. A extração destes insumos pode acarretar esgotamento, degradação do solo e ser prejudicial à fauna e flora locais. A busca por produtos que causem o menor impacto possível sobre a natureza é um meio

de reduzir os danos causados. Porém, identificar produtos com viabilidade econômica e ambiental não é uma tarefa considerada fácil (LIPPIAT, 1998).

Segundo Lyle (1993), na antiguidade o ser humano contava com apenas um ou dois materiais para construir. O homem contemporâneo é o único no decorrer da história, que conta com uma vasta gama de materiais para construção. Isto torna difícil a escolha dos mesmos. Os profissionais selecionam os materiais que utilizarão baseados na satisfação de propósitos construtivos e estéticos, perseguindo critérios de desempenho tais como: conforto térmico, acústico, luminotécnico, textura e cores dos materiais (CIB, 1982). A escolha, por exemplo, entre uma esquadria de alumínio e madeira, considera custos, valor estético, durabilidade, grau de proteção contra chuva e ventos, proteção contra intrusos, entre outros. Porém, ao se levar em conta o desempenho ambiental dos dois componentes, terá que se observar a possibilidade de reciclagem do produto, o caráter renovável da matéria-prima, o conteúdo energético do material, entre outros fatores (COCH et al., 1998).

O entendimento dos sistemas ecológicos introduz um novo conjunto de critérios para a escolha de materiais, baseados nos processos naturais e nos impactos da produção e do uso destes, tornando ainda mais complexa a seleção dos mesmos. Associado a este fato está a necessidade de existirem parâmetros que permitam ao projetista a avaliação destes materiais com base em requisitos ambientais. No Brasil, existem poucas pesquisas que avaliam e caracterizam os materiais segundo critérios ambientais, as quais são fundamentais para os profissionais projetistas da área da construção civil (BARBOSA et al., 2000).

4 METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizados dois procedimentos metodológicos, o primeiro um estudo teórico, que mostra uma coletânea de informações a respeito dos sistemas construtivos com blocos de concreto estrutural, com alvenaria de blocos cerâmicos e alvenaria com solo-cimento, que foi obtido a partir de uma pesquisa bibliográfica e uma coleta de dados em campo, visitas a obras e a uma fábrica, que produz blocos de solo-cimento, situada na cidade de Cambuquira, e de tijolos cerâmicos em Santana da Vargem, ambas em Minas Gerais. O segundo é um estudo empírico, do tipo estudo de caso, através da escolha de uma residência modelo que foi executada pela prefeitura municipal de Cambuquira Minas Gerais, pelo projeto Morar Bem com 36 m² de área que foi construída em parceria com Associação dos moradores do bairro da Lavra , e Fabio Cipó materiais para construção LTDA . Foram construídas planilhas orçamentárias e cronogramas produtivos da mesma residência para todos os sistemas construtivos em estudo.

Esta análise comparativa foi feita considerando o custo e o tempo de execução das etapas de estrutura e vedação, revestimento interno e externo de uma residência popular de dois dormitórios e trinta e três metros quadrados.

Como parâmetro de comparação este trabalho utiliza apenas as etapas de fechamento, revestimento e estrutura, que juntas são responsáveis por mais de 44% do custo da construção do imóvel, pois as demais como fundação, revestimento cerâmico, pintura, telhado são semelhantes para todos os sistemas construtivos.

5 TIJOLOS DE SOLO - CIMENTO

Entende-se como tijolos de solo-cimento o produto endurecido, resultado da cura de uma mistura homogênea compactada de solo, cimento e água, em proporções estabelecidas através de dosagens controladas, conforme ABNT a NBR 12024:2012. Segundo Enteiche apud Mercado (1990), trata-se de um processo físico-químico de estabilização, no qual ocorre a reorientação das partículas sólidas do solo com a deposição de substâncias cimentantes nos contatos intergranulares, alterando, assim, a qualidade relativa de cada uma das três fases: sólidos, água e ar; que constituem o solo. O produto que resulta é um material com boa resistência à compressão, bom índice de impermeabilidade, baixo índice de retração volumétrica e boa durabilidade.

Esse material foi utilizado pela primeira vez em 1915 nos EUA (ABIKO, 1983) pelo engenheiro Bert Reno, que pavimentou uma rua com uma mistura de conchas marinhas, areia de praia e cimento Portland, porém, só em 1935, a Portland Cement Association (PCA) iniciou pesquisas e estudos sobre essa tecnologia. Desde então, o solo-cimento tem sido empregado principalmente na pavimentação. No entanto, são conhecidas utilizações em camadas de fundações e base para pavimentos rígidos e flexíveis de estradas e aeroportos; valetas de drenagem; revestimentos de canais, diques, reservatórios e barragens de terra; estabilização e proteção superficial de taludes; fundações de edifícios; muros de arrimo e, finalmente, em alvenarias de blocos prensados ou painéis de paredes monolíticas para construção de moradias.

No início dos anos sessenta, o solo-cimento passou a ser estudado e aplicado com maior abrangência no mundo todo. No Brasil, segundo Mercado (1990), a partir da década de 1970 o solo-cimento tornou-se objeto de intensas pesquisas principalmente da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), do Centro de Pesquisas e Desenvolvimento do Estado da Bahia (CEPED) e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

5.1 Processo de fabricação

O processo de fabricação dos tijolos de solo-cimento envolve as seguintes etapas:

- **Preparação do solo:** peneiramento do solo e quebra de torrões;
- **Preparo da mistura:** espalha-se o cimento ao solo preparado misturando bem até a obtenção de uma coloração uniforme. Após a homogeneização, adiciona-se água, aos poucos, misturando novamente a mistura até obtenção da umidade desejada;
- **Moldagem dos tijolos;**
- **Cura e armazenamento.**

A figura 02 mostra o esquema do processo de fabricação dos tijolos de solo cimento.

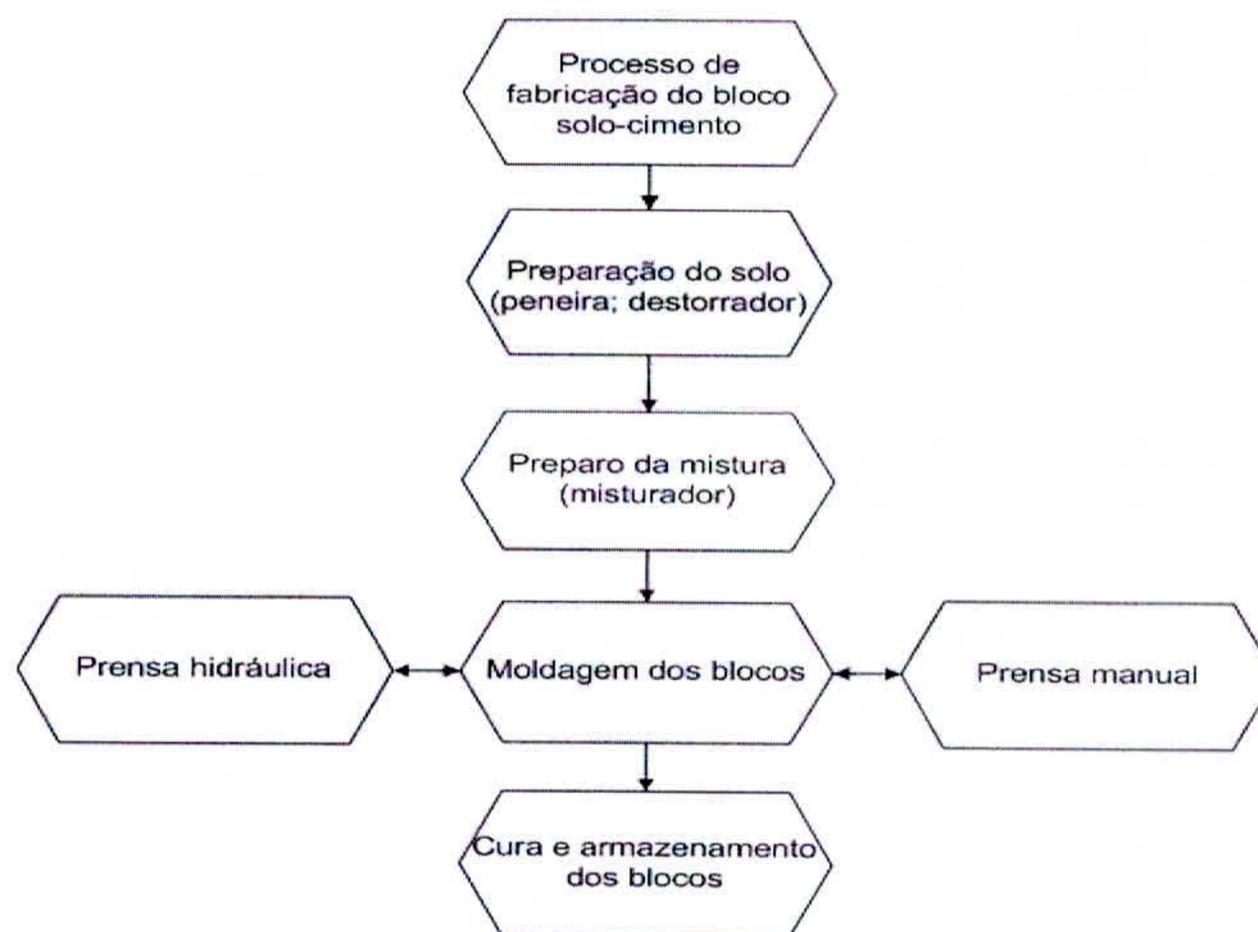


Figura 02: Fluxograma do Processo.
Fonte: PENTEADO; MARINHO, 2011.

5.2 Materiais componentes do solo-cimento

O solo-cimento é o produto obtido pela mistura de solo, cimento e água, após a compactação, moldagem e cura. Através das reações de hidratação do cimento a mistura adquire resistência mecânica tornando-se um produto com várias aplicações na construção civil.

Solo

O solo é o material em maior proporção na mistura de solo-cimento. Para garantir maior economia no consumo de cimento, ele deve ser bem selecionado. Não são todos os tipos de solos que podem ser utilizados nas construções com solo cimento. Por este motivo, é importante fazer a escolha correta quanto à granulométrica do tipo de solo a ser usado. Segundo ABNT a NBR10832:1989, os solos mais adequados são os que possuem as seguintes características:

- 100 % dos grãos passando na peneira ABNT 4,8 mm (n.4);
- 20 % a 50 % dos grãos passando na peneira ABNT 0,075 mm (n.200);
- Limite de liquidez - 45 %;
- Índice de plasticidade -18 %.

Dessa forma, levando em consideração à granulométrica, os solos arenosos e com presença de materiais inertes são indicados para o uso na mistura de solo cimento:

A presença de grãos de areia grossa e de pedregulhos é benéfica, pois são materiais inertes, com função apenas de enchimento, favorecendo a liberação de maiores quantidades de cimento para aglomerar os grãos menores. Os solos devem ter, no entanto, um teor mínimo da fração fina, pois a resistência inicial do solo-cimento compactado se deve à coesão da fração fina compactada. A experiência tem demonstrado que solos com teores de silte mais argila inferiores a 20% não propiciam compactação adequada, sobretudo na confecção de tijolos prensados, dificultando o processo de moldagem. (SEGANTINI; ALCÂNTARA,2007).

Segundo Figuerola (2004), o solo a ser utilizado na mistura não deve conter cloretos, sulfatos e matéria orgânica, uma vez que essas substâncias podem atrapalhar o desempenho do sistema. Como por exemplo, os ácidos presentes na matéria orgânica podem prejudicar a hidratação do cimento, retardando-a, prejudicando dessa forma, a resistência do solo-cimento.

Cimento

Para a produção de solo-cimento podem ser utilizados cimentos que atendem às seguintes especificações, conforme apresentado na tabela 1:

Tabela 1: Tipos de cimentos usados na composição do solo-cimento.

Tipo de Cimento Portland	Sigla	Composição (% em massa)				Norma Brasileira
		Clinker + gesso	Escória granulada de alto-forno	Material pozolânico	Material Carbonático	
Comum	CPI	100	-	-	-	NBR 5732
Composto	CP II-E	94 – 56	6 – 34	-	0 – 10	NBR 11578
	CP II-Z	94 – 76	-	6 – 14	0 – 10	
	CP II-F	94 – 90	-		6 – 10	
Alto forno	CP III	65 – 25	35 – 70	-	0 – 5	NBR 5735
Pozolânico	CP IV	85 – 45		15 – 50	0 – 5	NBR 5736
Alta resistência inicial (ARI)	CP V	100 – 95			0 – 5	NBR 5733

Fonte: SEGANTINI; ALCANTARA, 2007.

O tipo de cimento Portland mais utilizados para a produção do solo-cimento são os compostos (CP II).

Água

A água para ser utilizada na produção do solo-cimento deve ser potável e livre de impurezas que possam prejudicar a hidratação do cimento, como: galhos, folhas, óleos, sulfatos e sais.

Dosagem do solo-cimento

Na dosagem do solo-cimento são fixadas três variáveis:

- O teor de cimento a ser adicionado ao solo;
- A umidade a ser incorporada à mistura;
- A massa específica desejada.

Após a coleta das amostras qualitativas do solo, essas deverão ser encaminhadas para um laboratório de mecânica dos solos, para a determinação da proporção de argila, areia e silte existentes. Após a análise, é realizada a dosagem para solo-cimento, onde será determinada a quantidade de água, cimento e solo a serem utilizados na mistura.

Segundo Barros e Pecoriello (2004), o melhor traço na dosagem do solo-cimento é o realizado conforme norma e menor quantidade de cimento. Para envio ao laboratório, recomenda-se a moldagem de pelo menos seis tijolos, divididos igualmente nos ensaios de resistência á compressão e absorção de água. Após a moldagem, eles devem permanecer em área de cura por sete dias.

5.3 Moldagem dos Tijolos de Solo-Cimento

Para a fabricação de tijolos de solo-cimento é necessária a utilização de equipamentos para a realização da moldagem. Os mais simples são caixas de madeira para moldagem manual. Hoje no mercado são encontradas muitas empresas que fabricam diversos tipos de prensas para moldagem manual ou mecânica de tijolos de solo-cimento.

A maioria das prensas tem diferentes tipos de moldes para possibilitar a fabricação de diferentes tipos de tijolos trocando apenas o molde. No Brasil, são encontrados muitos fabricantes de prensas manuais com capacidade de produzir de 500 a 3500 unidades por dia de tijolos de solo-cimento.

Tipos de Prensas

- Prensa manual CINVA-RAM

Segundo Assis (2001), a prensa manual CINVA-RAM foi desenvolvida em 1950 na Colômbia, sendo a primeira a ser utilizada no mundo para fabricação dos tijolos de solo-cimento.

A partir dela, muitos outros tipos de prensas manuais foram desenvolvidas e utilizadas no Brasil e no mundo. A figura 03 mostra a prensa CINVA-RAM pioneira na confecção de tijolos de solo-cimento.

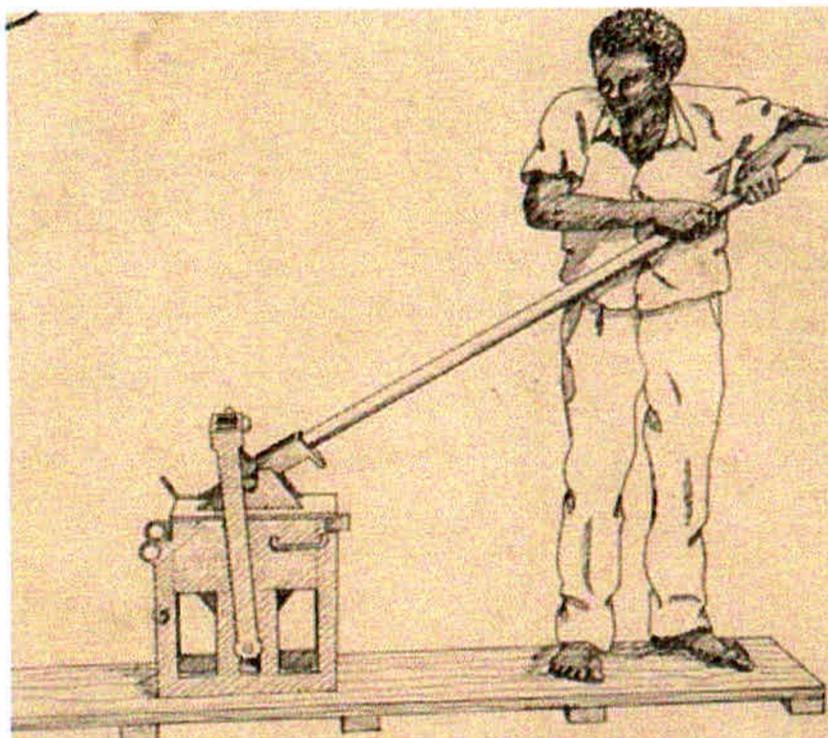


Figura 03: Prensa CINVA-RAM.
Fonte: BARBOSA; MATTONE; MESBAH, 2002.

- **Prensa manual Sahara**

Produz tijolos maciços para assentamento com argamassa e blocos modulares e vazados, nas dimensões 10 cm x 20 cm, 12,5 cm x 25 e 15 cm x 30 cm. Conforme o equipamento, a produção varia de 100 a 300 peças/h. Para a fabricação são necessários apenas três operadores: um para o abastecimento, outro para a operação da prensa e um terceiro para preparar a mistura. Como exemplo temos a prensa modular 10 cm x 20 cm:

Ela produz tijolos com 10 cm de largura, 20 cm de comprimento, 5 cm de espessura e furos internos de 5 cm. São indicados para edificações de alvenaria em geral. A produção é em média de 250 a 300 tijolos/hora. A prensa tem uma ferramenta acessória para produção do ½ tijolo, indicado para respaldo de portas e janelas. (SAHARA, 2013a). A figura 04 mostra a prensa modelo 10x20cm da Sahara.



Figura 04: Prensa Manual Sahara
Fonte: SAHARA, 2013 a.

- **Prensas Hidráulicas**

São máquinas projetadas para alta produção e maior qualidade das peças. Como exemplo temos a prensa hidráulica da Eco – Máquinas, modelo ECO PREMIUM 2700 CH – MA. Ela possui um sistema operacional de fabricação dos tijolos desenvolvido de forma a utilizar somente um operador. Possui um sistema conjugado hidráulico / mecânico que eleva o tijolo ao nível das mãos para ser retirado. A produção é de até 3.500 tijolos por dia, considerando funcionamento 8 horas por dia sem interrupções do equipamento. (ECO-MÁQUINAS, 2013).

A figura 05 mostra a prensa hidráulica da Eco - Máquinas.

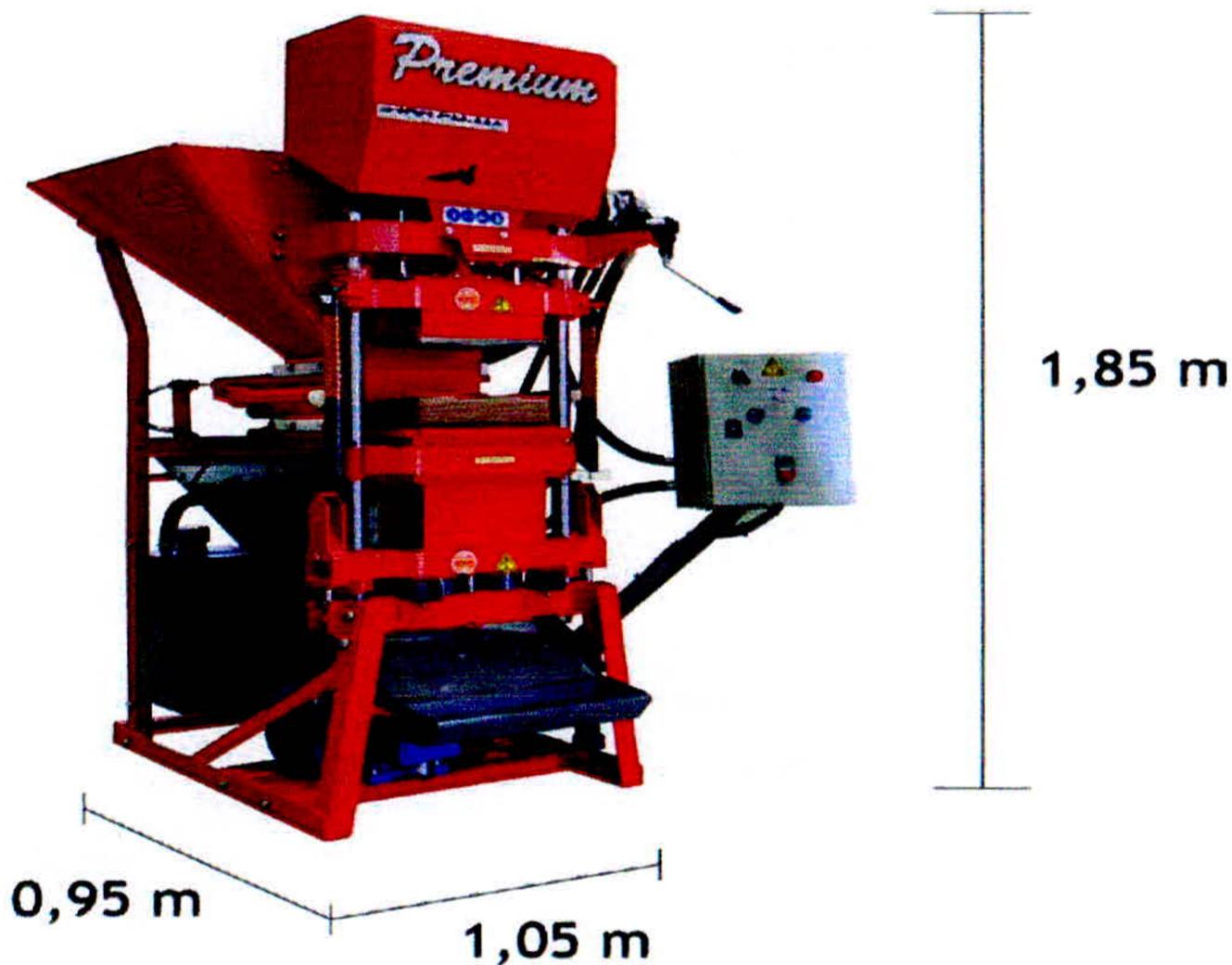


Figura 05: Prensa Hidráulica.
Fonte: ECO-MÁQUINAS, 2013.

5.4 Cura e Armazenamento dos tijolos

A cura é fator primordial no controle da qualidade após a produção dos tijolos e determinará o sucesso de todas as etapas seguintes.

Conforme Pisani (2005) o processo de cura e armazenamento dos tijolos de solo cimento, devem seguir as seguintes recomendações para que os tijolos apresentem boa qualidade:

- Os tijolos devem ser colocados em pilhas logo após serem retirados da prensa, evitando movimentações com os tijolos úmidos;
- O local de armazenamento deve estar totalmente em nível para que os elementos não se deformem;
- Na execução do empilhamento é recomendado seguir as orientações do fabricante de prensas. Eles costumam indicar uma altura limite de um metro para as pilhas. O excesso de peso sobre os tijolos poderá deformá-los;
- Nos três primeiros dias de cura os tijolos devem estar umedecidos através da molhagem realizada com auxílio de um regador ou similar, de duas a quatro vezes ao dia, dependendo das condições atmosféricas do local. Nesse período, os tijolos não poderão sofrer qualquer tipo de movimentação;
- Para evitar a perda de água por evaporação, é recomendado cobrir os tijolos com lonas plásticas pelo menos durante os três primeiros dias de cura. Também é importante evitar a exposição direta ao vento ou sol;
- A partir do sétimo dia de cura, é possível realizar o transporte dos tijolos, mas a resistência ainda não será a esperada.

De acordo com a NBR 10832 (ABNT, 1989), os tijolos ou blocos só podem ser utilizados na construção civil no mínimo 14 dias após a sua fabricação. A figura 06 mostra a execução da cura nos tijolos de solo-cimento.



Figura 06: Processo manual de cura.
Fonte: ECO-MÁQUINAS, 2013.

O aprimoramento cada vez maior das prensas para a fabricação dos tijolos facilita o emprego das técnicas de construção, possibilitando a elaboração de projetos de melhor qualidade.

5.5 Processo construtivo em alvenaria de solo-cimento

5.5.1 O Projeto

O projeto da edificação e da alvenaria é de fundamental importância para a elaboração do planejamento das diversas etapas de execução da obra. Como na alvenaria de tijolos modulares de solo-cimento temos a execução simultânea de parte de instalações hidráulicas e elétricas com a alvenaria, o nível de detalhamento do projeto deve ser o maior possível. Devem ser seguidas as mesmas prescrições exigidas pelas normas para a alvenaria estrutural de blocos de concreto.

Segundo Barros e Pecoriello (2004), é de fundamental importância que durante a fase de projeto, o tamanho dos cômodos da edificação sejam devidamente ajustados às dimensões do tijolo a ser utilizado.

5.5.2 A fundação

O primeiro passo para a execução de uma edificação em alvenaria de solo cimento, é a escolha do tipo de fundação a ser utilizada. Ela será definida em função das características do terreno onde a obra será implantada e de particularidades do projeto.

Segundo Figuerola (2004), pela facilidade de adaptação das fundações rasas a tipos variados de solos, elas são mais apropriadas para as edificações em solo cimento, em especial o radier. Devido ao risco de percolação de umidade nas alvenarias pelas fundações, elas devem ser impermeabilizadas cuidadosamente com argamassa.

Dessa forma, juntamente com o radier, é recomendada a execução de uma base de argamassa impermeabilizada, de forma a acompanhar a disposição das paredes, funcionando como área de apoio aos tijolos. A argamassa deve ser de preferência composta de cimento, areia e hidrofugantes tipo Vedacit. A base impermeabilizada deve ser também pintada com emulsão asfáltica. Após a execução da fundação, são utilizadas cintas de amarração nas mesmas, para início da elevação das alvenarias.

5.5.3 Execução da Primeira Fiada

Antes do assentamento da primeira fiada de tijolos, deve-se verificar a disposição dos ambientes sobre a fundação. Também, é importante identificar a localização das esquadrias e a posição das instalações. Para isso recomenda-se espalhar os tijolos da fiada de marcação sem

argamassa de assentamento sobre a fundação, para facilitar a correção de falhas de nivelamento e esquadro. Após todas as verificações necessárias, executa-se o assentamento da primeira fiada.

A figura 07 mostra a etapa de espalhamento dos tijolos sobre a fundação:

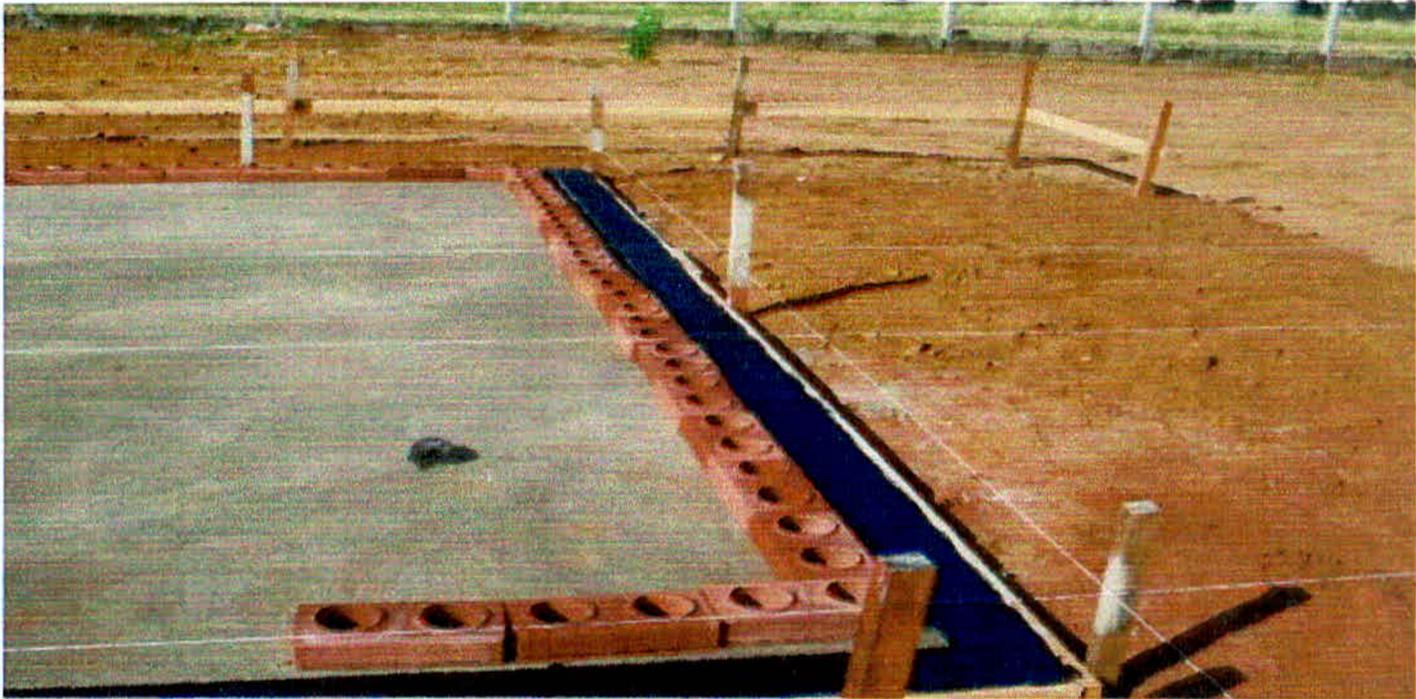


Figura 07: Espalhamento dos Tijolos.
Fonte: ECO-MÁQUINAS, 2013.

Os tijolos das primeiras fiadas devem ser assentados sobre uma camada de argamassa convencional de cimento e areia, traço 1:3 sobre o baldrame, permitindo a regularização da superfície e garantindo o prumo e nível correto das alvenarias a serem elevadas.

5.6 Levantamento das Alvenarias e Execução das Instalações

Os tijolos das demais fiadas podem ser assentados com um filete de material colante, podendo ser utilizado cola branca, argamassa industrializada ou ainda massa de solo-cimento. Geralmente utilizam a mesma massa de solo-cimento utilizada na fabricação dos tijolos. A cada fiada de tijolos executada, deve-se proceder à verificação do prumo e nível. Para a execução das instalações elétricas e hidráulicas não é necessária à quebra das paredes. O assentamento dos tijolos pode ser executado em conjunto com as tubulações, eletrodutos, pontos de luz, água,

esgoto, através dos furos dos tijolos. A figura 08 mostra uma opção de se utilizar os furos nos módulos ao invés de conduítes e caixa para tomadas e interruptores.

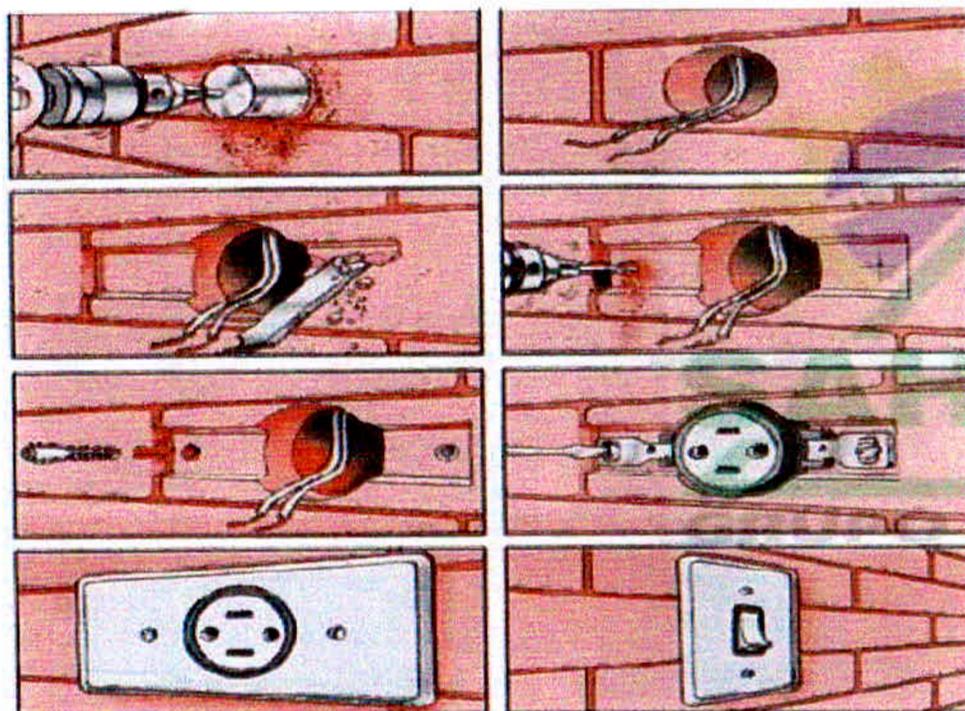


Figura 08: Detalhe das Instalações Elétricas.
Fonte: SAHARA, 2013b.

Na execução das instalações hidráulicas, pode-se também utilizar os furos dos tijolos, através da descida das colunas de água, não sendo necessária a quebra de paredes. A figura 09 mostra os detalhes da disposição das tubulações hidráulicas sobre os furos dos tijolos.

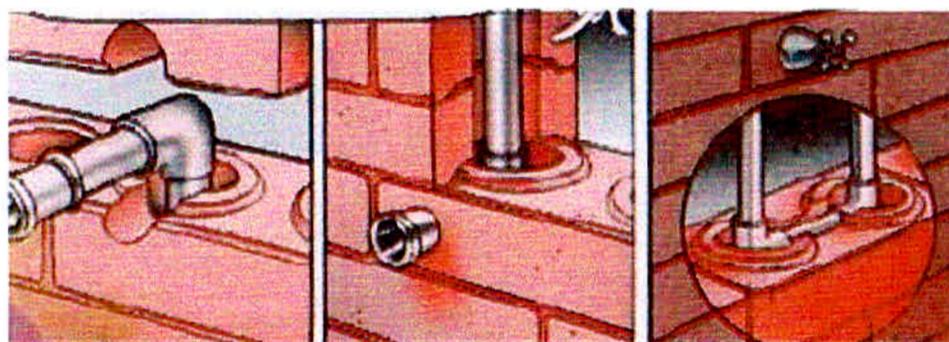


Figura 09: Detalhe das Instalações Hidráulicas.
Fonte: SAHARA, 2013b.

5.7 Detalhes Construtivos

Segundo Barros e Pecoriello (2004), no encontro de alvenarias, os furos dos tijolos devem receber uma barra de 6,3 mm de diâmetro, engastada a partir da fundação até a extremidade superior da cinta de amarração. Após a fixação das barras, deve ser executado o grauteamento dos furos. A figura 10 mostra o detalhe das barras dos pilaretes para sustentação da alvenaria.

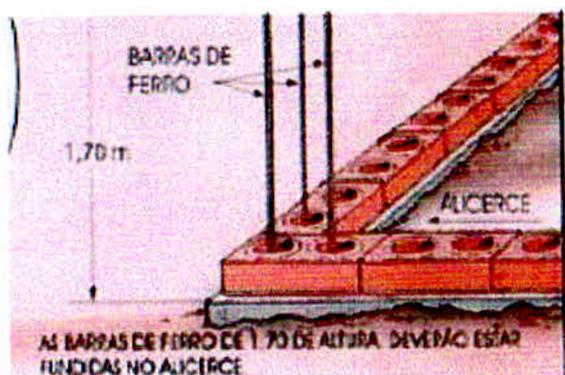


Figura 10: Detalhe da Armação dos Pilaretes.
Fonte: SAHARA, 2013b.

Para garantir maior rigidez e estabilidade na obra, também, é de fundamental importância a ligação das colunas, através da utilização de grampos. Os furos devem ser preenchidos. A figura 11 mostra a ligação dos cantos das alvenarias.

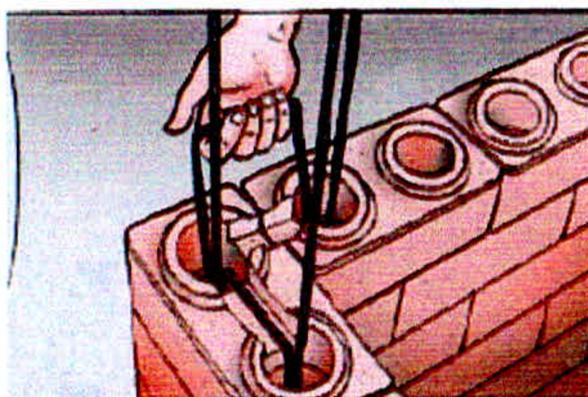


Figura 11: Ligação com grampos.
Fonte: SAHARA, 2013b.

Para reforçar ainda mais a estrutura e proporcionar uma melhoria na armação das paredes, os furos dos tijolos devem ser preenchidos com argamassa ou concreto. É recomendada a utilização de um funil de concretagem para evitar desperdícios de concreto. A figura 12 representa o momento do enchimento dos furos dos tijolos.

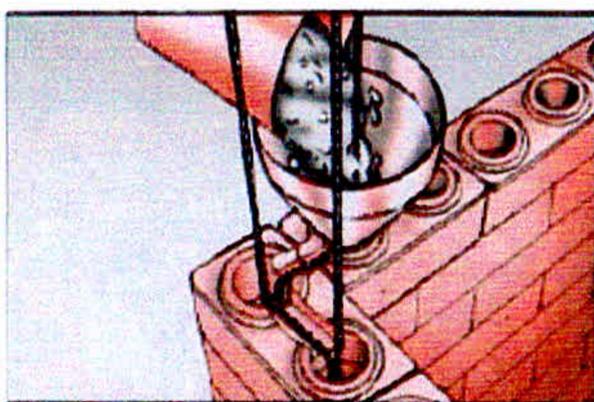


Figura 12: Enchimento dos Furos dos Tijolos.
Fonte: SAHARA, 2013b.

As alvenarias de solo-cimento quando muito extensas estão mais propícias ao surgimento de fissuras e trincas, por isso, sempre que possível deve-se limitar o comprimento das mesmas. Recomenda-se a execução de juntas de dilatação de 2 mm de um tijolo ao outro. A figura 13 mostra as dimensões das juntas de dilatação necessárias.

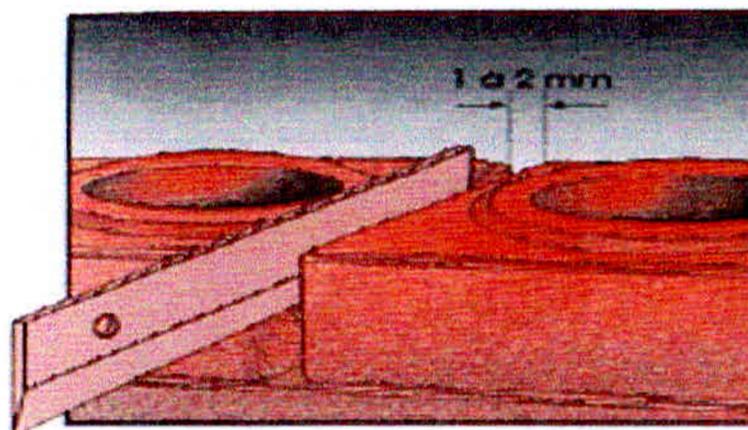


Figura 13: Juntas de Dilatação.

Fonte: SAHARA, 2013b.

Nas aberturas de portas e janelas, devem ser executadas vergas e contravergas para evitar o aparecimento de trincas. Elas podem ser executadas com tijolo de solo-cimento do tipo canaleta. Os furos de duas fiadas imediatamente abaixo devem ser isolados com canos de PVC ou copinhos de plásticos e grauteados. A figura 14 mostra o detalhe do isolamento dos furos das canaletas.

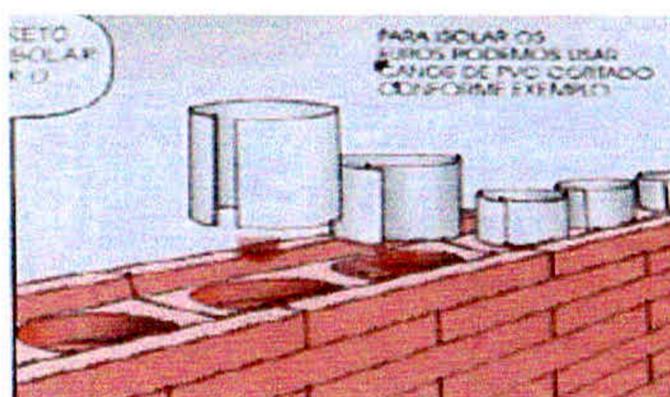


Figura 14: Isolamento dos Furos.

Fonte: SAHARA, 2013b.

As alvenarias de solo-cimento podem ser revestidas apenas com pintura. O acabamento proporcionado geralmente dispensa a execução de chapisco e reboco. Como o solo-cimento é um material que tem muitos poros, a perda de umidade pelas variações do ambiente é alta, dessa forma é comum ocorrerem patologias relacionadas à retração hidráulica. Para evitar essa patologia é importante a aplicação de uma pintura impermeabilizante diretamente nas alvenarias.

6 BLOCOS CERÂMICOS

Tem furos cilíndricos ou prismáticos perpendiculares às faces que os contém. São fabricados por extrusão. A maromba expulsa o barro através de uma boquilha que dá o tamanho e configuração do bloco. A outra dimensão, espessura do bloco, vai ser definida no corte, que é feito por arame, normalmente, dessa forma, a fabricação é contínua com intervalos para o corte e retirada para secagem.

Abaixo as etapas para a fabricação de produtos cerâmicos: exploração das jazidas, tratamento da matéria prima, moldagem, secagem e queima.

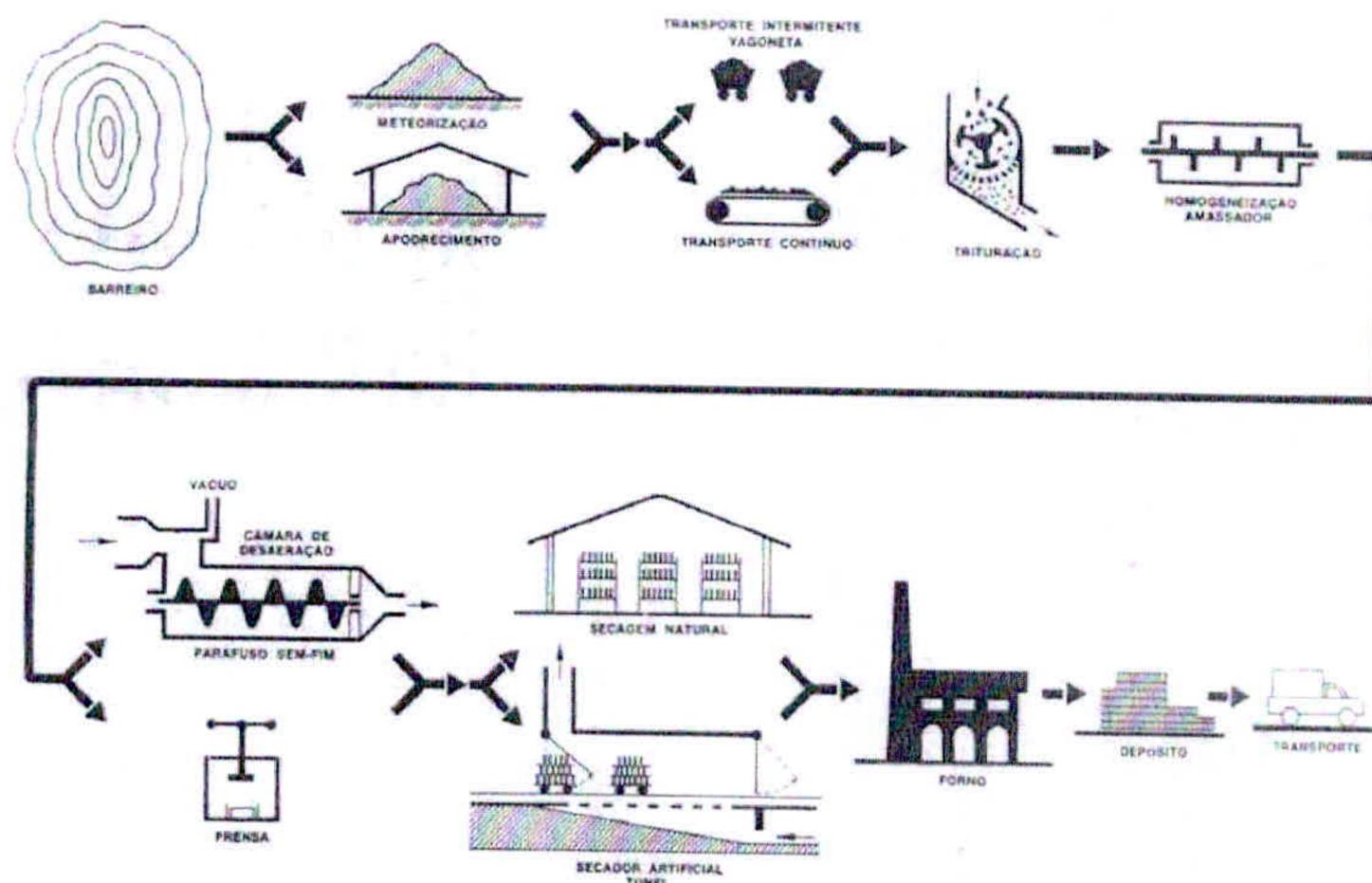


Figura 15:

Fonte: <http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/Guilherme/CERAMICOS.pdf>

- Exploração das jazidas Caracterização /cubagem ; aspectos gerais observados: conformação, localização, acesso, facilidade de transporte ; existência de água, barragem de rejeitos, etc
- Tratamento da matéria prima;
- Depuração (eliminação das impurezas), pasta passando por um trem de preparação, que inclui:

- Trituradores (moinhos de rolos e martelos); peneiradores com lavagens; misturadores (pás helicoidais em dupla fila); amassadores (amassamento e mistura podem ser simultâneos); laminadores (dão maior homogeneidade à massa);
- Métodos de moldagem: Método de moldagem a seco ou semi - seco (4 a 10%) prensagem (ladrilhos, azulejos e tijolos e telhas de qualidade superior); moldagem com pasta plástica consistente (5 a 15%) extrusão (marombas com câmaras a vácuo para retirar o ar da massa) tijolos, telhas, tubos cerâmicos, refratários, etc;
- Secagem: grande parte da umidade é retirada na secagem, o restante durante o processo de cozimento; a perda de água é acompanhada da contração do produto e será tanto maior quanto maior for o grau de umidade da pasta; a velocidade de secagem deve ser controlada para evitar retração excessiva desuniforme, o que geraria fendas e deformações nos produtos; a contração linear da argila comum não tratada é da ordem de 1 a 6%. (Braúnas 4,2%);
- Processos de Secagem: Natural, com proteção contra vento e sol ou artificial em estufas.
- Queima durante a queima, dão-se as transformações estruturais da argila, havendo necessidade de uma marcha típica de aquecimento e resfriamento de cada produto. A vitrificação ocorre em torno dos 12000C (formação de vidro que ocupa os poros do material aumentando sua resistência e reduzindo sua permeabilidade).A queima de produtos cerâmicos em fornos túneis, que são contínuos, é feita em aproximadamente 24h.
- Os Fornos podem ser: Intermitentes ou contínuos.

As medidas comerciais mais comuns são 90x190x190mm (tijolo baiano) e 140x190x390mm (bloco vedação ou estrutural).

Os tijolos devem ser bem conformados, isentos de saliências ou reentrâncias anormais, rachas e fissuras, não devem possuir inclusões calcárias e devem ter um toque sonoro quando repercutidos com uma peça metálica. Os tijolos devem ser marcados com a identificação do fabricante.

De acordo com as necessidades do projeto e a disponibilidade técnica e econômica pode-se especificar o material cerâmico de vedação dentro de uma vasta oferta de tipos de tijolos encontrados no mercado. Os de uso mais comum atualmente são tijolos de 4, 6 e 8 furos e ainda, em menor frequência, os tijolos de 2 furos e maciços.

Na figura 16 são mostrados os tijolos mais usados e suas características:



Figura 16: Tipos de Tijolos
Fonte: PORTARIA DO INMETRO Nº127/2005

6.1 Processo produtivo

Concluída a estrutura de concreto armado de uma obra (seu esqueleto), segundo Bauer (1994), inicia-se a execução de sua alvenaria. Em obras de menor porte, as paredes são assentadas diretamente a partir das fundações, sobre um radier, baldrame ou sobre a parte superior das vigas (cintas) de concreto armado que amarram as sapatas de fundação.

6.2 Execução da primeira fiada

Escolhido o tipo de assentamento, são assentados os tijolos de canto, para poderem servir de apoio a uma linha a ser esticada entre eles, com pregos fixados na argamassa das juntas para servir de guia para a colocação dos tijolos da primeira fiada, que devem ficar perfeitamente alinhados. É então completada a primeira fiada de alvenaria, verificando-se o nivelamento (horizontalidade) com um nível de bolha, apoiado na régua de pedreiro, procedendo-se dessa forma para todos os cantos, cruzamentos e extremidades.

São então levantadas, primeiramente, prumadas guias, com o cuidado de ficarem perfeitamente verticais (de prumo), e com os tijolos colocados de forma que as juntas de cada

fiada fiquem desencontradas. São então assentadas as fiadas seguintes, uma a uma, até a altura desejada.

6.3 Assentamento

Os traços mais indicados para assentamento de tijolos cerâmicos ou blocos de cimento não estrutural, utiliza o cimento, cal e areia na proporção, 1:1: 8.

6.4 Levantamento das Alvenarias e Execução das Instalações

Deve - se observar os seguintes detalhes quando da execução das alvenarias:

As juntas da argamassa de assentamento devem ser de 1,0 a 1,5 cm;

Sobre as aberturas da portas e janelas deverão ser colocadas vergas, que são pequenas vigas de concreto, para resistir aos esforços da alvenaria sobre as aberturas. As vergas de concreto poderão ser pré-moldadas ou concretadas no local, com altura mínima de 10 cm e a largura da parede;

No caso das construções com estrutura independente de concreto armado, ao se levantar a parede, é necessário deixar um espaço entre a última fiada de tijolos e a viga. Esse espaço, com 20 cm aproximadamente, deve ser preenchido com tijolos maciços assentados inclinados, chamando-se a esse procedimento “aperto de parede”.

Sua função é comprimir a alvenaria levantada contra a estrutura de concreto, de modo a evitar o surgimento de trinca de retração na alvenaria. É preciso esperar cerca de sete dias de cura da argamassa, para então realizar o “aperto da alvenaria”;

Uma parede ao encontrar-se com outra deve ser “amarrada”, para não ocorra trinca nesse encontro. Alguns detalhes de amarração de encontros, cantos e cruzamentos não são indicados no projeto, para o tijolo furado em paredes de meia e as vigas podem ser executadas com o uso de canaletas, dispensando assim o uso de formas, as lajes são pré-moldadas e se apóiam nas paredes.



Figura 17: Estrutura de concreto armado , necessidade de formas ;

Fonte: Autor;

6.5 Detalhes construtivos

Depois de executada a alvenaria, as paredes são chapiscadas depois emboçadas com argamassa de cimento, cal e areia trabalho este extremamente artesanal, pois, o prumo da parede depende muito da habilidade do operário. Na figura abaixo pode - se observar a execução deste serviço pelo operário.



Figura 18: Parede chapiscada e rebocada;

Fonte: Autor;

As instalações são embutidas na parede, depois de executada a alvenaria, o operário com uma talhadeira e uma marreta, quebra a parede formando rasgos para a passagem da tubulação. Na figura abaixo mostra a necessidade da quebra da parede para passagem da tubulação elétrica, gerando resíduo da construção e aumentando o custo da mão de obra.



Figura 19: instalações embutida na parede
Fonte: Autor;

7 BLOCOS DE CONCRETO

É possível que a alvenaria possua somente a função de vedação e divisão de ambientes, mas em alguns casos ela pode ser utilizada, também, como elemento estrutural.

Diante do atual aquecimento da construção civil e da necessidade de uma construção com máxima eficácia, a alvenaria estrutural com blocos de concreto é uma das técnicas mais utilizadas no Brasil. (ABCP, 2007).

Os materiais com os quais o bloco de concreto são fabricados, são basicamente cimento Portland, agregados e água. Em algumas fábricas, muitas das fases do processo de industrialização são bastante automatizadas. O processo envolve a moldagem de concreto em moldes com as dimensões pré-estabelecidas, compactação, vibração, cura e armazenagem. (Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR6136, 2006).

7.1 Classificação

Os blocos de concreto, especificados de acordo com a Norma, devem atender, quanto a seu uso, às classes descritas a seguir, indicadas na tabela abaixo:

Classe A – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo;

Classe B – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;

Classe C – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo;

Recomenda-se o uso de blocos com função estrutural classe C designada M10 para edificações de no máximo um pavimento, os designados M12, 5 para edificações maiores.

Tabela 02 designação por classe, largura dos blocos e espessura mínima das paredes.

Classe	Designação	Paredes longitudinais ¹ mm	Paredes transversais	
			Paredes ¹ mm	Espessuras equivalentes ² mm/m
A	M-15	25	25	188
	M-20	32	25	188
B	M-15	25	25	188
	M-20	32	25	188
C	M-10	18	18	135
	M-12,5	18	18	135
	M-15	18	18	135
	M-20	18	18	135
D	M-7,5	15	15	113
	M-10	15	15	113
	M-12,5	15	15	113
	M-15	15	15	113
	M-20	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 milímetros), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros).
 Os blocos vazados de concreto prescritos pela Norma devem atender aos limites de resistência, absorção e retração linear por secagem estabelecidos na tabela 3.

Fonte: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos>

7.2 Dimensões e Modulação dos Blocos

Na alvenaria estrutural a modulação é o ajuste das dimensões das paredes e pé direito, em função das dimensões tabeladas dos blocos, evitando assim cortes e desperdício de materiais.

De acordo com a norma NBR5712 (1982), a menor dimensão dos furos não deve ser inferior a 8 cm para blocos de 14 cm e 12 cm para os de 19 cm.

A tabela 1 mostra as famílias de blocos que estão inseridas na norma. De acordo com a mesma, as dimensões dos blocos a serem utilizados devem estar contempladas na tabela 03.

Dimensões padronizadas dos blocos de concreto para alvenaria estrutural.

Famílias de blocos											
Designação	Nominal	20		15		12,5			10		7,5
	Módulo	M-20		M-15		M-12,5			M-10		M-7,5
	Amarração	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2
	Linha	20x40	15x40	15x30	12,5x40	12,5x25	12,5x37,5	10x40	10x30	10x30	7,5x40
Largura (mm)		190	140	140	115	115	115	90	90	90	65
Altura (mm)		190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
Comprimento (mm)	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	190	290	390
	Melo	190	190	140	190	115	-	190	90	-	190
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	-	190	-
	1/3	-	-	-	-	-	115	-	-	90	-
	Amarração L	-	340	-	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração T	-	540	440	-	365	365	-	290	290	-
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	-	90
	Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	-	40

NOTA: As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados na tabela 1 são de $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ mm para a altura e para o comprimento. Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com as ABNT NBR 5706 e ABNT NBR 5726.

Fonte: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos>

O bloco da família 39 é o mais utilizado na construção de casas e edifícios. A seguir é possível visualizar alguns exemplos desta família.

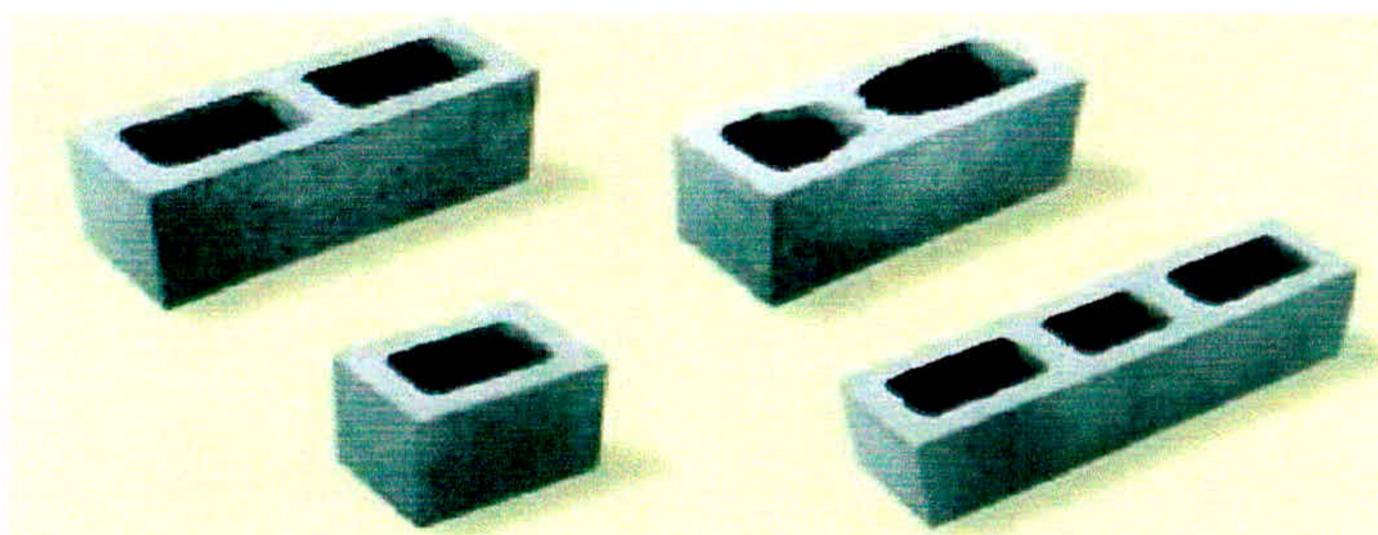


Figura20: tipos de bloco, família 39.

Fonte:

7.3 Processos de execução

Para iniciar a alvenaria, deve-se, primeiro, executar a marcação da primeira fiada, é ela que vai estabelecer o layout da parede terminada. Após a execução do piso, a marcação da alvenaria se inicia pelos blocos dos cantos externos. Acompanhando o projeto, a primeira fiada deve ser finalizada para, enfim, iniciar a elevação da alvenaria. (Associação Brasileira de Cimento Portland, METODOLOGIA DE EXECUÇÃO - PASSO A PASSO PARA CONSTRUIR ALVENARIAS DE BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO, 2011).

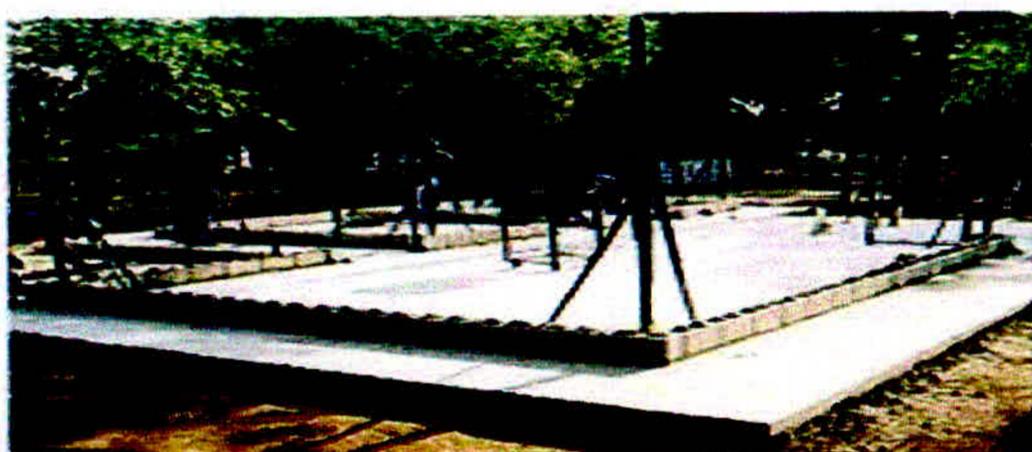


Figura 21: Marcação da primeira fiada para alvenaria de blocos de concreto.
Fonte: <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos>

Na figura abaixo é possível conferir os projetos de primeira e segunda fiadas, respectivamente, de uma parede.

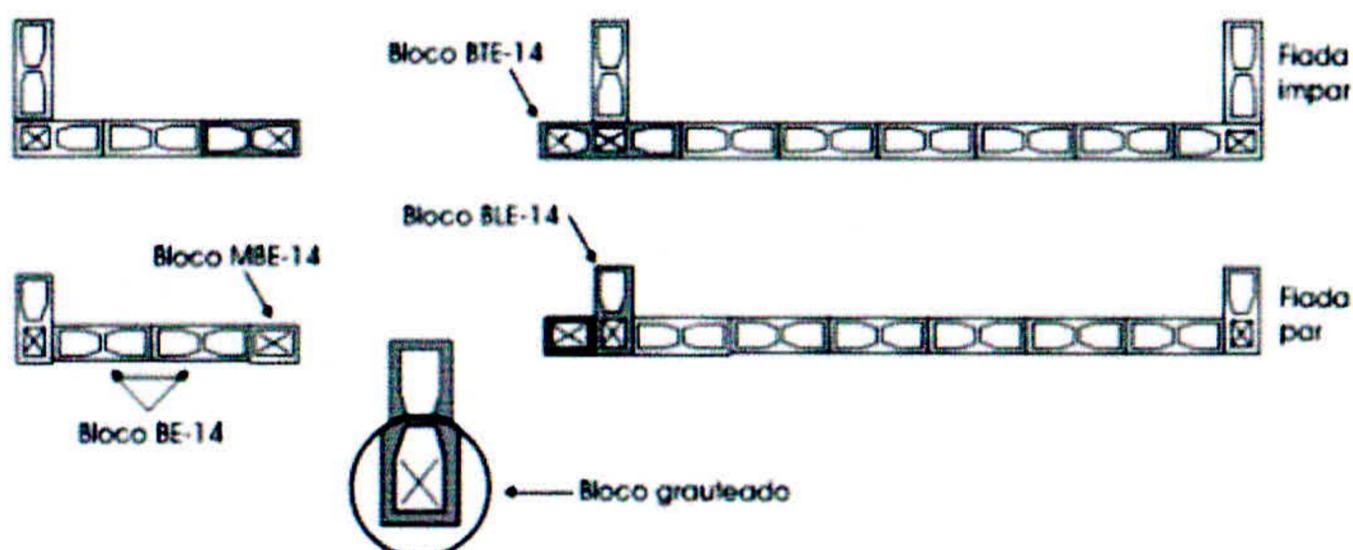


Figura 22: Exemplo de projeto de primeira e segunda fiada para alvenaria de blocos de concreto.
Fonte: (BRICKA, 2003).

Em suma, a seqüência da marcação ficaria assim:

- 1 - Colocar primeiro os blocos dos cantos da laje ou piso, verificando o prumo destes blocos com o andar inferior;
- 2 - Executar a 1ª fiada da alvenaria externa utilizando medidas acumuladas;
- 3 - Executar a alvenaria interna conferindo esquadro dos cômodos, vãos das portas (com tamanho das suas bonecas);
- 4 - Finalizar a alvenaria, elevando as paredes.

7.4 Modulação

É a técnica que permite relacionar as medidas de um projeto com as medidas modulares por meio de um reticulado espacial modular de referência. Teríamos uma modulação perfeita, a três dimensões, no caso muito particular de podermos projetar as alvenarias em planos paralelos a duas direções ortogonais, com blocos de espessura modular e todas as aberturas de portas e janelas também com dimensões modulares, e verticalmente, as alturas das fiadas também modulares de piso a teto, assim como as espessuras das lajes entre os pisos dos andares múltiplos.

Na prática, diversos parâmetros construtivos nos obrigam a acomodar algumas dimensões, por exemplo:

As lajes que normalmente separa os andares múltiplos teriam sua espessura determinada pelo seu dimensionamento econômico que raramente coincide com o módulo.

Nessas condições, a preocupação de modulação vertical se restringiria à medida de piso a teto, tomando-se o cuidado de utilizar uma espessura constante de laje em todo o pavimento, afim de se obter um único nível de respaldo na última fiada e um único nível de saída da 1ª fiada do pavimento superior.

Em muitos projetos, são utilizadas mais de uma espessura de parede, assim temos que nos preocupar em dispor o layout em planta de tal maneira que os comprimentos individuais de cada painel de parede fiquem modulados entre as paredes extremas ortogonais que as limitam; (Apostila Bloco Estrutural , Professor: Antonio Faria – Grupo Educacional Unis).

7.5 Argamassa assentamento

A argamassa de assentamento é composta de cimento, areia e cal devem ter características que atendam tanto uma boa trabalhabilidade para a execução como uma boa qualidade que se compatibilize com o bloco de concreto.

Em estado fresco a argamassa deve ser fluida e coesa para que, além de permitir o fácil manuseio pelo pedreiro, não se desagregue ao ser aplicada;

Deve ter condições de reter água para as reações necessárias a sua cura;

Após o assentamento do bloco de concreto não poderá haver abatimento dessa argamassa, o que deformaria a parede comprometendo a modulação;

A boa qualidade da argamassa em uma parede já executada pode se medir pelo fato de não permitir fissuração (que ocorrem por deformação excessiva da argamassa ou por retração) e por sua resistência à compressão; (Apostila Bloco Estrutural, Professor: Antonio Faria – Grupo Educacional Unis).



Figura 23: Assentamento de blocos de concreto: juntas devem possuir aproximadamente 1 cm.
Fonte: (obra24horas, 2006);

7. 6 Graute

Nos locais onde o projeto indicar, os furos ou as canaletas horizontais dos blocos devem receber ferragem e o graute, são eles que farão o papel das vigas e pilares neste sistema construtivo. (ABCP, Comunidade da construção, 2011).

A ferragem é colocada solta, verticalmente nos furos e horizontalmente nas canaletas dos blocos. O graute deve ser lançado nos furos dos blocos no máximo a cada 6 fiadas, este é executado com cimento, areia, pedrisco e água. A mistura deve apresentar coesão e ter fluidez suficiente para preencher todos os furos dos blocos. A retração não deve ser tal que possa ocorrer separação entre o graute e as paredes internas dos blocos. Lembrando que a resistência à compressão do graute combinada com as propriedades mecânicas da alvenaria e da argamassa definiram a compressão da alvenaria. (ABCP, Comunidade da construção, 2011).



Figuras 24 e 25: Graute e ferragem na alvenaria estrutural.
Fonte: Comunidade da Construção, 2011.

8 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

8.1 Bloco estrutural

A resistência característica à compressão f_{bk} é o resultado de uma análise estatística, semelhante à feita com o concreto, baseada no resultado de ensaio de corpos de prova à ruptura em prensas que os comprimem, inclusive com o mesmo mostrador estatístico utilizado nos corpos de prova de concreto.

No caso dos blocos de concreto os corpos de prova são exemplares dos próprios blocos tirados a esmo da pilha fornecida. A norma de especificação (NBR 6136:1994) indica que a resistência mínima para um bloco com função estrutural é de 4,5 MPa. Não basta, no entanto, o atendimento à resistência à compressão, o bloco deve atender a outras condições limites muito importantes para seu desempenho como elemento modular, estrutural e de vedação. Devem ter suas dimensões padronizadas dentro das tolerâncias definidas na norma, devem ser atendidos os limites de absorção e retração por secagem, além, é claro, do próprio controle visual. (Apostila Bloco Estrutural, Professor Antonio Faria-Grupo Educacional UNIS).

8.2 Tijolo Cerâmico

A resistência à compressão mínima dos blocos na área bruta deve atender aos valores indicados na NBR 7171 “Bloco Cerâmico para Alvenaria” que classifica os blocos em tipo em

sete classes. No caso de blocos cerâmicos com largura (L) inferior a 90 mm, a resistência mínima à compressão exigida é de 1 MPa.

8.3 Tijolo solo - cimento

Segundo a NBR 15270 (ABNT, 2005), a resistência à compressão dos blocos cerâmicos de vedação, deve atender aos seguintes valores:

- Para blocos usados com furos na horizontal: Resistência à Compressão deve ser maior ou igual a 1,5 MPa.

- Para blocos usados com furos na vertical: Resistência à Compressão deve ser maior ou igual a 3,0 MPa.

9 CÁLCULO DE CUSTO E PRODUTIVIDADE DOS COMPONENTES CONSTRUTIVOS

A metodologia do presente estudo prevê uma comparação entre os três tipos de sistemas construtivos: alvenaria com blocos cerâmicos, alvenaria estrutural com blocos de concreto e alvenaria com blocos de solo-cimento.

As alvenarias com blocos cerâmicos e com blocos de concreto são as mais utilizadas para obras de habitação em todo o país, devido à facilidade de acesso aos materiais de construção envolvidos nos processos.

Para tanto, é necessário que sejam especificados os critérios deste comparativo. Utilizando o projeto de uma casa, executado pelo projeto Morar Bem da prefeitura municipal de Cambuquira, Minas Gerais, na rua Francisca C. Margoti nº 22 , bairro Lavra, que foi executada pelo sistema de solo cimento porem foram levantados os insumos para a construção da mesma em cada sistema. Esta possui 36 m² construídos e pé direito de 2,60 metros.

A planta baixa da residência consta no ANEXO 1 deste trabalho.

Como parâmetro de comparação este trabalho utilizou apenas as etapas de estrutura, fechamento e revestimento, que juntas são responsáveis por mais de 44% do custo da construção .

Para elaboração das tabelas com os quantitativos de insumos e mão-de-obra foram utilizados a Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO,2013), e o relatório do mês de janeiro de 2014 da SINAPI – CAIXA cujos dados são atualizados mensalmente pelo IBGE em

todas as capitais brasileiras ,e os preços são da cidade de Varginha , Minas Gerais tanto da mão de obra quanto os materiais .

Para se definir o que seja a já citada produtividade, é preciso antes definir produtividade como sendo a “eficiência em transformar recursos em produtos” (neste caso, os recursos considerados são a mão - de - obra e os materiais, enquanto os produtos são as partes que constituem a obra em execução como, por exemplo, certa porção das armaduras, da alvenaria, do emboço, etc.). A mensuração de tal produtividade pode ser feita por meio de um indicador que relacione a quantidade de recursos demandados à quantidade de produto obtido (por exemplo, a produção de paredes de alvenaria de vedação pode demandar 0,6 h de pedreiro, 0,3 h de ajudante e 15 blocos para cada 1 m² de parede produzida).

Se as características de um serviço fosse sempre as mesmas (no caso do exemplo anterior, se todas as paredes tivessem o mesmo tamanho, os componentes de alvenaria fossem exatamente os mesmos, a ferramenta de aplicação da argamassa não se alterasse, o fornecimento de materiais fosse absolutamente infalível bem como a transferência de informações aos operários, se não existissem ocorrências de problemas com o equipamento de transporte vertical bem como se tivessem condições estáveis do clima, entre outros aspectos), isto é, se não houvesse variações dos fatores (de conteúdo e de contexto) que caracterizam o serviço, a produtividade seria constante, sendo muito bem representada por um valor médio.

No entanto, tais fatores variam de uma maneira não desprezível atualmente, o que provoca uma concomitante variação não desprezível da produtividade.

Dentro do contexto descrito, a produtividade variável será aqui tratada quanto à apresentação dos indicadores relativos aos recursos demandados para se fazer uma unidade de produto, por meio da postura: em lugar de apenas citar um valor médio histórico, inclui-se (para alguns serviços) a apresentação de uma faixa de valores (indicando-se os valores mínimo, mediano e máximo) para o consumo de oficiais, ajudantes e materiais. Tal faixa foi composta com base na observação real do desempenho ocorrido em obras de construção recentes; os valores máximo e mínimo representam os extremos da faixa, representando, obviamente, situações-limite do banco de dados disponível (portanto, embora pouco provável, não se deve considerar impossível extrapolar tais limites em obras especiais ou em casos que se afastem das características das obras participantes da pesquisa realizada); o valor mediano representa a região central do conjunto de dados, isto é, representa o desempenho que mais aconteceu nos casos estudados, sendo, portanto, aquele mais provável de acontecer. No exemplo mostrado a seguir tem-se uma faixa de variação da produtividade para a execução da alvenaria de três diferentes tipos de materiais , tijolos de solo cimento , bloco de concreto estrutural e por fim

tijolos cerâmicos ; a observação dos fatores lá mostrados permite, por comparação, prognosticar que, na sua obra, você estará mais para o lado esquerdo ou direito da faixa em função da presença ou não dos fatores associados a cada uma dessas extremidades.

Tabela 04 de produtividade tijolo solo - cimento:

Mín = 0,90 Med = 1,52 Máx = 2,60

Produtividade do pedreiro (Hh/m²)

Densidade média da alvenaria/ m ² de parede/ m ² de piso	Densidade alta ou baixa da alvenaria/m ² de parede/m ² de piso
Presença quase que exclusiva de paredes na altura usual	Presença significativa de paredes altas ou baixas demais
Pouco tempo para executar um pavimento (prazos enxutos)	Muito tempo para executar um pavimento (prazos extensos)
Paredes de espessuras pequenas	Paredes de espessuras grandes
Baixa rotatividade	Alta rotatividade
Pagamento conforme acordado	Falha no pagamento dos operários
Material disponível	Falta de material
Equipamento de transporte vertical disponível	Quebras ou indisponibilidade de equipamento de transporte vertical

Mín = 0,54 Med = 0,91 Máx = 1,56

Produtividade do servente (Hh/m²)

Fonte : TCPO 13^o edição .

Tabela 05 produtividade tijolos cerâmicos:

Mín = 0,51 Med = 0,64 Máx = 0,74

Produtividade do pedreiro (Hh/m²)

Não preenchimento de juntas verticais	Preenchimento de juntas verticais
Densidade média da alvenaria/m ² de parede/ m ² de piso	Densidade alta ou baixa da alvenaria/m ² de parede/m ² de piso
Presença quase que exclusiva de paredes na altura usual	Presença significativa de paredes altas ou baixas demais
Pouco tempo para executar um pavimento (prazos enxutos)	Muito tempo para executar um pavimento (prazos extensos)
Paredes de espessuras pequenas	Paredes de espessuras grandes
Baixa rotatividade	Alta rotatividade
Pagamento conforme acordado	Falha no pagamento dos operários
Material disponível	Falta de material
Equipamento de transporte vertical disponível	Quebras ou indisponibilidade de equipamento de transporte vertical

Mín = 0,31 Med = 0,38 Máx = 0,44

Produtividade do servente (Hh/m²)

Fonte : TCPO 13^o edição .

Tabela 06 produtividade bloco de concreto estrutural:

Mín = 0,51		Med = 0,71	Máx = 0,98
Produtividade do pedreiro (Hh/m²)			
Não preenchimento de juntas verticais	Preenchimento de juntas verticais		
Densidade média da alvenaria/m ² de parede/ m ² de piso	Densidade alta ou baixa da alvenaria/m ² de parede/m ² de piso		
Presença quase que exclusiva de paredes na altura usual	Presença significativa de paredes altas ou baixas demais		
Pouco tempo para executar um pavimento (prazos enxutos)	Muito tempo para executar um pavimento (prazos extensos)		
Paredes de espessuras pequenas	Paredes de espessuras grandes		
Baixa rotatividade	Alta rotatividade		
Pagamento conforme acordado	Falta no pagamento dos operários		
Material disponível	Falta de material		
Equipamento de transporte vertical disponível	Quebras ou indisponibilidade de equipamento de transporte vertical		
Mín = 0,31		Med = 0,43	Máx = 0,59
Produtividade do servente (Hh/m²)			

Fonte: TCPO 13ª edição.

9.1 Tabela de custo referente à horas trabalhadas

Os valores referentes às horas trabalhadas foram retirados do Sindicato dos Trabalhadores na Construção Civil – SINDUSCON-LAGOS, Varginha, Minas Gerais - e referem-se ao acordo coletivo de 2103, conforme tabela abaixo.

Salários dos trabalhadores da construção civil		
Cargo	R\$ por hora	R\$ por mês
Servente	3,67	808,00
Meio oficial	5,13	1129,00
Oficial	6,13	1348,00

Fonte: SINDUSCON-LAGOS, 2013.

9.1.2 Tabelas de custo

As tabelas a seguir, com o custo produtivo de cada sistema, foram elaboradas a partir dos dados anteriormente mencionados neste capítulo.

9.2 Alvenaria com Blocos Cerâmicos

As tabelas a seguir referem-se ao consumo e preço dos insumos necessários para as etapas de estrutura e vedação de 1m² de alvenaria com blocos cerâmicos, em quilo as armaduras de aço, metro quadrado as fôrmas, metro cúbico de concreto estrutural, metro quadrado de chapisco e também metro quadrado de emboço pode-se, também, conferir a quantidade e o custo de mão-de-obra necessárias nessas condições e no final o preço total estimado para esta obra conforme projeto em anexo (anexo 1).

Alvenaria de vedação com tijolos cerâmicos furados 14X19X29, juntas de 12 mm ,assentados com argamassa mista de cimento, cal e areia sem peneirar traço 1:2:8 – tipo 2 – unidade m²

Componentes	Unidade	Consumo	R\$ unitário	R\$ total
Pedreiro	h	0,70	6,13	4,29
Servente	h	0,86	3,67	3,16
Areia	m ³	0,02	57,80	1,16
Cal	kg	2,89	0,40	1,16
Cimento	kg	2,89	0,40	1,16
Tijolo Cerâmico	Um	16,67	1,00	16,67
Preço total (m ²)				27,58

Fonte: TCPO 13º EDIÇÃO , PREÇO CIDADE DE VARGINHA, MG (JAN 2014).

Armadura de aço p/ estrutura em geral ,CA-50, diâmetro 8 mm , corte e dobra na obra - Unidade : m²

Componentes	Unidade	Consumo	R\$ unitário	R\$ total
Armador	h	0,08	6,13	0,49
Ajudante de armador	h	0,08	3,67	0,29
Espaçador	Unidade	0,50	0,50	0,25
Vergalhão CA-50 8 mm	kg	1,58	4,00	6,32
Arame recozido	kg	0,02	7,00	0,14
Preço total (m ²)				7,49

Fonte: TCPO 13º EDIÇÃO, PREÇO CIDADE DE VARGINHA, MG (JAN 2014)

Forma de madeira maciça para vigas com tabuas e sarrafos (montagem e desmontagem), m²

Componentes	Unidade	Consumo	R\$ unitário	R\$ total
Carpinteiro	h	0,42	6,13	2,57
Ajudante de carpinteiro	h	0,42	3,67	1,54
Prego	kg	0,20	9,00	1,80
Sarrafo 1"x 3"	m	3,60	0,65	2,34
Tabua 25 mm x 30 mm	m ²	1,25	4,50	5,63
desmoldante	l	0,10	7,00	0,70
Preço total				14,58

Fonte : TCPO 13º EDIÇÃO , PREÇO CIDADE DE VARGINHA, MG (JAN 2014).

Concreto estrutural virado na obra, controle "A", consistência para vibração . Brita 1 - unidade: m ³				
Componentes	Unidade	Consumo	R\$ unitário	R\$ total
Servente	h	6,00	3,67	22,02
Betoneira	h/prod.	0,31	2,08	0,64
Areia	m ³	0,87	57,80	50,29
Pedra brita	m ³	0,84	87,80	73,75
Cimento	kg	322,00	0,40	128,80
Preço total				275,50

Fonte: TCPO 13º EDIÇÃO , PREÇO CIDADE DE VARGINHA, MG (JAN 2014).

Chapisco de parede interna ou externa de cimento e areia sem peneira, traço 1:3				
Componentes	Unidade	Consumo	R\$ unitário	R\$ total
Servente	h	0,15	3,67	0,55
Pedreiro	h	0,10	6,13	0,61
Areia	m ³	0,0061	57,80	0,35
Cimento	kg	2,43	0,40	0,97
Preço total				2,49

Fonte: TCPO 13º EDIÇÃO, PREÇO CIDADE DE VARGINHA, MG (JAN 2014).

Emboço para parede externa com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneira , traço 1:2:6 .e = 20 mm - unidade m ²				
Componentes	Unidade	Consumo	R\$ unitário	R\$ total
Pedreiro	h	0,82	6,13	5,03
Servente	h	0,66	3,67	2,42
Areia	m ³	0,0305	57,80	1,76
Cal	kg	6,08	0,40	2,43
Cimento	kg	6,08	0,40	2,43
Preço total (m²)				14,08

Fonte: TCPO 13º EDIÇÃO, PREÇO CIDADE DE VARGINHA, MG (JAN 2014).

Planilha resumo Alvenaria de tijolo cerâmico

Custo total alvenaria para o sistema de Tijolo cerâmico				
Componentes	Unidade	Consumo	R\$ unitário	R\$ total
Alvenaria	m ²	76,74	27,58	2116,48
Forma de madeira*	m ²	76,74	4,86*	372,96
Chapisco	m ²	172,88	2,49	430,47
Emboço paredes int	m ²	119	14,08	1675,52
Emboço parede ext	m ²	53,88	14,08	758,63
Aço	m ²	76,74	7,49	574,78
Concreto	m ³	1,59	275,5	438,05
Total				6366,89

*preço reduzido em 66% devido a possibilidade de reutilização
 Fonte: Autor, PREÇO CIDADE DE VARGINHA, MG (JAN 2014).

Memorial descritivo, quantitativo e custo dos insumos e mão de obra tijolo cerâmico.**QUANTITATIVO E CUSTO DA ALVENARIA EXECUTADA COM BLOCO CERAMICO 9 X 19 X 39 CM**

MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	R\$ UNITARIO	PREÇO TOTAL
TIJOLO	PEÇA	1280	1,00	1.280,00
CIMENTO 50 KG	SACO	44	20,00	880,00
CAL CH III 20 KG	SACO	64	8,00	512,00
AREIA	M ³	9,2	57,80	531,76
BRITA	M ³	1,34	87,80	117,65
VERGALHÃO 8 mm	BARRA	20	20,00	400,00
VERGALHÃO 4,2 mm	BARRA	17	5,20	88,40
ARAME RECOZIDO	QUILO	1,55	7,00	10,85
ESPACADOR	PEÇA	40	0,50	20,00
TABUA 30 CM *	METRO	96	1,50	144,00
SARAFO *	METRO	276	0,25	69,00
DESMOLDANTE	LITRO	3,16	7,00	22,12
PREGO	QUILO	15	9,00	135,00
PEDREIRO	PEÇA	1	1.348,00	1.348,00
SERVENTE	MÊS	1	808,00	808,00
TOTAL				6.366,78

* REDUZIDO EM 66% DEVIDO REUTILIZAÇÃO
 FONTE : AUTOR

9.3 Alvenaria com Blocos de concreto estrutural

As tabelas a seguir referem-se ao consumo e preço dos insumos necessários para as etapas de estrutura e vedação de 1m² de alvenaria com blocos de concreto estrutural, em metro cúbico o graute , metro quadrado de emboço nas áreas frias internas para assentamento de revestimento e o gesso por metro quadrado, pode-se, também, conferir a quantidade e o custo

de mão-de-obra necessárias nessas condições e no final o preço total estimado para esta obra conforme projeto em anexo .

Alvenaria estrutural com blocos de concreto 14x19x39cm, juntas 10 mm com argamassa mista de cimento ,cal hidratada e areia lavada sem peneirar traço 1:0,5:8 , tipo 2 - Unidade ; m ²				
Componentes	Unidade	Consumo	R\$ unitário	R\$ total
Bloco de concreto estr	1 ind.	12,90	2,77	35,73
Cal hidratada	kg	0,62	0,40	0,25
Cimento	kg	2,44	0,40	0,98
Areia	m ³	0,02	57,80	1,16
Pedreiro	h	0,92	6,13	5,64
Servente	h	1,05	3,67	3,85
Preço total				47,61

FONTE: TCPO 13º EDIÇÃO , PREÇO CIDADE DE VARGINHA-MG ,JAN2014.

Concreto graute para parede de alvenaria de bloco de concreto estrutural virado na obra,unidade: m ³				
Componentes	Unidade	Consumo	R\$ unitário	R\$ total
Betoneira	h/prod	0,31	2,08	0,64
Cal hidratada	kg	38,00	0,40	15,20
pedra brita 0	m ³	0,84	87,80	73,75
Cimento	kg	380,00	0,40	152,00
Areia	m ³	0,87	57,80	50,29
Pedreiro	h	0,92	6,13	5,64
Servente	h	1,05	3,67	3,85
Preço total				301,38

FONTE: TCPO 13º EDIÇÃO , PREÇO CIDADE DE VARGINHA-MG ,JAN2014

Emboço para parede externa e interna com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneira , traço 1:2:6 .e = 20 mm - unidade m ²				
Componentes	Unidade	Consumo	R\$ unitário	R\$ total
Pedreiro	h	0,82	6,13	5,03
Servente	h	0,66	3,67	2,42
Areia	m ³	0,0305	57,8	1,76
Cal	kg	6,08	0,4	2,43
Cimento	kg	6,08	0,4	2,43
Preço total (m²)				14,08

Fonte: TCPO 13º EDIÇÃO, PREÇO CIDADE DE VARGINHA-MG, JAN2014.

Planilha resumo Alvenaria de Bloco Estrutural

Custo total alvenaria para o sistema de Bloco estrutural				
Componentes	unidade	Consumo	R\$ unitário	R\$ total
Alvenaria	m ²	76,74	47,61	3653,59
Emboço paredes int.	m ²	119	14,08	1675,52
Emboço parede ext.	m ²	53,88	14,08	758,63
Aço	kg	9,00	4,00	40,00
Graute	m ³	1,35	301,78	407,40
Total				6535,14

Fonte: TCPO 13ª EDIÇÃO, PREÇO CIDADE DE VARGINHA, MG (JAN 2014).

Memorial descritivo, quantitativo e custo dos insumos e mão de obra Bloco Estrutural.

QUANTITATIVO E CUSTO DA ALVENARIA EXECUTADA COM BLOCO ESTRUTURAL 10 X 20 X 40 CM				
MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE		PREÇO TOTAL
		E	R\$ UNITARIO	
BLOCO	PEÇA	990	2,77	2.742,30
CIMENTO 50 KG	SACO	36	20,00	720,00
CAL CH III 20 KG	SACO	57	8,00	456,00
AREIA	M ³	7,80	57,80	450,84
BRITA	M ³	1,13	87,80	99,21
VERGALHÃO 8 mm	BARRA	2	20,00	40,00
PEDREIRO	PEÇA	0,94	1.348,00	1.267,12
SERVEENTE	MÊS	0,94	808,00	759,52
TOTAL				6.535,00

FONTE : AUTOR

9.4 Alvenaria com tijolos de solo - cimento

As tabelas a seguir referem-se ao consumo e preço dos insumos necessários para as etapas de estrutura e vedação de 1m² de alvenaria com blocos cerâmicos em quilo as armaduras de aço, metro quadrado as fôrmas, metro cúbico de concreto estrutural, metro quadrado de chapisco e também metro quadrado de emboço pode-se, também, conferir a quantidade e o custo de mão-

de-obra necessárias nessas condições e no final o preço total estimado para esta obra conforme projeto em anexo.

Alvenaria de tijolo de solo-cimento, dimensões 6,25x12,5x25 cm , embutido barra aço CA-50 e graute - Unidade : m²

Componentes	Unidade	Consumo	R\$ unitário	R\$ total
tijolo de solo cimento	un	64,00	0,40	25,60
Argamassa AC I	kg	5,00	0,35	1,75
Pedreiro	h	1,66	6,13	10,17
Servente	h	1,66	3,67	6,09
Preço total				43,61

FONTE: TCPO 13º EDIÇÃO, PREÇO CIDADE DE VARGINHA-MG, JAN2014.

Emboço para parede externa com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneira , traço 1:2:6 .e = 20 mm - unidade m²

Componentes	Unidade	Consumo	R\$ unitario	R\$ total
Pedreiro	h	0,82	6,13	5,03
Servente	h	0,66	3,67	2,42
Areia	m ³	0,03	57,80	1,76
Cal	kg	6,08	0,40	2,43
Cimento	kg	6,08	0,40	2,43
Preço total (m ²)				14,08

Fonte: TCPO 13º EDIÇÃO, PREÇO CIDADE DE VARGINHA, MG (JAN 2014)

Concreto graute para parede de alvenaria de bloco de concreto estrutural virado na obra, unidade: m²

Componentes	Unidade	Consumo	R\$ unitario	R\$ total
Betoneira	h/prod	0,31	2,08	0,64
Cal hidratada	kg	38,00	0,40	15,20
pedra brita 0	m ³	0,84	87,80	73,75
Cimento	kg	380,00	0,40	152,00
Areia	m ³	0,87	57,80	50,29
Pedreiro	h	0,92	6,13	5,64
Servente	h	1,05	3,67	3,85
Preço total				301,38

FONTE : TCPO 13º EDIÇÃO, PREÇO CIDADE DE VARGINHA, MG (JAN 2014)

Planilha resumo Alvenaria de Tijolo Solo-cimento

Custo total alvenaria para o sistema de Solo cimento				
Componentes	unidade	Consumo	R\$ unitário	R\$ total
Alvenaria	m ²	76,74	43,61	3346,63
Emboço parede ext.	m ²	53,88	14,08	758,63
Emboço paredes int. (área fria)	m ²	119	14,08	1675,22
Aço	kg	74,50	4,00	298,00
Graute	m ³	1,24	301,78	374,20
Total				6452,98

Fonte: Autor, PREÇO CIDADE DE VARGINHA, MG (JAN 2014).

Memorial descritivo, quantitativo e custo dos insumos e mão de obra tijolo solo-cimento

QUANTITATIVO E CUSTO DA ALVENARIA EXECUTADA COM TIJOLOS DE SOLO CIMENTO 6,25X12,5X25				
MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	R\$ UNITARIO	PREÇO TOTAL
TIJOLO	PEÇA	4912	0,40	1.964,80
CIMENTO 50 KG	SACO	30,5	20,00	610,00
CAL CH III 20 KG	SACO	55,5	8,00	444,00
AREIA	M ³	6,25	57,80	361,25
BRITA	M ³	1,034	87,80	90,85
VERGALHÃO 8 mm	BARRA	10	20,00	200,00
VERGALHÃO 6,3 mm	BARRA	6	12,00	72,00
VERGALHÃO 4,2 mm	BARRA	5	5,20	26,00
ARGAMASSA AC 1 20 KG	SACO	20	7,00	140,00
PEDREIRO	PEÇA	1,18	1.348,00	1.590,64
SERVENTE	MÊS	1,18	808,00	953,44
TOTAL				6.452,98

FONTE : AUTOR

10 ANÁLISE DO RESULTADOS

10.1 Resultados

O mercado oferece opções de tijolos e blocos feitos com diferentes matérias-primas e tamanhos. Divididos em duas categorias – estruturais ou de vedação – eles são, em grande parte, responsáveis pela qualidade da construção e pelos gastos gerados na obra. Por isso, é preciso avaliar a relação custo-benefício. De um lado da balança deve-se colocar o preço e o rendimento do material, do outro, sua qualidade, além disso a facilidade de encontrar o material na região onde vai ser executado o empreendimento é fundamental.

Devido essa facilidade em encontrar o produto, o tijolo cerâmico leva vantagem dentre os demais e é mais difundido. No presente estudo o bloco estrutural foi usado só para análise dos três sistemas, pois não se torna viável para pequenas construções, além disso, não é facilmente encontrado.

Os três sistemas construtivos analisados têm praticamente o mesmo custo com pequenas variações devido arredondamento de cálculos. O solo-cimento e o bloco estrutural tem vantagens ou melhor facilidades na sua execução, por exemplo, não precisamos montar formas para grautear, gerar menos resíduos pois a hidráulica e elétrica são embutidos junto com a construção da alvenaria, evitando o quebra-quebra de paredes.

No tocante a valores que é o nosso objetivo à alvenaria pronta, para a residência de 36m² de área em estudo, o sistema convencional teve um custo final de R\$ 6.366,78, a alvenaria de bloco de concreto estrutural teve um custo final de R\$ 6535,00 e o sistema com solo-cimento, R\$ 6452,98. Desta forma o que economizamos com formas e chapisco, por exemplo, pagamos mais no tijolo que é mais caro.

O solo-cimento só se torna mais barato se desconsiderando reboco externo, onde reduziria para R\$ 5964,35, pois este sistema permite esteticamente o uso como tijolo a vista. E se tornaria mais barato ainda se aborta-se o reboco interno o que reduziria para R\$ 4286,35.

11 CONCLUSÃO

Após a análise comparativa dos três sistemas construtivos através do estudo de produtividade e custo, pode-se afirmar que o sistema construtivo solo-cimento tem preço semelhante com os demais sistemas analisados.

Nas literaturas afirmam que o solo cimento é 30% mais barato que o sistemas construtivos convencionais o que não é verdade ,pois são comparados de maneiras diferentes .

Ele se torna em media 30% mais barato se eliminarmos as etapas de reboco externo e o reboco interno , utilizando apenas rejuntar as fresta entre as peças ,utilizando como tijolo a vista .

Nas mesmo assim indicaria o solo-cimento em construção , principalmente as construções de residências populares, pois devido sua facilidade de construção podemos utilizar inclusive em sistema de mutirão, reduzindo o custo com a mão de obra.

Uma grande vantagem o solo-cimento é que este sistema é menos agressivo para o meio ambiente, pois não utiliza queima, evitando o desmatamento e emissão de poluentes ,outro diferencial é que um dos produtos mais utilizado na sua fabricação, o solo pode ser retirado no mesmo local onde vai ser a construção racionalizando o custo do transporte.

No entanto, foi percebida uma grande barreira por parte da população e alguns construtores. Não há confiança no material ,pois no passado não existia um controle granulométrico do solo prejudicando sua qualidade . De fato, o controle tecnológico dos blocos de solo-cimento é muito difícil: de uma mesma jazida, podem ser tirados inúmeras qualidades de solo, fazendo com que muitas amostras tenham que ser controladas, tornando o mesmo muito custoso e no passado algumas empresas ao lançar o produto não tinha este cuidado.

No meu parecer o uso de materiais que não agridam o meio ambiente deve passar de artigo de luxo para obrigação em todas as classes sociais brasileiras. No entanto, há entraves para a consolidação desse conceito que apenas serão transpostos com programas pedagógicos e culturais e com subsídios governamentais.

Venho através do presente estudo mostra que é possível, sim, dar continuidade ao desenvolvimento acelerado de uma forma sustentável. Possibilitando que o mesmo possa ser desfrutado até muitas gerações futuras.

12 REFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIKO, A.K (1983). **Solo-cimento: tijolos, blocos e paredes monolíticas**. In: Construção São Paulo n.1863. Pini-SP.

ALVES, JOSÉ DAFICO. **Materiais de construção**, 6ª ed. Editora da Universidade de Goiás, Goiânia, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Dosagem das misturas de solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio**. ABCP, São Paulo, SP.,1986, ET-35, 51p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 08491: Tijolo Maciço de solo-cimento**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1984. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR-12024: Solo-Cimento – moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 6136: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2006. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 8798: Tijolo Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1985. 15p.

BARBOSA, J. C.; INO, A.; SHIMBO, I. Indicadores de sustentabilidade na cadeia produtiva de habitação em madeira de reflorestamento. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 8., 2000, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2000. p. 181-188.

BLANCO-VARELA, M.T., PALOMO, A., PUERTAS, F., VÁZQUES, T., (1997). **CaF₂ and CaSO₄ in White Cement Clinker Production**. *Advances in Cement Research*, vol. 9.

BAUER, L A Falcão. **Materiais de construção**. 5ª edição. Rio de Janeiro: RJ. LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1994. 935p.

CARNEIRO, A.P.; BRUM, I.A.S. & CASSA, J.C.S. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção**. EDUFBA; Caixa Econômica Federal, Salvador. 2001.

CASANOVA, Francisco José. **Tijolos Solo-cimento com resíduos de construção**. Artigo. Revista Techne . 1988

CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (CEPED). **Manual prático de construção com solo-cimento**. Camaçari. BNH / CEPED. 1978. 60

CEPED – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento. **Manual de construção com solo-cimento**. São Paulo: ABCP, 1984.

CIB. **Working with the performance approach in building**. Rotterdam, Netherlands: CIB, 1982. 30p. Report Publication 64.

COCH, H. et al. An application of a method for analyzing the environmental impact of construction elements. In: **International Conference on Passive and Low Energy Architecture – PLEA: Environmentally Friendly Cities**, 1998, Lisbon. Proceedings... Lisbon, Portugal: James & James Science Publishers, Jun. 1998. p. 513–516.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO-ABCP. **Sistemas construtivos: Alvenaria Estrutural**. Disponível em <http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/1/materiais/qualidade/9/materiais.html#bloco-concreto> acesso em: 21 de outubro de 2011.

CONCIANI, W. **Geotechnical use of a mini tomography**. In: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON UNSATURATED SOIL/UNSAT 2002. Paris, França. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 2002, p. 447-452.

CONSOLI, F., ALLEN, D.; BOUSTEAD, L.; FAVA, J., FRANKLIN, W., QUAY, B., PARRISH, R., PERRIMAN, R., POSTLEWHAITE, D.; SEGUIN, J. VIGON, B. **Guidelines for life-cycle assessment: a code of practice**. Society of Environmental Toxicology and Chemistry.

Workshop Report. Portugal, 1993.

ECONOMIA UOL. **Acompanhe os principais fatos da crise financeira mundial**, 10 de outubro de 2008. Disponível em <<http://economia.uol.com.br/ultnot/2008/10/10/ult4294u1723.jhtm>> acesso em: 03 de novembro de 2011.

ENTEICHE, A.A. **Suelo-cemento, su aplicacion em la edificacion**. Bogotá. CINVA. 1963.

FREIRE, WESLEY JORGE; BERALDO, ANTÔNIO LUDOVICO. **Tecnologias alternativas de construção**. Editora da Unicamp, Campinas, 2003.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 102f. Tese (Livre Docência em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo.

MERCADO, M.C. **Solo-cimento: alguns aspectos referentes à sua produção e utilização em estudo de caso**. São Paulo. Dissertação (Mestrado) – FAU USP. 1990. 61

NEVES, C. M. M (1989). Tijolos de solo-cimento. IN: DEZ ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA HABITAÇÃO. Brasília. Anais. MINTER/PNUD. p. 141-166.

RIBEIRO, Flávio de Miranda. Inventário de ciclo de vida da geração hidrelétrica no Brasil- Usina de Itaipu: primeira aproximação. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, 2003.

ROCHA, A.F. **Estudo experimental sobre misturas de solo-cimento para a região de Campo Novo dos Parecis, MT**. Dissertação de Mestrado. EESC USP, São Carlos. 1996. 103

Secretaria de Imprensa e Comunicação Social. **Minha Casa Minha Vida 2 tem novas regras e prioriza população de baixa renda**. Disponível em <<http://blog.planalto.gov.br>> Acesso em 25 de outubro de 2011.

SEGANTINI, ANTONIO ANDERSON DA SILVA; ALCÂNTARA, MARCO ANTONIO DE MORAIS. IBRACON. **Materiais de Construção Civil**. Ed. G.C. Isaías. São Paulo. 2007. 2v.

SINDUSCON-LAGOS - Sindicato Intermunicipal das Indústrias da Construção Civil da Região dos Lagos Sul Mineiros (Sinduscon Lagos). **Tabela de Salários na Construção Civil**. Disponível em<<http://www.sinduscon-mg.org.br/index.php/sindusconsmineiros>>.

SILVA, MOEMA RIBAS. **Materiais de Construção**. Ed. Pini, São Paulo, 1985.

SISTEMAS CONSTRUTIVOS BRICKA. **Alvenaria Estrutural Manual Tecnologia**, 2003. Disponível em <<http://www.bricka.com.br/downloads/alv-tec.pdf>> acesso em: 21 de outubro de 2011.

SOUZA, U.E.L.(1998) Produtividade e custos dos sistemas de vedação vertical. Tecnologia e gestão na produção de edifícios: vedações verticais. PCC-EPUSP, São Paulo, pp. 237-48.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil**. Dissertação (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.

SPERB, M. **Avaliação de tipologias habitacionais a partir da caracterização de impactos ambientais relacionados a materiais de construção**. 2000. 146f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO). São Paulo, 2013. 13ª Edição. Editora PINI.

TAVEIRA, Eduardo Salmar Nogueira e. **Construir, morar, habitar: o solo-cimento no campo e na cidade**. São Paulo: Ícone, 1987. 120 p.: il.

UCHIMURA, M. S., **Dossiê Técnico – Solo-cimento**. Instituto de Tecnologia do Paraná (TECPAR), 2006.

VERÇOSA, Enio José. **Materiais de construção**. Porto Alegre: PUC.EMMA.

APOSTILA BLOCO ESTRUTURAL ,Antonio de Faria , Curso de engenharia civil UNIS-MG

ANEXO I : PLANTA BAIXA RESIDENCIA

