

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ROBERTO FERREIRA COELHO JUNIOR

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE BLOCOS
SOLO-CIMENTO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO
2014

ROBERTO FERREIRA COELHO JUNIOR

**ESTUDO DE VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE BLOCOS
SOLO-CIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I, do Curso Superior em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientadora: Profa. Dra. Fabiana Goia Rosa de Oliveira

CAMPO MOURÃO
2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação de Engenharia Civil



TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso Nº 49

ESTUDO DE VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE BLOCOS SOLO-CIMENTO

por

Roberto Ferreira Coelho Junior

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 21:00 do dia 17 de fevereiro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dr^a. Fabiana Goia Rosa de Oliveira

(UTFPR)

Orientadora

**Prof. Me. Adalberto Luiz Rodrigues de
Oliveira**

(UTFPR)

Prof. Esp. Sérgio Roberto O. Q. Braga

(UTFPR)

Responsável pelo TCC: **Prof. Msc. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil:

Prof^a Dr. Marcelo Guelbert

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedico este trabalho em memória de meu avô, Luiz Travizan, mestre de obra, que faleceu de câncer no dia 24 de outubro de 2013.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me abençoar e me dar forças para superar os obstáculos e alcançar essa conquista.

Agradeço aos meus familiares, principalmente aos meus pais Roberto Ferreira Coelho e Vanderléia Travizan por todas as palavras de carinho nos momentos difíceis, por toda confiança deposita em um ideal, por todo incentivo em momentos de tropeço, enfim por todo apoio moral e financeiro sem os quais não seria capaz de alcançar essa vitória. Agradeço a minha irmã Camila Travizan Coelho e ao meu irmão Rodrigo Ferreira Coelho, que sempre me motivaram.

Agradeço aos amigos que dividiram comigo momentos de estudo dedicação e persistência, que nos levaram muitas vezes a perder noites de sono, por estarem presentes nas boas e nas más ocasiões, e um obrigado em especial a Diogo Pereira, Felipe Lerco, Lívia Fernanda Silva e Mariana do Nascimento, vocês fizeram a diferença e tornaram essa fase da minha vida ainda mais inesquecível.

E por último, mas não menos importante, agradeço a Profa. Dra. Fabiana Goia Rosa de Oliveira que me guiou na elaboração deste projeto e a todos os mestres que através do dom de ensinar me passaram todo conhecimento necessário para alcançar este título de Engenheiro Civil.

COELHO, Roberto F. J. **Estudo de viabilidade da utilização de blocos solo-cimento**. 2014. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

RESUMO

A construção civil vem crescendo desenfreadamente nos últimos anos e com ela todos os benefícios e malefícios de suas obras, é verdade que a construção é sinal de desenvolvimento e melhorias, entretanto faz se necessário um estudo paralelo a essas obras já que o custo que envolve esse desenvolvimento é significativo, a construção civil é responsável pelo consumo de grande parte dos recursos naturais do planeta, dentre esses pode-se citar a argila, matéria prima de telhas e blocos cerâmicos, a fim de minimizar a extração desses recursos é necessário buscar novos materiais e técnicas construtivas como por exemplo os blocos solo-cimento, esses substituem os blocos cerâmicos na elevação de alvenarias, o mesmo leva em maior proporção para sua fabricação o solo, matéria prima de grande abundância, além de não ser necessário a queima que ocorre com os blocos cerâmicos. Logo o objetivo geral do projeto é realizar um estudo geral de viabilidade da utilização de blocos solo-cimento produzidos por prensa hidráulica. Para se concretizar este estudo foram realizados ensaios de resistência à compressão simples, de absorção de água e de caracterização do solo utilizado, como limite de liquidez, limite de plasticidade e granulometria por peneiramento, também foram analisados a aparência dos blocos, quanto à cor, arestas e textura, o custo e a produtividade que envolve sua execução. Os resultados foram todos adequados, os valores de resistência à compressão simples ficaram acima dos mínimos sugeridos pela norma técnica, os de absorção de água abaixo dos máximos sugeridos pela mesma, o solo utilizado foi classificado com um comportamento bom a excelente e quanto ao custo e produtividade pode-se afirmar que a utilização dos blocos solo-cimento é vantajosa. Logo com os estudos e ensaios realizados é possível afirmar que a utilização da técnica construtiva que envolve os blocos solo-cimento é mais eficiente em relação à produtividade, é segura, sustentável e economicamente viável.

Palavras-chave: Resistência à compressão simples. Absorção de água. Aparência. Custo. Produtividade.

COELHO, Roberto F. J. **Feasibility study on the use of soil-cement blocks.** 2014. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

ABSTRACT

The construction industry has been growing rampantly in recent years and with it all the benefits and detriments of his works, it is true that the construction is a sign of development and improvement, however it does need a parallel study to such works as the cost involved in this development is significant, the construction industry is responsible for the consumption of most of the planet's natural resources, among these may be mentioned the clay raw material of ceramic tiles and blocks in order to minimize the extraction of these resources is necessary to search for new materials and constructive techniques such as soil-cement blocks, these blocks replace the elevation of ceramic walls, it takes a greater proportion of its manufacturing soil, abundance of raw material, and firing is not necessary that occurs with ceramic blocks. Soon the general objective of the project is to conduct a general study of the feasibility of using soil-cement blocks produced by hydraulic press. To achieve this study tests compressive strength, water absorption and soil characterization used as liquid limit, plastic limit and particle size by sieving it was analyzed the appearance of the blocks, It was also analyzed for color , edges and texture , cost and productivity that involves its implementation. The results were all adequate, the values of compressive strength were above the minimum suggested by the technical standard, the water absorption was below the maximum suggested by it, the soil was rated good to excellent behavior and about the cost and productivity can be stated that the use of soil-cement blocks is advantageous. According to the studies and trials it can be said that the use of construction techniques involving soil-cement blocks is more efficient in relation to productivity, is safe, sustainable and economically viable.

Palavras-chave: Resistance to compression. Water absorption. Appearance. Cost. Productivity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de blocos/tijolos de solo-cimento	20
Figura 2 – Prensa Manual CINVA-RAM	23
Figura 3 – Prensa Manual Sahara 12,5x25	23
Figura 4 – Prensa Hidráulica Ecopremium	23
Figura 5 – Prensa Hidro-Pneumática Sahara	23
Figura 6 – Fluxograma do processo de fabricação de blocos solo-cimento	25
Figura 7 – Descarga do solo escolhido na pista	28
Figura 8 – Espalhamneto do solo na pista	28
Figura 9 – Adição e espalhamento do cimento	28
Figura 10 – Mistura do solo e cimento seca	28
Figura 11 – Adição de água à mistura	28
Figura 12 – Mistura do solo e cimento úmida	28
Figura 13 – Compactação da mistura úmida com rolo pé-de-carneiro	29
Figura 14 – Regularização final com motoniveladora	29
Figura 15 – Compactação final com rolo pneumático liso	29
Figura 16 – Pintura asfáltica para cura da base solo-cimento	29
Figura 17 – Distribuição do solo-cimento usinado	29
Figura 18 – Compactação do solo-cimento usinado	29
Figura 19 – Regularização da camada solo-cimento com motoniveladora	30
Figura 20 – Acabamento com rolo pneumático, liso, bamboleante	30
Figura 21 – Solo-cimento imprimado	30
Figura 22 – Montagem da forma	31
Figura 23 – Soquete de compactação e execução de ranhuras	32
Figura 24 – Fachada	32
Figura 25 – Blocos cerâmicos com furos na horizontal e vertical	34
Figura 26 – Modelos de blocos de concreto	38
Figura 27 – Planta baixa casa popular de 33 m ²	41
Figura 28 – Estufa	44
Figura 29 – Balança Balmak ELP-10	44
Figura 30 – Cápsula de porcelana e espátula flexível	44
Figura 31 – Aparelho de casa grande e Cinzel	44
Figura 32 – Gabarito cilíndrico e Placa de superfície esmerilhada	45
Figura 33 – Balança BL3200H	45

Figura 34 – Placa cerâmica e Desmoldante.....	45
Figura 35 – Bloco solo-cimento.....	45
Figura 36 – Prensa hidráulica EMIC.....	45
Figura 37 – Tanque de imersão de água.....	45
Figura 38 – Calibração da altura de queda.....	47
Figura 39 – Preparação da amostra de solo.....	47
Figura 40 – Aspecto da ranhura em planta e em corte.....	48
Figura 41 – Realização do ensaio de limite de plasticidade.....	50
Figura 42 – Realização do ensaio de granulometria por peneiramento.....	52
Figura 43 – Capeamento do bloco solo-cimento.....	52
Figura 44 – Ensaio de resistência à compressão simples.....	53
Figura 45 – Ensaio de absorção de água.....	54
Figura 46 – Gráfico do limite de liquidez.....	57
Figura 47 – Aspecto final do ensaio de limite de plasticidade.....	57
Figura 48 – Curva granulométrica.....	58
Figura 49 – Rompimento do bloco solo-cimento.....	59
Figura 50 – Resultados de resistência à compressão simples.....	60
Figura 51 – Resultados de absorção de água.....	62
Figura 52 – Aparência dos blocos solo-cimento.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela para classificação de solos HRB	15
Tabela 2 – Faixas aproximadas dos principais componentes de uma amostra de cimento.....	17
Tabela 3 – Variação da resistência à compressão com teor de cimento	19
Tabela 4 – Variação de resistência à compressão e absorção de água	19
Tabela 5 – Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação	34
Tabela 6 – Tipos e dimensões de blocos de concreto	39
Tabela 7 – Quantidade de amostra para análise granulométrica.....	51
Tabela 8 – Resultados de limite de liquidez	56
Tabela 9 – Resultados de limite de plasticidade	58
Tabela 10 – Resultados de resistência à compressão simples.....	60
Tabela 11 – Resultados do ensaio de absorção de água	61
Tabela 12 – Custo por metro quadrado de alvenaria de blocos solo-cimento 6,25x12,5x25 cm, embutido, com barra de aço 5/16”, executadas até 1,60 m de altura	63
Tabela 13 – Custo por metro quadrado de alvenaria de blocos solo-cimento (6,25x12,5x25cm), embutido, com barra de aço 5/16”, executada com andaime	63
Tabela 14 – Custo total da obra realizada com alvenaria de blocos solo-cimento	64
Tabela 15 – Produtividade do sistema de alvenaria de blocos solo-cimento	64
Tabela 16 – custo por metro quadrado de alvenaria com blocos cerâmicos (14x19x39cm), com juntas de 12 mm de argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar, traço 1:2:8, espessura de 14cm	65
Tabela 17 – Custo total da alvenaria realizada com blocos cerâmicos	65
Tabela 18 – Produtividade pelo método da alvenaria com blocos cerâmicos	66

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3 JUSTIFICATIVA	14
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4.1 SOLO	15
4.2 CIMENTO.....	17
4.3 SOLO-CIMENTO.....	18
4.3.1 BLOCOS SOLO-CIMENTO.....	20
4.3.1.1 TIPOS DE BLOCOS SOLO-CIMENTO	20
4.3.1.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DOS BLOCOS SOLO-CIMENTO.....	21
4.3.1.2.1 PREPARAÇÃO DO SOLO	21
4.3.1.2.2 DOSAGEM E MISTURA DO SOLO E CIMENTO	21
4.3.1.2.3 ADIÇÃO DE ÁGUA E VERIFICAÇÃO DA UMIDADE.....	22
4.3.1.2.4 COMPACTAÇÃO DA MISTURA	22
4.3.1.2.5 CURA	23
4.3.1.3 VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DOS BLOCOS SOLO-CIMENTO	25
4.3.1.4 PROBLEMÁTICAS DOS BLOCOS SOLO-CIMENTO.....	26
4.3.2 DEMAIS APLICAÇÕES DO SOLO-CIMENTO.....	26
4.3.2.1 BASE OU SUB-BASE DE PAVIMENTOS.....	26
4.3.2.2 PAREDES MONOLÍTICAS.....	30
4.4 BLOCOS CONVENCIONAIS DE VEDAÇÃO	32
4.4.1 BLOCOS CERÂMICOS.....	33
4.4.1.1 TIPOS DE BLOCOS CERÂMICOS	33
4.4.1.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS.....	35
4.4.1.3 TÉCNICA CONSTRUTIVA DOS BLOCOS CERÂMICOS.....	35
4.4.1.4 PROBLEMÁTICAS DA UTILIZAÇÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS.....	37
4.4.2 BLOCOS DE CONCRETO	37
4.4.2.1 TIPOS DE BLOCOS DE CONCRETO	38
4.4.2.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO.....	39
4.4.2.3 TÉCNICA CONSTRUTIVA DOS BLOCOS DE CONCRETO.....	40
4.4.2.4 PROBLEMÁTICAS DA UTILIZAÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO	40
4.5 ESTUDO DA VIABILIDADE EM RELAÇÃO AO CUSTO E PRODUTIVIDADE...	41

5 METODOLOGIA	43
5.1 MATERIAIS	43
5.2 MÉTODO.....	46
5.2.1 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	46
5.2.1.1 LIMITE DE LIQUIDEZ	46
5.2.1.2 LIMITE DE PLASTICIDADE	49
5.2.1.3 GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO.....	50
5.2.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES	52
5.2.3 ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	53
5.2.4 VERIFICAÇÃO DA APARÊNCIA	54
5.2.5 ESTUDO DE VIABILIDADE EM RELAÇÃO AO CUSTO E PRODUTIVIDADE.....	55
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	56
6.1 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	56
6.1.1 LIMITE DE LIQUIDEZ	56
6.1.2 LIMITE DE PLASTICIDADE	57
6.1.3 GRANULOMETRIA POR PENEIRAMENTO.....	58
6.1.4 CLASSIFICAÇÃO DO SOLO	59
6.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES	59
6.3 ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	61
6.4 VERIFICAÇÃO DA APARÊNCIA	62
6.5 ESTUDO DE VIABILIDADE EM RELAÇÃO AO CUSTO E A PRODUTIVIDADE.....	63
7 CONCLUSÕES.....	68
8 REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma das mais importantes da economia nacional, e continuará sendo por muito tempo devido ao grande déficit habitacional. No entanto, mesmo com o grande potencial do setor, ainda é visível o atraso da técnica construtiva e dos problemas causados por ela (MIELI, 2009).

Esta indústria é caracterizada predominantemente pela utilização da técnica construtiva com alvenarias de blocos cerâmicos, sendo esta responsável por grande parte dos desperdícios de materiais do setor. Este desperdício gera um elevado consumo de materiais na construção civil, e segundo Silva (2013), este consumo está diretamente relacionado com os problemas ambientais causados pelo mesmo.

Ainda segundo a autora, para superar estes problemas ambientais faz se necessário a busca de novos materiais e técnicas construtivas visando uma boa relação entre baixo custo, qualidade e segurança estrutural, redução de desperdícios e uma maior eficiência construtiva e energética.

Os blocos de solo-cimento, por exemplo, são materiais fabricados a partir da compactação da mistura do solo, matéria-prima abundante, e cimento seguido da hidratação, resultando em um material resistente, durável e de baixa agressividade ambiental que podem facilmente atender as necessidades para solucionar o problema em questão.

Grande (2003) descreve outras vantagens da utilização deste material para a construção civil como, disponibilidade de abastecimento, funcionalidade de seus equipamentos, permitindo uma operação direta no canteiro de obras independentemente da sua localidade, facilidade no manuseio devido aos encaixes que agilizam a execução da alvenaria e economia de transporte quando produzido no próprio canteiro.

Deste modo, o objetivo deste trabalho é a comparação da implantação da técnica construtiva com blocos solo-cimento, como alternativa ao sistema construtivo convencional que utiliza blocos cerâmicos ou blocos de concreto. Esta comparação será realizada através do estudo das propriedades, do custo e da produtividade da execução.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo geral de viabilidade da utilização de blocos de vedação de solo e cimento produzidos por prensa hidráulica.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a aparência dos blocos, em relação à cor, arestas e textura.
- Analisar a absorção de água e a resistência à compressão dos blocos.
- Realizar a caracterização do solo utilizado na fabricação dos blocos solo-cimento.
- Estudar a viabilidade do custo da utilização do bloco de solo-cimento em relação ao bloco cerâmico.
- Comparar a produtividade de execução da alvenaria de solo-cimento com a alvenaria de blocos cerâmicos.

3 JUSTIFICATIVA

O bloco cerâmico é um dos elementos mais antigos e utilizados até hoje para as mais diversas habitações, há relatos de sua utilização desde 4000 A.C, sua produção tem como matéria prima a argila que pode ou não receber aditivos, e apresenta uma coloração avermelhada, no processo de fabricação ocorre a queima em elevadas temperaturas (BARBOSA et al, 2011, p. 01). Logo para a fabricação dos blocos cerâmicos faz se necessário à extração da argila e a queima dos blocos, duas atividades com potencial para impactos ambiental.

No Brasil a argila destaca-se como a 3ª maior produção da mineração, posicionando-se abaixo da produção de agregados, 542 Mt (areia 294 Mt e 248 Mt) e minério de ferro 380 Mt. A partir da produção estimada de 88 bilhões de peças cerâmicas, em 2011, considerando a massa média de 2,0 kg/peça, pode-se estimar a utilização de aproximadamente 180 Mt de argila. (Ministério de Minas e Energia - MME, 2012, p.31).

“Sabe-se que a Construção Civil é responsável pelo consumo de aproximadamente 30% de todos os recursos naturais extraídos no planeta” (TRIGUEIRO, 2005, p.269), portanto confirma se a importância do estudo em questão, já que este ocasiona uma redução da extração dos recursos naturais.

Nos últimos anos fala-se muito sobre sustentabilidade, consciência ambiental e os efeitos negativos que as atividades antrópicas causam as áreas naturais, e a construção civil está entrando nesta era sustentável e um dos produtos prova disso é o bloco solo-cimento. Logo será realizado um estudo da fabricação de blocos de vedação a partir de solo e cimento, a fim de analisar as propriedades adquiridas, já que sua utilização diminuirá a extração de recursos naturais e assim minimizará os impactos que a mesma causa.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Solo

O solo é um material resultante da decomposição das rochas pela ação de agentes de intemperismo. O mesmo pode ser classificado segundo HRB (*Highway Research Board*), e para tal classificação faz-se necessário a realização de ensaios de granulometria por peneiramento, limite de liquidez e limite de plasticidade, além da obtenção do valor IG, um número inteiro que varia de 0 a 20 e indica a capacidade de suporte do solo, onde 0 significa um excelente material e 20 um péssimo material (GRECO, 2004).

Tabela 1 – Tabela para classificação de solos HRB

Classificação Geral	Materiais Granulares (35% ou menos passando pela peneira nº200)							Materiais Siltosos e Argilosos (+ de 35% passando pela #200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupos	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
% passante nas peneiras												
2,00 mm	50máx											
0,42 mm	30máx	50máx	51mín									
0,074 mm	15máx	25máx	10máx	35máx	35máx	35máx	35máx	36mín	36mín	36mín	36mín	
Características da fração passante na peneira 0,42mm												
Limite de liquidez(%)	-	-	-	40máx	41mín	40máx	41mín	40máx	41mín	40máx	41mín	
Limite de Plasticidade(%)	6máx	6máx	NP	10máx	10máx	11mín	11mín	10máx	10máx	11máx	11mín	
Índice de Grupo (IG)	0	0	0	0	0	< 4	< 4	< 8	< 12	< 16	< 20	
Materiais predominantes	Pedra britada, pedregulho e areia		Areia fina	Areia e areia siltosa ou argilosa				Solos siltosos		Solos argilosos		
Comportamento geral	Excelente a bom						Regular a mau					

Fonte: Adaptado de GRECO (2004).

A utilização do solo como material na construção deve ser realizado com todo critério já que as propriedades do mesmo são muito complexas e heterogêneas, os conceitos que controlam a estabilização do solo, por exemplo, irão levar a um produto final com melhor estabilidade dimensional, aumento de resistência mecânica, controle de fissuração por retração por secagem, diminuição da permeabilidade e aumento da durabilidade (MIELI, 2009).

Ainda segundo a autora, a estabilização do solo pode ser feita de três maneiras distintas, estabilização mecânica, física ou química. A estabilização mecânica se baseia na compactação do solo por ação de uma força, elevando assim a densidade, a resistência mecânica, a compressibilidade, a permeabilidade e a porosidade. Já a estabilização física depende da mistura de granulometrias causando um melhor empacotamento dos grãos. Por outro lado a estabilização química ocorre com a adição de outros materiais ao solo, como o cimento, por exemplo, alterando suas propriedades por reações físico-químicas entre os grãos e o material adicionado.

Senço (2001) estudou a aplicação do solo para base e sub-base de pavimentos, e segundo o mesmo o melhor solo para a esta aplicação é o arenoso, e que atenda as seguintes condições:

- Ter no máximo 50% de silte + argila;
- Ter menos de 20% de argila;
- Não conter porcentagens significantes de impurezas e matéria orgânica;
- Limite de liquidez menor que 40%;
- Índice de plasticidade menor que 18%;
- Índice de grupo menor ou igual a 6;
- Quanto a classificação do solo segundo HRB:
 - A-2-4, A-1-a, A-1-b, e A-3 (todos);
 - A-4 com p menor ou igual a 50%;
 - A-2-6 com IP menor ou igual a 18%;
 - A-6 com p menor ou igual a 50% e IP menor ou igual a 18%;

4.2 Cimento

O cimento Portland foi criado por um construtor inglês chamado Joseph Aspdin, que registrou sua patente em 1824. Naquela época, as construções eram elaboradas por pedras de Portland, uma ilha ao sul do país, e como o resultado da criação de Joseph se assemelhava aquela pedra, ele utilizou o nome em sua patente, e assim nasceu o cimento Portland (ABCP, 2002).

O cimento Portland pode ser definido como um pó fino com propriedades aglomerantes que quando reage com água endurece, após este endurecimento mesmo que novamente posto em contato com a água, este não se decompõe. Tecnicamente pode ser apresentado como aglomerante hidráulico e este é em geral produzido pelo clínquer moído com adição de gesso e demais componentes que definem seu tipo, que pode ser CP-I, CP-II E, CP-II Z, CP-II F, CP-III, CP-IV e CP-V ARI (MIELI, 2009).

Tabela 2 – Faixas aproximadas dos principais componentes de uma amostra de cimento.

Componente	Fórmula Química	Fórmula Usual	Proporção (%)
Silicato tricálcio	$(\text{CaO})_3\text{SiO}_2$	C ₃ S	45 a 75
Silicato dicálcio	$(\text{CaO})_2\text{SiO}_2$	C ₂ S	7 a 35
Aluminato tricálcio	$(\text{CaO})_3\text{Al}_2\text{O}_3$	C ₃ A	0 a 13
Ferroaluminato tetracálcio	$(\text{CaO})_4\text{Al}_2\text{O}_3\text{Fe}_2\text{O}_3$	C ₄ AF	1 a 18

Fonte: MIELI (2009).

Ainda segundo a autora, as propriedades dos principais componentes do cimento em relação a hidratação são:

- C₃S: responsável pelo desenvolvimento da resistência do 3º ao 28º dia, e propicia alto desprendimento de calor.
- C₂S: responsável pelo desenvolvimento da resistência após o 28º dia e propicia uma baixa liberação de calor.
- C₃A: reage nos primeiros minutos promovendo um elevado calor de hidratação, propicia pouco desenvolvimento de resistência e forte retração.
- C₄AF: pequeno e lento desenvolvimento da resistência mecânica e propicia boa resistência ao ataque de sulfatos.

4.3 Solo-Cimento

A aceitação do solo-cimento depende de estudos, seja nos trabalhos preliminares elaborados nos laboratórios, seja na prática de execução elaborada no próprio campo. Os principais estudos a serem realizados no solo-cimento são o teor de cimento da mistura, teor de umidade ótima antes da compactação, e o tipo de solo utilizado, já que este entra em maior proporção. A dosagem de solo-cimento em geral pode ser determinada pelo Método Simplificado, recomendado para solos arenosos, esse utiliza tabelas e ábacos resultantes de experiências adquiridas com esse tipo de solo (SENÇO, 2001).

Ainda segundo o autor, dos materiais que entram na dosagem do solo-cimento, o que apresenta maior necessidade de controle, por ser mais heterogêneo, é o solo, ou seja, para o cimento e a água pode ser aplicado um controle mais simples. O cimento utilizado é o cimento Portland comum CPC, sendo possível também a utilização do cimento Portland de Alto-Forno-EB-208 ou o cimento Portland Pozolânico-P-EB-758. Já a água não deve conter teores nocivos de sais, ácidos, álcalis ou matéria orgânica, em termos quantitativos recomenda-se no máximo 30 g/L de sais em solução, 5 g/L de matéria orgânica e substâncias em suspensão até 0,2%, expresso em SO_3 , da soma de sulfatos existentes na água e no solo. Na falta de disponibilidade de água doce, pode-se cogitar a utilização da água do mar, sendo que esta será benéfica na neutralização da matéria orgânica existente no solo.

Estudos realizados por Senço (2001) mostram a resistência de corpos de prova de solo-cimento com variados tipos de solo e teores de cimento distintos, sendo os resultados apresentados na tabela 3. Analisando-se os mesmos, pode-se notar que a maior resistência adquirida foi com a corpo de prova elaborado com areia de granulometria uniforme e com teor de cimento de 13% (5,88 MPa), por outro lado, o pior resultado foi encontrado no corpo de prova com seixo mal graduado e com 7% de cimento (1,1 MPa).

Tabela 3 – Variação da resistência à compressão com teor de cimento

Solo	Teor de cimento (%)	Resistência à compressão aos 7 dias (MPa)	Densidade seca (g/cm ³)	Teor de água (%)
Argila siltosa	7	2,40	1,78	16
	10	2,74	1,78	
	13	3,09	1,78	
Argila arenoso	7	1,78	1,87	14
	10	2,62	1,89	
	13	3,64	1,89	
Areia argilosa	7	1,65	1,78	12
	10	1,94	1,82	
	13	2,69	1,84	
Areia de granulometria uniforme	7	1,44	1,78	10
	10	2,81	1,84	
	13	5,88	1,89	
Seixo mal graduado	7	1,10	1,99	10
	10	2,47	2,01	
	13	3,84	2,04	

Fonte: Adaptado de SENÇO (2001).

Mieli (2009) analisa resultados da variação da resistência à compressão simples e de absorção de água de estudos realizados por Ferreira (2003), através de solos arenosos e argilosos, com diferentes teores de cimento e tempo de cura é avaliada a variação dos resultados, sendo esses apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Variação de resistência à compressão e absorção de água

Tratamentos	Corpos-de-prova				Tijolos			
	Resistência (MPa)			Absorção (%)	Resistência (MPa)			Absorção (%)
	7 dias	28 dias	56 dias	7 dias	7 dias	28 dias	56 dias	7 dias
Aren +6% cim	0,73	1,31	2,04	10,70	0,77	0,83	0,72	11,86
Aren +10%cim	2,09	2,74	4,50	11,00	1,39	1,84	1,83	11,53
Arg + 6% cim	0,30	0,44	0,67	27,00	0,50	0,39	0,37	26,09
Arg +10%cim	0,67	1,07	1,10	27,80	1,01	0,67	0,60	25,21

Fonte: FERREIRA apud MIELI (2009).

4.3.1 Blocos Solo-Cimento

O bloco de solo-cimento é um produto resultante da mistura de solo, cimento Portland e água, que após a compactação na umidade ótima adquire a sua resistência através das reações da hidratação do cimento. Os principais fatores responsáveis pelas propriedades dos blocos de solo-cimento são o tipo de solo, teor de cimento, teor de umidade, compactação e homogeneidade da mistura, além da idade e tempo de cura da mistura. A aplicação dos blocos no Brasil começou a partir de 1936, por meio da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), e a primeira edificação realizada com blocos solo-cimento foi uma casa de bombas com 42 m², utilizada para abastecer a obra do aeroporto de Santarém-PA, em 1945 (SEGANTINI, ALCÂNTARA, 2007).

Segundo Grande (2003) a eficiência desses materiais é comprovada pelo fato de existirem construções de vários séculos atrás realizadas com materiais derivados do solo, desde a fundação até as estruturas em paredes portantes, que resistem até hoje às intempéries mantendo sua estabilidade estrutural.

4.3.1.1 Tipos de Blocos Solo-Cimento

Pode se encontrar no mercado diversos tipos de blocos e para as mais variadas utilidades como, bloco modular, bloco canaleta, meio bloco, tijolo maciço, tijolo tátil e tijolo liso, todos apresentados abaixo respectivamente na figura 1.



Figura 1 - Tipos de blocos/tijolos de solo-cimento

Fonte: ECOSUL (2012).

4.3.1.2 Processo de Fabricação dos Blocos Solo-Cimento

A fabricação dos blocos de solo-cimento como dito anteriormente envolve solo, cimento Portland e água. E esse processo pode ser dividido em 5 etapas, sendo essas preparação do solo, dosagem e mistura do solo e cimento, adição de água e verificação da umidade ótima, compactação e cura.

4.3.1.2.1 Preparação do solo

O solo é o material que entra em maior proporção na mistura, e deve ser selecionado de modo que proporcione uma economia no consumo de cimento, e também é o material que exige uma maior preparação, este é buscado nas jazidas e depositado em locais de baixa umidade, a preparação consiste em desagregar os torrões, peneirar e remover o material retido na peneira 4,8mm, na fase de peneiração o solo é passado 100% na peneira de 4,8mm em seguida de 10 a 50% deste é passado pela peneira 0,075mm (FUNTAC, 1999).

De acordo com BLÜCHER apud GRANDE (2003) o solo é o material que exerce maior influência no produto final solo-cimento, além do método de mistura e compactação, o mesmo ressalta que se o solo utilizado for inadequado o resultado final será insatisfatório.

4.3.1.2.2 Dosagem e Mistura do Solo e Cimento

Com o solo preparado faz-se a mistura com o cimento, esta deve ser trabalhada até que atinja sua completa homogeneidade, que ocorre quando adquirir uma coloração uniforme (FUNTAC, 1999).

Autores como CERATTI et al. (1983), MOURA (1987), PARENTE (2002), ROCHA (1996) e SILVA (1991), após realizarem diversas sequências de ensaios, com diversos tipos de solos, concordam que o aumento do teor de

cimento resulta em aumento da resistência à compressão e, conseqüentemente, da durabilidade, independente do tipo de solo. Porém, INGLES & METCALF (1972), PITTA (1982) e SABBAG (1980) alertam que se o teor de cimento for muito elevado e as condições de cura forem inadequadas, é provável que ocorram fissuras no material causadas pela retração por secagem. (GRANDE, 2003, p.29).

4.3.1.2.3 Adição de Água e Verificação da Umidade

O próximo passo é a adição de água, devendo esta ser feita em forma de chuva para garantir uma boa distribuição sobre a mistura, até que essa esteja na umidade ideal. A verificação da umidade é feita com razoável precisão, com um punhado da mistura já úmida na palma da mão, pressiona-se energeticamente, ao abri-la a marca dos dedos devem estar visíveis na mistura, se caso não estiver deve-se adicionar mais água, esse é o processo para determinar o teor de umidade mínima (FUNTAC, 1999).

Ainda segundo a cartilha, para se determinar o teor máximo de umidade outra verificação é realizada, o mesmo punhado da mistura que foi pressionada na palma da mão é deixada em queda livre a 1,00 m de altura, e ao se chocar com o solo o mesmo deve se esfarelar sobre o chão, se isto não ocorrer a mistura está com umidade muito elevada.

4.3.1.2.4 Compactação da mistura

A massa pronta é encaminhada do misturador até a prensa, que pode ser manual ou hidráulica, onde o bloco toma sua forma. Segundo SILVA (2013) podem ser encontrados no mercado diversos tipos de prensa, desde as mais simples em caixas de madeira para prensa manual, até as mais modernas prensas hidráulicas. A capacidade de fabricação dessas prensas varia de 500 a 3500 blocos/dia e algumas podem ser verificadas nas figuras a seguir.



Figura 2 - Prensa Manual CINVA-RAM
 Fonte: Barbosa, Mattone, Mesbah (2002).



Figura 3 - Prensa Manual Sahara 12,5x25
 Fonte: Sahara (2013)



Figura 4 – Prensa Hidro-Pneumática
 Fonte: Eco Máquinas (2013).



Figura 5 – Prensa Hidro-Pneumática Sahara
 Fonte: Sahara (2013).

4.3.1.2.5 Cura

Em seguida os blocos são levados para armazenagem onde durante 7 dias de duas em duas horas os mesmos são molhados por regadores, ou similares, a fim de realizar a cura. Com um traço de 1:12, ou seja, 8% de cimento na mistura os

blocos de solo-cimento adquirem uma resistência à compressão de 1,73 MPa (FUNTAC, 1999).

De acordo com PISANI (2005) as etapas a serem executadas para se adquirir um bom processo de cura são as seguintes:

- Os blocos devem ser empilhados assim que retirados da prensa, evitando assim grandes movimentações com transporte até a cura;
- O local de armazenagem deve ser totalmente regularizado, para evitar todo e qualquer tipo de deformação dos blocos;
- Evitar grande empilhamento dos blocos, a fim de preservar os blocos das primeiras fiadas. Fabricantes recomendam geralmente pilhas até 1 metro de altura;
- Nos três primeiros dias, evitar movimentações dos blocos e pulverizar água sobre os mesmos de duas a quatro vezes ao dia, variando com as condições climáticas do local;
- Evitar a armazenagem em ambientes com incidência direta de sol e/ou vento;
- As pilhas podem ser cobertas por lonas ou qualquer material impermeável para minimizar a perda de água;
- Se necessário transporte ou movimentações, ou até mesmo urgência na sua utilização, pode ser feita após sete dias, já que os blocos apresentam de 60 a 65% da sua resistência de cálculo;
- Após 28 dias, os blocos alcançaram 95% da sua resistência de cálculo, prazo ideal para seu transporte e utilização.

A seguir pode-se verificar na figura 6, um fluxograma do processo de fabricação dos blocos solo-cimento, facilitando assim o entendimento de todo esse processo detalhado até então.

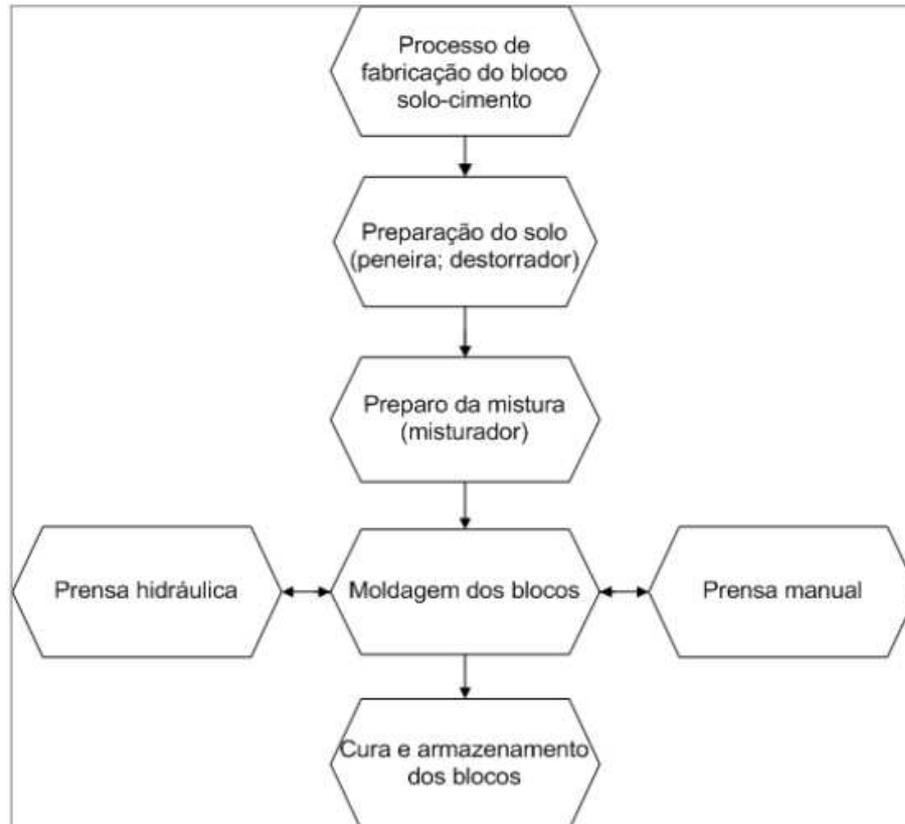


Figura 6 – Fluxograma do processo de fabricação

Fonte: PENTEADO e MARINHO (2011).

4.3.1.3 Vantagens da Utilização dos Blocos de Solo-Cimento

A substituição das alvenarias de vedação convencional por alvenarias com blocos de solo-cimento traz diversas vantagens, como já visto anteriormente não é necessário explorar recursos naturais nem realizar queima de materiais. Segunda FUNTAC (1999) os blocos ecológicos podem ser produzidos até mesmo com o próprio solo do canteiro de obras, reduzindo ou evitando custos de transporte, quando finalizada a alvenaria, dispensa-se o quebra-quebra para instalação hidráulica e elétrica, e também o uso de revestimento, desde que estejam protegidas da ação da água. Não consomem combustíveis na fabricação e utilizam basicamente mão de obra não especializada. Pode-se citar também como vantagens a disponibilidade de matéria-prima, propriedades térmicas superiores, sendo poroso este controla melhor a umidade do ambiente, e possui maior facilidade de gerar tecnologias apropriadas (BARBOSA, MATTONE, MESBAH, 2002).

4.3.1.4 Problemáticas dos Blocos Solo-Cimento

As desvantagens do bloco de solo-cimento não afetam diretamente os consumidores, mas sim os fornecedores, a logística de transporte é um problema, os blocos de solo-cimento pesam 3,05 kg/un, e por sua vez não são grandes como os blocos de concreto, logo um caminhão carregado tem um peso consideravelmente mais elevado que os outros materiais comparados até então.

Outra dificuldade que esses blocos enfrentam é o preconceito pelo material, a falta de controle e de ferramentas apropriadas na fabricação dos primeiros blocos de solo-cimento no Brasil causaram problemas na sua aplicação em relação à resistência, e este ficou mal visto aos olhos dos consumidores. Diferente do que ocorre atualmente, a disponibilidade de tecnologia e de estudos sobre o produto é muito grande, e já é possível obter blocos com resistência superior aos convencionais.

4.3.2 Demais Aplicações do Solo-Cimento

São diversas as possibilidades do emprego de solo-cimento na construção civil, além da utilização em alvenarias com os blocos de estudo em questão, esse material também pode ser utilizado em bases ou sub-base de pavimentos e em paredes monolíticas.

4.3.2.1 Base ou Sub-base de Pavimentos

A mistura solo-cimento compactada pode ser utilizada tanto como base, quanto como sub-base de pavimentos. A ideia de se utilizar o solo-cimento como base ou sub-base de pavimentos no Brasil surgiu pela necessidade de materiais alternativos para a execução de estradas na região de São Paulo, e no final dos

anos 40 esta simples questão econômica tornou-se uma necessidade política, econômica e social (SENÇO, 2001).

Ainda segundo o autor, pesquisas do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo e do laboratório regional de Bauru sobre solos arenosos, chegaram a conclusões que o solo daquela região apresentam facilidade de estabilização com teores relativamente baixos de cimento. Esse solo em questão é classificado, segundo critérios do HRB (*Highway Research Board*), como A-2-4, com variações para A-2-6 e A-4, em alguns casos o valor da plasticidade cai muito, fazendo com que a classificação se identifique aos solos A-1 ou A-3, ou seja, em geral solos arenosos.

O Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná (DER/PR) e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) dispõem normas sobre bases de solo-cimento, o DER/PR com “Pavimentação: solo-cimento e solo tratado com cimento” e o DNIT com “Pavimentos flexíveis – base de solo-cimento – especificações de serviço”.

Para que a mistura seja considerada solo-cimento, o teor de cimento deve ser superior a 4% em peso, teores inferiores a esse são considerados solos corrigido com cimento sendo destinados para outras situações onde não são necessários altos valores de resistência e durabilidade. Além desse solo corrigido com cimento também há o solo-cimento plástico, mistura de solo, cimento suficiente para sofrer o endurecimento e a água utilizada deve ser suficiente para dar à mistura uma consistência plástica parecida com a argamassa, com maior trabalhabilidade, e é utilizada para revestimento de valetas, valas, canais, taludes, partes de pavimentos e também como preenchimento de vazios que ocorrem por baixo das placas de concreto dos pavimentos rígidos (SENÇO, 2001).

Ainda segundo o autor a base ou sub-base de pavimentos por solo-cimento pode ser feita por mistura e dosagem manual ou usinado, esses dois métodos pode se verificar nas figuras a seguir em ordem de execução.



Figura 7 – Descarga do solo escolhido na pista
Fonte: SENÇO (2001).



Figura 8 – Espalhamento do solo na pista
Fonte: SENÇO (2001).



Figura 9 – Adição e espalhamento do cimento
Fonte: SENÇO (2001).



Figura 10 – Mistura do solo e cimento seca
Fonte: SENÇO (2001).



Figura 11 – Adição de água à mistura
Fonte: SENÇO (2001).



Figura 12 – Mistura do solo e cimento úmida
Fonte: SENÇO (2001).



Figura 13 – Compactação da mistura úmida com rolo pé-de-carneiro
Fonte: SENÇO (2001).



Figura 14 – Regularização final com motoniveladora
Fonte: SENÇO (2001).



Figura 15 – Compactação final com rolo pneumático liso
Fonte: SENÇO (2001).



Figura 16 – Pintura asfáltica para cura da base de solo-cimento
Fonte: SENÇO (2001).



Figura 17 – Distribuição do solo-cimento usinado
Fonte: SENÇO (2001).



Figura 18 – Compactação do solo-cimento usinado
Fonte: SENÇO (2001).



Figura 19 – Regularização da camada solo-cimento com motoniveladora

Fonte: SENÇO (2001).



Figura 20 – Acabamento com rolo pneumático, liso, bamboleante

Fonte: SENÇO (2001).



Figura 21 – Solo-cimento imprimado

Fonte: SENÇO (2001).

4.3.2.2 Paredes Monolíticas

Como dito no item 4.3.1 o emprego do solo-cimento se iniciou no Brasil nos anos 40, e junto com os blocos e as bases e sub-bases de pavimentos, esse material também foi sendo utilizado em paredes monolíticas.

Segundo Soares, Tomazetti e Pinheiro (2004) o sistema construtivo empregado a esse material é basicamente a compactação da mistura solo e cimento na umidade ótima em formas de madeira, permitindo imediata desmoldagem e

compactação da próxima camada. Essa técnica foi muito utilizada em construções de casas populares a fim de minimizar o déficit habitacional, já que este modelo construtivo não requer mão de obra especializada, tem baixo custo, utiliza materiais locais e renováveis, além de proporcionar um bom desempenho estrutural e um excelente conforto térmico.

Os autores também apresentam as etapas construtivas de uma residência em paredes monolíticas de solo-cimento, a fundação da residência em questão foi realizada em bloco ciclope devido ao tipo de solo e disponibilidade de material, após a impermeabilização já é iniciada a elevação das paredes monolíticas, sendo essas produzidas com formas de compensado naval com comprimentos variáveis e altura de 40 cm (Figura 16), o solo utilizado passa pelo processo de desagregação dos torrões e peneiramento para garantir uma boa compactação sendo esta feita em camadas de 15 cm com um soquete que varia de 2,5 a 3,0 kg (Figura 17). As instalações elétricas e hidráulicas são dispostas em ranhuras preparadas durante a elevação das paredes (Figura 17), e o aspecto que toma a residência após sua conclusão se verifica na figura 18.



Figura 22 – Montagem da forma

Fonte: (SOARES, TOMAZETTI, PINHEIRO, 2004).



Figura 23 – Soquete de compactação e execução de ranhuras
Fonte: (SOARES, TOMAZETTI, PINHEIRO, 2004).



Figura 24 – Fachada
Fonte: (SOARES, TOMAZETTI, PINHEIRO, 2004).

4.4 Blocos de Vedação Convencionais

O sistema construtivo brasileiro está muito atrasado em relação aos países desenvolvidos, o método construtivo é antigo e gera muito desperdício. Com o aquecimento do mercado algumas empresas estão buscando novas tecnologias e formas de atender o consumidor de forma mais eficiente em relação ao tempo e qualidade de serviço, entretanto a grande maioria das construtoras ainda segue com

a ideia fixa no sistema tradicional, que utiliza alvenaria de vedação, podendo esta ser feita com blocos cerâmicos ou blocos de concreto (THOMAZ et al, 2009).

Ainda segundo o autor a definição de alvenaria de vedação é aquela parede que tem a função de dividir ambientes, preenchendo vãos de estruturas de concreto armado, aço ou outras estruturas, e devem suportar somente o peso próprio e cargas de utilização.

4.4.1 Blocos Cerâmicos

As cerâmicas são obtidas a partir de uma massa a base de argila submetida a um processo de secagem lenta seguida do cozimento em altas temperaturas, e um dos critérios de classificação mais utilizados da mesma é a cor da massa definida por uma argila com altos teores de compostos de ferro, que adquire o tom avermelhado após a queima, e um exemplo da sua utilização são os blocos cerâmicos (KAZMIERCZAK, 2007).

Os blocos devem estar em conformidade com três normas técnicas segundo a sua aplicação, NBR 15270-1 (Blocos para alvenaria de vedação – Terminologia e Requisitos); NBR 15270-2 (Blocos para alvenaria estrutural – Terminologia e Requisitos); e NBR 15270-3 (Blocos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio). E segundo a NBR 15270-1 (ABNT, 2005) os blocos cerâmicos de vedação devem apresentar valor mínimo de resistência maior ou igual a 1,5 MPa para blocos com furos na horizontal e maior ou igual a 3,0MPa para blocos com furos na vertical.

4.4.1.1 Tipos de Blocos Cerâmicos

Como ressalta o autor, os blocos podem apresentar furos na vertical ou na horizontal, como se verifica na figura 1, e existem diversos tipos e tamanhos para as mais determinadas funções.

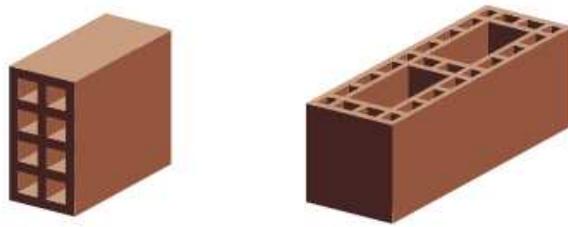


Figura 25 - Blocos cerâmicos com furos na horizontal e vertical

Fonte: THOMAZ et al (2009).

Podem ser encontrados blocos comuns, blocos canaleta em forma de U, blocos canaleta em forma de J, blocos de amarração e meio bloco. De acordo com a NBR 15270-1 (ABNT, 2005) as dimensões de fabricação são verificadas na tabela 5.

Tabela 5 – Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação

Largura (cm)	Altura (cm)	Comprimento (cm)	
		Bloco principal	1/2 bloco
9	9	19	9
		24	11,5
	14	19	9
		24	11,5
		29	14
	19	19	9
		24	11,5
		29	14
		39	19
11,5	11,5	24	11,5
	14	24	11,5
	19	19	9
14	19	24	11,5
		29	14
		39	19
		19	9
19	19	24	11,5
		29	14
		39	19
24	24	24	11,5
		29	14
		39	19

Fonte: NBR 15270-1 (ABNT, 2005).

4.4.1.2 Processo de Fabricação dos Blocos Cerâmicos

A fabricação dos blocos cerâmicos pode ser dividida entre as etapas de preparação da massa, moldagem, secagem, queima e resfriamento. Inicialmente faz-se a preparação da massa por meio das operações de sazonalamento, mistura e laminação e tem por objetivo adequar a dimensão dos grãos de argila ao processo de moldagem, aumentando assim sua reatividade e reduzindo o teor de impurezas, em seguida a massa segue para moldagem, que normalmente é feito por extrusão com um equipamento conhecido por maromba a vácuo que retirara o excesso de ar existente na massa, que por sua vez deve obter valores usuais de umidade entre 20 e 30%, após a extrusão o material é cortado nas dimensões previstas (KAZMIERKCZAK, 2007).

Ainda de acordo o autor a próxima etapa é a secagem que pode ser natural, levando em torno de 10 a 30 dias, ou artificial, atingindo teores de umidade abaixo de 1% em até 3 dias, esta etapa tem por objetivo retirar lentamente o teor de umidade vindos da moldagem. Ao término da secagem os blocos são levados aos fornos onde ocorrem alterações físico-químicas irreversíveis definindo as propriedades dos blocos, até 150°C ocorre a evaporação da água livre, de 150 a 600°C tem-se a perda da água adsorvida e a partir desta temperatura até 800°C ocorre a desidratação química, decomposição da matéria orgânica e oxidação, enfim dos 800 aos 1100°C ocorre a vitrificação da argila.

4.4.1.3 Técnica Construtiva dos Blocos Cerâmicos

Os cuidados a serem tomados quando se pretende elevar uma alvenaria começam na estocagem dos materiais a serem utilizados, como blocos, aço, cimento, cal, argamassa industrializada e areia. A estocagem dos blocos cerâmicos deve ser feita em áreas cobertas em superfícies limpas, planas e protegidas de umidade, e não devem ser empilhadas a uma altura superior a 1,80 m, quando armazenadas em áreas externas as pilhas devem ser protegidas por uma cobertura impermeável. E como visto anteriormente a areia deve ser armazenada de forma a

evitar a contaminação por materiais estranhos que possam prejudicar suas propriedades, também deve ser coberta, quando estocas à céu aberto, e contida lateralmente (THOMAZ et al, 2009).

Com os materiais devidamente estocados, ainda segundo os autores, inicia-se a execução da alvenaria, primeiramente com a produção da argamassa de assentamento que por sua vez pode ser industrializada ou preparada *in loco* levando cimento, cal hidratada e areia. Após feito o nivelamento do piso e a lavagem da base, com a argamassa pronta e os blocos em mãos pode-se iniciar a elevação da alvenaria com a primeira fiada, devem ser inicialmente assentados os blocos chamados “blocos-chave” aqueles localizados nas extremidades dos panos, nas laterais de vãos de portas, entre paredes e em suas extremidades, ligando os “blocos-chave” com linhas, a fim de auxiliar no prumo, a fiada é finalizada.

Nesse processo utilizam-se equipamentos de precisão como teodolito ou nível laser, trena metálica, prumo de face, régua de alumínio entre outros, finalizado a primeira fiada é dada sequência na elevação da alvenaria, é recomendado a verificação de nivelamento e prumo a cada duas ou três fiadas e a introdução de ferros-cabelo de 6mm a cada 50cm. Ao se chegar com a alvenaria na laje ou na viga superior é feito a fixação conhecida como “encunhamento”, que consiste basicamente na limpeza e chapisco do componente estrutural para realizar o assentamento inclinado de tijolos de barro cozido preenchido com argamassa relativamente fraca, a fim de absorver as deformações sofridas pela estrutura, e para estruturas muito deformáveis é recomendado a utilização de poliuretano expandido que substitui o assentamento dos tijolos maciços, sendo mais eficiente que os mesmos (THOMAZ et al, 2009).

Ao assentar cada bloco, recomenda-se uma molhagem prévia nas faces dos mesmos que estarão em contato com a argamassa, para que esta não perca água para os blocos. Na segunda fiada em diante continua sendo necessário o assentamento primeiro dos “blocos-chave”, através destes apoia-se um fio que guia a continuidade do assentamento, garantindo assim uma horizontalidade e aprumo. Ao dispor o bloco sobre a argamassa é percutido com maço ou mesmo com o cabo da colher de pedreiro que se utiliza para distribuir a argamassa de assentamento, de modo a garantir a posição desejada do bloco, nesta ação o excesso de argamassa pode fluir pelas juntas, então com a colher é feita a raspagem deste excesso para operações de assentamento seguintes (Flores-Colen et al, 2004).

Ainda segundo os autores os materiais e equipamentos necessários para elevação da alvenaria são: colher e pincel de pedreiro, balde, desempenadeira, nível, prumo de pião, fio-de-prumo, argamassa e os blocos.

4.4.1.4 Problemáticas da Utilização dos Blocos Cerâmicos

Como já visto anteriormente, para a fabricação dos blocos cerâmicos é necessário passar pela exploração da argila e mais adiante no processo de fabricação, à sua queima, e estes processos causam graves impactos ao meio ambiente, a exploração da argila com a poluição visual e a queima por sua vez leva a emissão de poluentes na atmosfera. Um estudo comparativo entre a utilização de blocos cerâmicos e blocos solo-cimento mostra outra desvantagem dos blocos cerâmicos frente aos ecológicos, quando analisado a relação produção/matéria prima os blocos cerâmicos deixam a desejar, já que neste ocorre uma redução no processo de fabricação, ou seja, a saída (blocos produzidos) é inferior a entrada (insumos) (SOARES, PEREIRA, 2004).

Já na fabricação de blocos de solo-cimento isso não ocorre, estudos realizados mostram que a somatória de insumos de entrada, solo arenoso + cimento + água, resulta em aproximadamente o mesmo valor encontrado na saída (YUBA, MILANI, PIERETTI, 2009).

4.4.2 Blocos de Concreto

Os blocos vazados de concreto simples seguem os requisitos da NBR 6136:2007, a família destes blocos, além do material, diferem também as dimensões quando comparados com os blocos cerâmicos. Segundo a NBR 6136 (ABNT, 2007) os blocos de concreto são classificados em grupo A, B, C e D, sendo A sobre blocos com função estrutural para uso em alvenarias acima ou abaixo do nível do solo; B sobre blocos com função estrutural para uso em alvenarias acima do nível do solo; C para blocos, este com recomendações de utilização de acordo com o tipo M10,

M12.5, M15 ou M20 cada um para um determinado número de pavimentos; e D sendo os blocos sem função estrutural para uso em alvenarias acima do nível do solo, que é o utilizado para comparação do presente trabalho.

4.4.2.1 Tipos de Blocos de Concreto

São muitos os tipos de famílias e blocos disponíveis no mercado, os blocos de concreto são apresentados nas famílias 14x19x39cm; 19x19x39cm; 14,5x19x29,5cm; nessas três famílias citadas pode se encontrar blocos estruturais, blocos estruturais elétricos, blocos estruturais hidráulicos e blocos meia caneleta, todos com as mais diversas dimensões, e tem se também a família de vedação que são constituídas pelos blocos 14x19x39cm, 12,5x19x39cm, 12,5x19x19cm, 19x19x39cm, e 9x19x39cm. (CLARO, 2011). Os modelos são apresentados na figura 2.

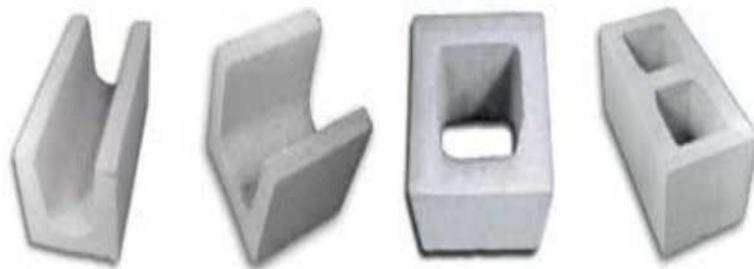


Figura 26 - Modelos de blocos de concreto

Fonte: CLARO (2011).

A seguir serão apresentados na tabela 6 os tipos, famílias e dimensões dos blocos de concreto de vedação, de acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2007), que trata sobre blocos vazados de concreto simples para alvenaria – requisitos.

Tabela 6 – Tipos e dimensões de blocos de concreto.

Família de blocos											
Designação	Nominal	20	15	12,5			10			7,5	
	Módulo	M20	M15	M12,5			M10			M7,5	
	Amarração	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2
	Linha	20x 40	15x 40	15x 30	12,5x 40	12,5x 25	12,5x 37,5	10x 40	10x 30	10x 30	7,5x 40
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	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	190	290	390
	Meio	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	

Fonte: NBR 6136 (ABNT, 2007).

4.4.2.2 Processo de Fabricação dos Blocos de Concreto

Faz-se necessário um controle rígido no processo de fabricação, pois são muitos os setores que podem afetar a qualidade dos blocos, como armazenamento dos agregados, dosagem e forma de proporcionamento, equipamentos de mistura, equipamentos de conformação, matrizes de blocos, equipamentos e características do piso para transporte e estoque, e também câmeras e áreas destinadas à cura inicial. Na armazenagem dos materiais há dois tipos, em baias e aos montes, sendo que no primeiro caso tem-se a vantagem da não mistura dos materiais e a não contaminação dos agregados, é importante já que estes representam de 75 a 85% do volume total da mistura, o primeiro passo para a fabricação é a dosagem que pode ser feita de três modos, todo material é medido por peso, o cimento é medido por peso e os agregados em volume, e todos os materiais em volume, sendo o primeiro método a melhor situação, pois esta não sofre influência do inchamento dos agregados, após a dosagem é feita a mistura que também pode ser realizada de 3 formas distintas, em planetário de eixo vertical, forçado de eixo horizontal, ou por

eixo de tombamento, onde o primeiro caso é o mais recomentado já que as palhetas percorrem toda área de mistura garantindo uma maior homogeneização (PIRES et al, 2008).

Ainda segundo autor, a etapa seguinte da fabricação é a conformação, onde o bloco toma sua forma, tem se também três maneiras de realiza-la, por vibro-prensa pneumática, vibro-prensa hidráulica ou vibro-prensa mecânica sendo esta última não muito eficiente. Após a fabricação dos blocos é importante transporta-los e armazena-los de tal forma que não ocorra influências negativas devido ao impacto e vibrações, para isso faz se necessário o transporte em carrinhos sobre rodas com câmara de ar e em pisos regularizados. E por fim a cura, os blocos devem ser armazenados em lugares úmidos e sem ventilação, caso contrário irão sofrer com a perda brusca de água acarretando em blocos quebradiços e com menor resistência.

4.4.2.3 Técnica Construtiva dos Blocos de Concreto

A técnica construtiva aplicada na elevação da alvenaria com blocos de concreto não difere da alvenaria em blocos cerâmicos vista anteriormente no item 4.1.1.3, entretanto faz se necessário uma análise detalhada, já que os dois materiais possuem propriedades distintas. Estes blocos são maiores e mais resistentes que os blocos cerâmicos proporcionando maior velocidade de execução, e consome na faixa de 15 a 30L de argamassa variando conforme o tamanho dos blocos. Um detalhe importante a ser considerado na execução deste tipo de alvenaria é que os blocos de concreto são mais porosos e absorvem mais água quando comparados com blocos cerâmicos, logo exigem uma maior atenção ao molha-los, a fim de evitar que prejudique a argamassa com seu alto teor de absorção (RODRIGUES, 2001).

4.4.2.4 Problemáticas da Utilização dos Blocos de Concreto

Os blocos de concreto são de difícil manuseio devido ao seu peso e tamanho, quando comparado com os blocos cerâmicos chegam a ser em média

40% mais pesados, além do fato de não fornecer um bom conforto térmico, esfriando no inverno e esquentando muito no verão. (RODRIGUES, 2001).

4.5 Estudo da Viabilidade em Relação ao Custo e Produtividade

Com a finalidade de realizar uma análise comparativa do custo e de produtividade da produção de alvenarias com blocos solo-cimento e blocos cerâmicos, será utilizada como base a execução de uma casa popular de 33m² apresentada na figura 4. A casa popular em questão possui quatro ambientes sendo estes, uma sala e cozinha conjugada, dois dormitórios e um banheiro social.

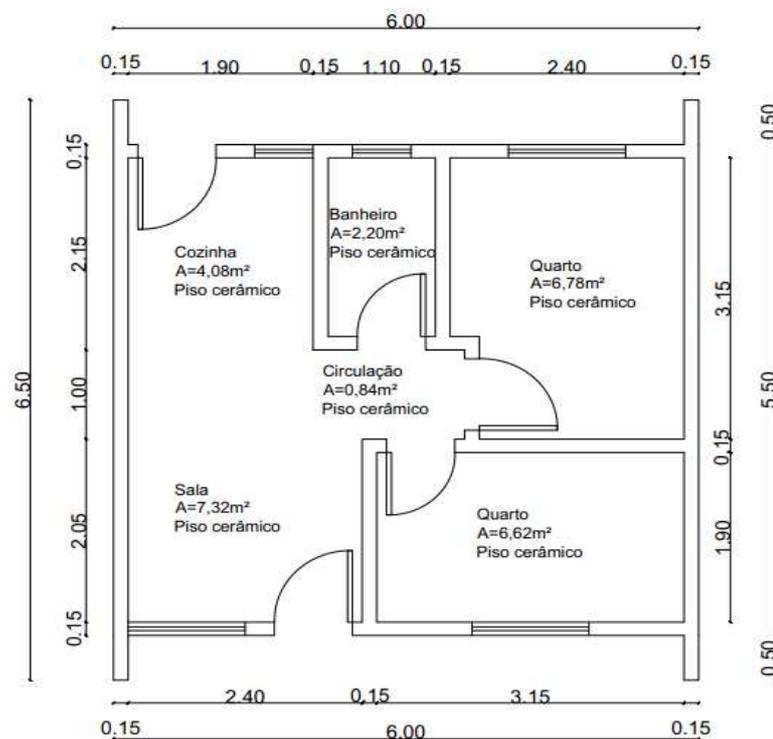


Figura 27 – Casa popular de 33 m²

Fonte: PENTEADO e MARINHO (2011).

Segundo os estudos dos autores, o custo de execução por blocos solo-cimento até 1,60 m de altura é de R\$ 49,32 / m², e acima de 1,60 m, onde faz se necessário o uso de andaimes, tem se um custo de R\$ 53,33 / m². Para essa técnica

construtiva, com os preparos e acabamentos necessários a casa em questão teve um custo total de alvenaria de R\$ 5.698,44, como na residência tem se 70,98 m² de alvenaria, pode se concluir que o custo final para a alvenaria de solo-cimento é de R\$ 80,28 / m².

Seguindo a análise para a alvenaria de blocos cerâmicos, a mesma tem um custo de execução de R\$ 47,19 / m². Com os preparos e acabamentos realizados, o custo total da alvenaria de blocos cerâmicos da residência é de R\$ 6.812,30, sendo que por este método tem se 65,75 m² de alvenaria, conclui se que o custo da alvenaria em questão é de R\$ 103,61 / m².

Deste modo, pode se definir que apesar do método que utiliza blocos cerâmicos apresentar um valor mais viável por metro quadrado de alvenaria crua, quando se estuda os preparos e acabamentos necessários a se realizar neste modelo verifica se qual realmente é o mais viável, a técnica construtiva de alvenaria com blocos solo-cimento apresenta uma economia de R\$ 23,33 / m² frente à alvenaria de blocos cerâmicos.

Em relação a produtividade de execução, a alvenaria realizada pelo modelo construtivo com blocos cerâmicos levou 526,75 horas para ser concluída, resultado em 8,01 horas / m². Já a execução da alvenaria em blocos solo-cimento teve uma maior produtividade, sendo finalizada em 332,49 horas, ou seja 4,68 horas / m².

5 METODOLOGIA

Neste capítulo serão apresentados os materiais e os procedimentos metodológicos utilizados neste estudo, desde a busca de informações sobre os blocos de solo-cimento até análise das propriedades dos mesmos.

5.1 Materiais

Etapa I – Buscou-se informações pela internet e bibliotecas a respeito da fabricação, utilização, vantagens e desvantagens de blocos para alvenaria de vedação. Com a intenção de comparar a utilização de blocos cerâmicos e blocos de concreto com os blocos ecológicos foi pesquisado o processo de fabricação, técnica construtiva e características dos blocos para descrever vantagens e desvantagens da utilização dos blocos solo-cimento em relação a impactos ambientais, conforto termo-acústico, logística, e por fim e mais importantes as propriedades dos blocos, o custo e produtividade da técnica.

Etapa II – Identificou-se empresas que produzem blocos solo-cimento, a fim de dialogar e questionar a respeito do produto. Nesta etapa do pré-projeto foi feita uma busca por amostras de blocos na região de Fênix-PR, para encaminhá-las à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Etapa III – Caracterizou-se o solo utilizado na fabricação dos blocos, a fim de classificá-lo segundo a HRB (*Highway Research Board*), sendo que para esta fez se necessário ensaios como, limite de liquidez, limite de plasticidade e granulometria por peneiramento. Para realização desses ensaios foram utilizados os seguintes materiais e equipamentos:

- Estufa com capacidade de manter temperaturas de 105 a 110°C (Figura 28);
- Balança Balmak ELP-10 (Figura 29);
- Cápsula de porcelana com 120 mm de diâmetro (Figura 30);
- Espátula de lâmina flexível com 80mm x 20mm (Figura 30);
- Aparelho de Casa Grande e Cinzel (Figura 31);

- Gabarito de 3 mm de diâmetro e 100 mm de comprimento (Figura 32);
- Placa de vidro de superfície esmerilhada, com 30 cm de lado (Figura 32);
- Balança BL3200H (Figura 33).

Etapa IV - Estudo dos blocos solo-cimento. Foram realizados ensaios de absorção de água e compressão simples, análise da aparência em relação à cor, arestas e textura dos blocos. Para realizar os estudos descritos foram utilizados equipamentos e materiais como:

- Placa cerâmica e desmoldante (Figura 34);
- Blocos solo-cimento (Figura 35);
- Tanque de imersão (Figura 37);
- Balança Balmak ELP-10 (Figura 29);
- Estufa com capacidade de manter temperaturas de 105 a 110°C (Figura 28);
- Cimento Portland CPV;
- Prensa hidráulica EMIC (Figura 36).



Figura 28 – Estufa

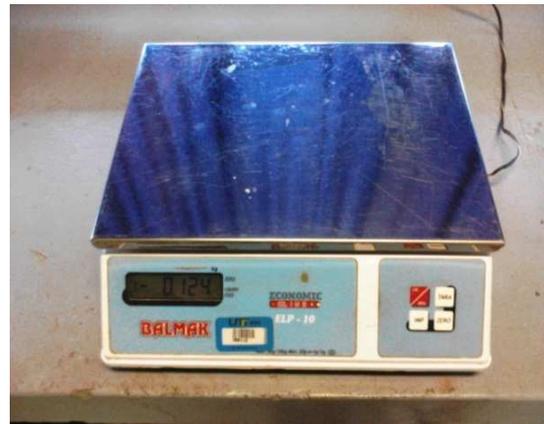


Figura 29 – Balança Balmak ELP-10



**Figura 30 – Cápsula de porcelana e
Espátula flexível**



Figura 31 – Aparelho de Casa Grande e Cinzel

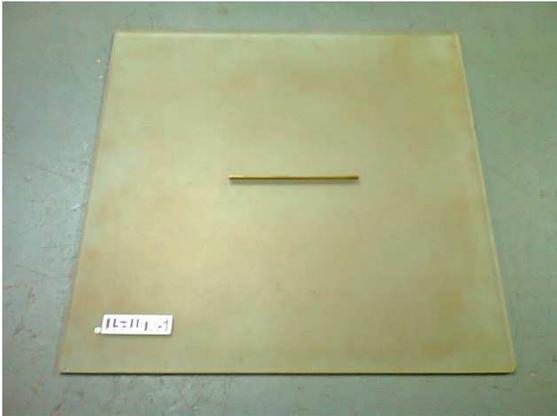


Figura 32 – Gabarito e Placa de superfície esmerilhada



Figura 33 – Balança BL3200H



Figura 34 – Placa cerâmica e Desmoldante



Figura 35 – Blocos solo-cimento



Figura 36 – Prensa Hidráulica EMIC



Figura 37 – Tanque de imersão de água

5.2 Método

Neste tópico será descrito como foram realizados os ensaios e análises citadas no tópico anterior de acordo com as suas respectivas normas.

5.2.1 Caracterização do solo

A caracterização do solo foi executada a partir de ensaios de limite de liquidez, limite de plasticidade e de granulometria a fim de classificar o mesmo de acordo com a HRB (*Highway Research Board*).

5.2.1.1 Limite de Liquidez

O limite de liquidez é o teor de umidade de transição entre o estado líquido e o estado plástico do solo. Esse valor foi encontrado pelo ensaio determinado pela NBR 6459 que dispõe sobre a determinação do limite de liquidez do solo.

De acordo com a norma, faz-se necessário a verificação de certos aspectos da aparelhagem, como:

- As características da base de ebonite do aparelho de casa grande;
- A massa do conjunto concha e guia do excêntrico deve variar de 180 a 220 g;
- O excêntrico possui tal forma que não provoque variações, mantendo raio constante;
- O pino que conecta a concha esteja firme, evitando deslocamentos laterais;
- Os parafusos que conectam a concha devem estar apertados;
- Os pontos de contato da base e da concha não devem estar gastos;
- A concha não deve apresentar ranhuras;
- O cinzel deve estar em perfeito estado;

- Altura de queda da concha deve ser de 10 mm, sendo este verificado por um gabarito, como é apresentado na figura 36.

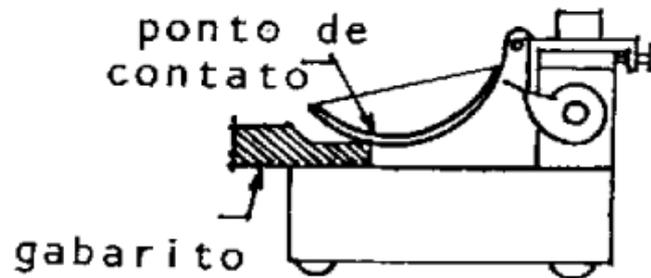


Figura 38 – Calibração da altura de queda

Fonte: NBR 6459 (ABNT, 1984)

A amostra de solo para a realização do ensaio deve ser preparada de acordo com a NBR 6457. Há dois modos para preparar a amostra de solo:

- Preparação com secagem prévia;
- Preparação sem secagem prévia, apenas para amostras que apresentarem até 10% de material retido na peneira 0,42 mm;

Foi utilizada a preparação com secagem prévia, que consistiu em:

- Secar a amostra ao ar até o ponto da umidade higroscópica;
- Desmanchar os torrões, evitando a quebra dos grãos e homogeneizar a amostra;
- Reduzir a quantidade de material até se obter uma quantidade suficiente para realização do ensaio;
- Como se verifica na figura 39 peneirar a amostra na peneira 0,42 mm, de modo a obter cerca de 200g de material passante, este é a amostra a ser utilizada no ensaio.



Figura 39 – Preparação da amostra de solo

Após a obtenção da amostra, tomar metade desta quantidade e seguir os seguintes passos:

- Dispor o solo na cápsula de porcelana;
- Adicionar água destilada em pequenas doses;
- Amassar e envolver o solo com auxílio da espátula, de modo a obter uma pasta homogênea, de consistência tal que seja necessário 35 golpes para fechar uma ranhura;
- Transferir parte desta mistura para a concha, moldando a mesma de tal forma que na parte central a espessura seja da ordem de 10 mm;
- Garantir que não tenha bolhas de ar no interior da mistura;
- Realizar uma ranhura no centro da concha com o cinzel, a fim de se obter um aspecto como está apresentado na figura 37.
- Recolocar a concha cuidadosamente no equipamento, e golpeá-la contra a base, deixando a mesma cair em queda livre, girando na ordem de duas vezes por segundo, e anotar o número de golpes necessários para se fechar a ranhura.

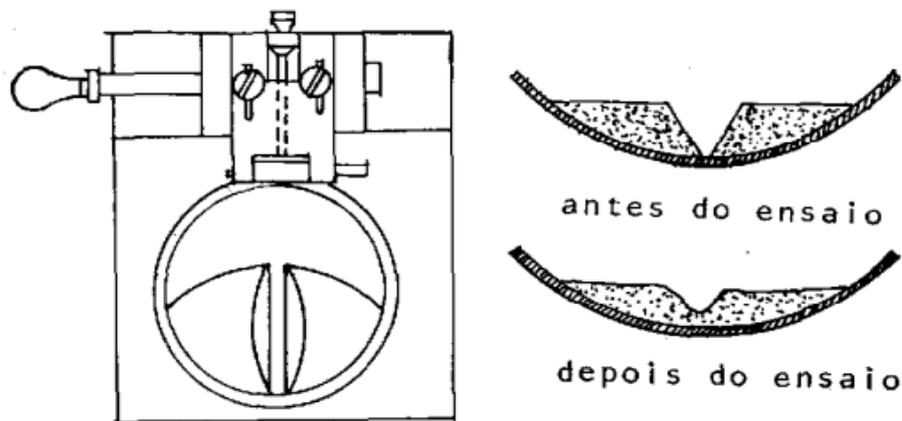


Figura 40 – Aspecto da ranhura em planta e em corte

Fonte: NBR 6459 (ABNT, 1984)

Retornar o material da concha para a cápsula de porcelana, a fim de realizar o ensaio novamente com um teor de umidade diferente. Obter assim pelo menos quatro pontos para traçar uma reta variando de 15 a 35 golpes, o teor de umidade localizado em 25 golpes será o limite de liquidez.

5.2.1.2 Limite de Plasticidade

O limite de plasticidade é o teor de umidade de transição entre o estado plástico e o estado semissólido do solo. Esse valor foi encontrado pelo ensaio determinado pela NBR 7180 que dispõe sobre a determinação do limite de plasticidade do solo.

A amostra de solo para a realização do ensaio deve ser preparada de acordo com a NBR 6457. Há dois modos para preparar a amostra de solo:

- Preparação com secagem prévia;
- Preparação sem secagem prévia, apenas para amostras que apresentarem até 10% de material retido na peneira 0,42 mm;

Foi utilizada a preparação com secagem prévia, que consistiu em:

- Secar a amostra ao ar até o ponto da umidade higroscópica;
- Desmanchar os torrões, evitando a quebra dos grãos e homogeneizar a amostra;
- Reduzir a quantidade de material até se obter uma quantidade suficiente para realização do ensaio;
- Passar a amostra na peneira 0,42 mm, de modo a obter cerca de 200g de material passante, este é a amostra a ser utilizada no ensaio.

Após a obtenção da amostra, tomar metade desta quantidade e seguir os seguintes passos:

- Dispor o solo na cápsula de porcelana;
- Adicionar água destilada em pequenas doses, amassando e revolvendo com auxílio da espátula até se chegar a uma consistência plástica. O tempo de homogeneização varia de 15 a 30 minutos;
- Tomar da cápsula 10 g da amostra e formar uma pequena bola, que deve ser rolada sobre a placa de vidro, aplicando uma força suficiente, com a palma da mão, para lhe dar forma de cilindro;
- Se o cilindro se fragmentar antes de alcançar um diâmetro de 3 mm, retorná-lo a cápsula de porcelana, adicionar mais água destilada e homogeneizá-la por mais três minutos;

- Repetir o processo, se a nova pequena bola de solo tomar forma de cilindro com diâmetro de 3 mm e não se fragmentar, amassá-la e repetir o processo;
- Ao se chegar a um cilindro de 3 mm de diâmetro e comprimento de 100 mm, como o gabarito, tomar essa amostra e adquirir o seu teor de umidade.

Repetir este processo para obter mais dois teores de umidade, considera-se um resultado satisfatório quando, de pelo menos três valores, nenhum deles diferirem da sua média por mais de 5%.



Figura 41 – Realização do ensaio de limite de plasticidade

5.2.1.3 Granulometria Por Peneiramento

Para a realização deste ensaio, foi necessário a consulta das seguintes normas técnicas:

- NBR 6437 – Preparação de amostras de solo para ensaio normal de compactação e ensaios de caracterização - Métodos de ensaio;
- NBR 7181 – Solo - Análise Granulométrica.

A amostra de solo para a realização do ensaio deve ser preparada de acordo com a NBR 6457. Há dois modos para preparar a amostra de solo:

- Preparação com secagem prévia;

- Preparação sem secagem prévia, apenas para amostras que apresentarem até 10% de material retido na peneira 0,42 mm;

Foi utilizada a preparação com secagem prévia, que consistiu em:

- Secar a amostra ao ar até o ponto da umidade higroscópica;
- Desmanchar os torrões, evitando a quebra dos grãos e homogeneizar a amostra;
- Reduzir a quantidade de material até se obter uma quantidade suficiente para realização do ensaio;
- Passar a amostra na peneira 76 mm, desprezando o material retido;
- Separar uma quantidade suficiente para realização do ensaio, sendo esta quantidade apresentada na tabela 7.

Tabela 7 – Quantidade de amostra para análise granulométrica.

Dimensões dos grãos maiores contidos na amostra, determinada por observação visual (mm)	Quantidade mínima de solo a tomar (kg)
<5	1
5 a 25	4
> 25	8

Fonte: NBR 6457

Com a amostra preparada e em quantidade suficiente para a realização do ensaio, foram executadas as seguintes tarefas:

- A amostra foi passada na peneira 2,0 mm, com a finalidade de verificar a quantidade de material retido nesta malha.
- O material passante foi encaminhado para o peneirador, seguindo a sequência de peneiras 1,2 mm; 0,6 mm; 0,42 mm; 0,25 mm; 0,15 mm e 0,075 mm, e permanecerá neste por 5 minutos.
- Finalizando o peneiramento, o material retido em cada malha foi encaminhado até a balança, obtendo assim a porcentagem retida em cada malha.



Figura 42 – Realização do ensaio de granulometria por peneiramento

5.2.2 Resistência à Compressão Simples

Para a determinação desta propriedade foi necessária a utilização de 10 corpos de prova que de acordo com a NBR 10836 (ABNT, 1994) foram preparadas como descrito abaixo.

- Verificou-se as dimensões;
- Foi feito o capeamento das faces de trabalho (perpendiculares a direção da força de aplicação) com pasta de cimento Portland de consistência plástica com espessura suficiente para se obter faces planas e paralelas, de acordo com a figura 43.



Figura 43 – Capeamento do bloco solo-cimento

- Identificou-se cada corpo de prova e foram imersos em água por 24 horas e retirados antes do ensaio, tirando-se o excesso de água superficialmente;
- Na realização do ensaio, os blocos foram posicionados de modo que a carga aplicada fosse paralela aos eixos dos blocos, como verifica-se na figura 44.



Figura 44 – Ensaio de resistência à compressão simples

Realizado o ensaio, foi obtido o valor da carga de ruptura e a fim de adquirir-se o valor de resistência do bloco este valor foi aplicado na equação 2.

$$f_c = \frac{F_{m\acute{a}x}}{A} \quad (2)$$

Onde,

f_c = Resistência à compressão dos blocos;

$F_{m\acute{a}x}$ = Carga máxima de compressão aplicada;

A = A média das áreas superficiais das faces perpendiculares à carga.

Segundo a NBR 10834 (ABNT, 1994) a média dos valores de resistência obtidos deve ser superior a 2,0 MPa e os individuais de cada corpo de prova superiores a 1,7 MPa.

5.2.3 Absorção de Água

Para determinação da absorção de água também utilizou-se a NBR 10836 (ABNT, 1994), que por sua vez indica 10 amostras de blocos solo-cimento, primeiramente secou-se os corpos de prova em estufa a temperaturas entre 105 à

110°C até alcançar a constância de massa, obtendo assim o m_1 (g), ou seja, massa seca. Em seguida os corpos de prova foram imersos em um tanque de água com temperatura ambiente por 24 h. Após o recolhimento dos blocos do tanque, foi retirado o excesso de água superficial dos mesmos com um pano úmido e feita a pesagem no intervalo de até 3 minutos, adquirindo assim o m_2 (g), massa úmida, como se verifica na figura 45.



Figura 45 – Ensaio de absorção de água

De posse dos valores para cada corpo de prova, foi calculada a umidade conforme equação 3.

$$A\% = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (3)$$

Onde,

A%: Capacidade de absorção de água;

m_1 : massa seca do corpo de prova;

m_2 : massa saturada do corpo de prova;

Segundo a NBR 10834 (ABNT, 1994) a média dos valores de umidade obtidos deve ser igual ou inferior a 20% e os individuais iguais ou inferiores a 22%.

5.2.4 Verificação da Aparência

Para esta análise foram utilizadas 10 amostras de blocos solo-cimento, com a intenção de avaliar a cor, arestas e textura. A cor dos blocos deve ser uniforme,

resultando em uma boa homogeneidade da mistura solo-cimento. As arestas devem ser vivas, representando uma boa compactação do bloco, ambas influenciam na resistência adquirida. Enquanto à textura, deve se alcançar um meio termo, já que quanto mais lisa for sua superfície haverá uma maior perda de aderência com a argamassa, prejudicando assim o assentamento da alvenaria, por outro lado quanto maior sua porosidade este irá absorver mais água causando assim manchas, eflorescência e desprendimento da argamassa.

5.2.5 Estudo da Viabilidade em Relação ao Custo e Produtividade

Para uma análise comparativa de custo da produção de alvenarias de vedação com blocos solo-cimento em relação aos blocos cerâmicos, foram utilizadas informações levantadas em trabalhos acadêmicos anteriores a respeito do quantitativo de insumos e de mão de obra, aplicados na construção de uma casa popular de alvenaria por ambos os métodos.

Com os dados adquiridos, foi feita uma busca no SINTRACOM, e na tabela de preços da CAIXA, a fim de atualizar o salário da mão de obra e o preço dos insumos respectivamente, para que assim fosse possível chegar-se a uma análise atual de qual modelo construtivo é mais viável economicamente.

Com as mesmas informações também foi analisado quanto tempo cada método leva para ser executado, com a finalidade de comparar a produtividade de execução dos dois métodos em questão.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Caracterização do Solo

Os ensaios de caracterização demonstraram um solo de comportamento geral bom a excelente para a produção dos blocos solo-cimento, atendendo aos requisitos exigidos como limite de liquidez, limite de plasticidade e granulometria, os resultados serão apresentados nos tópicos a seguir.

6.1.1 Limite de Liquidez

Como planejado na metodologia, foram obtidos cinco resultados no ensaio, de tal forma que os mesmos estivessem no intervalo de 15 a 35 golpes, e de cada um sendo retiradas duas amostras para verificação da umidade, originando dez resultados apresentados na tabela 8.

Tabela 8 – Resultados de limite de liquidez

Amostras	Massa Inicial (g)	Massa Seca (g)	Tara (g)	Teor de Umidade (%)	MÉDIA (%)	nº de golpes
Amostra 1	LL1	18,16	16,44	8,24	21,12	24
	LL2	16,77	15,12	7,36		
Amostra 2	LL3	17,72	15,99	7,92	21,27	30
	LL4	16,27	14,82	7,95		
Amostra 3	LL5	17,48	15,7	7,90	22,73	15
	LL6	14,94	13,64	7,90		
Amostra 4	LL7	17,66	16,00	8,01	20,84	29
	LL8	17,47	15,81	7,87		
Amostra 5	LL9	16,77	15,32	8,16	20,17	35
	LL10	15,45	14,17	7,80		

Como o solo utilizado para a fabricação dos blocos solo-cimento não possui diferenças significativas com o solo utilizado para base e sub-base de pavimentação pode-se comparar os resultados com o estudo de Senço (2001), logo analisando-se os mesmos pode-se afirmar que o limite de liquidez atende a condição sugerida, sendo menor de 40%.

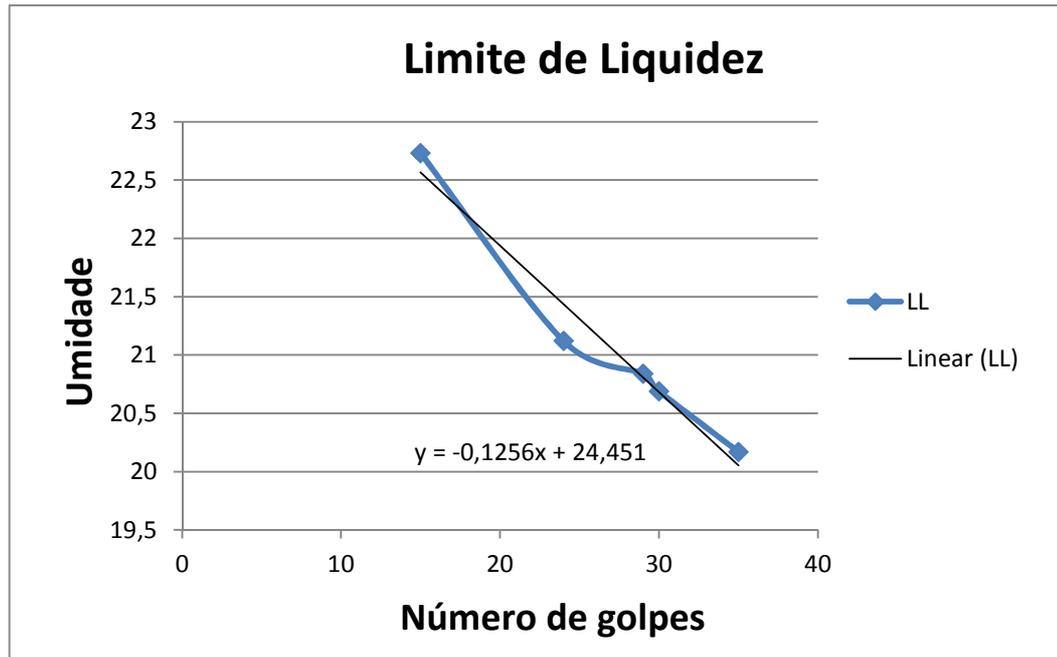


Figura 46 – Gráfico do limite de liquidez

Traçando-se o gráfico chega-se a equação da reta ($y = -0,1256x + 24,451$) onde obtém-se o valor de 21,31% de umidade conforme o gráfico da figura 46.

6.1.2 Limite de Plasticidade

Para o ensaio de limite de plasticidade foram realizadas três amostras, na figura 47 pode-se verificar o resultado final do ensaio.



Figura 47 – Aspecto final do ensaio de limite de plasticidade

Concluindo o ensaio, os valores obtidos de teor de umidade são apresentados na tabela 9.

Tabela 9 – Resultados de limite de plasticidade

Amostras	Massa Inicial (g)	Massa Seca (g)	Tara (g)	Teor de Umidade (%)	MÉDIA (%)
Amostra 1 LP1	10,45	10,07	7,92	17,67	17,05
Amostra 2 LP2	10,05	9,77	8,03	16,09	
Amostra 3 LP3	10,81	10,49	8,65	17,39	

De acordo com Senço (2001) o índice de plasticidade (IP) deve ser menor que 18%, como o limite de liquidez foi de 21,31% e de plasticidade 17,05% aplicando na fórmula $IP = LL - LP$ tem se que o índice de plasticidade é igual a 4,26%, ou seja, atendendo a condição segundo Senço (2001).

6.1.3 Granulometria Por Peneiramento

Os resultados do ensaio de granulometria indicaram a presença apenas de areia, sendo que, esperava-se também a presença de silte e/ou argila.

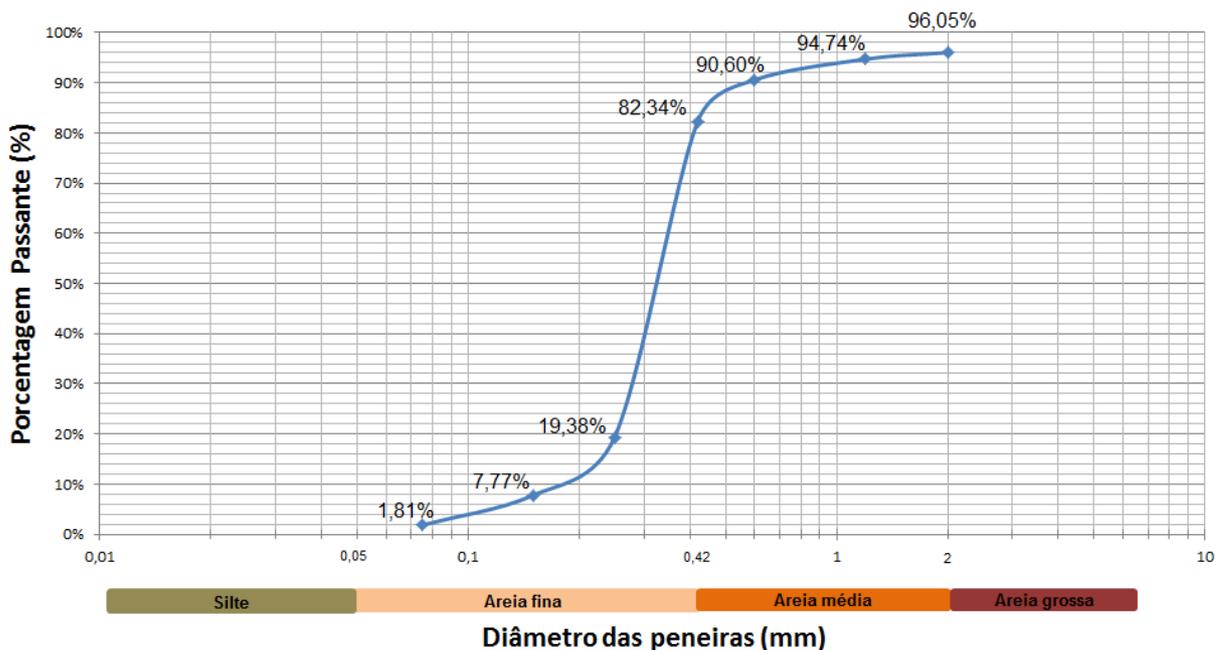


Figura 48 – Curva granulométrica

Analisando-se a curva granulométrica pode-se afirmar que o solo é em sua maioria constituído por areia fina. De acordo com Senço (2001) o solo empregado para a fabricação de bloco solo-cimento poderia conter no máximo 50% de silte e argila, sendo a parte argilosa menor que 20%.

6.1.4 Classificação do Solo

Com os resultados do limite de liquidez, limite de plasticidade e da granulometria do solo, é possível classifica-lo segundo a HRB. De acordo com a tabela 1, e segundo os dados dos ensaios realizados pode-se afirmar que o solo é classificado como A-3, sendo um material de excelente qualidade para os fins aplicados.

6.2 Resistência à Compressão Simples

Os dez blocos foram ensaiados de acordo com os passos detalhados na metodologia, e na figura 49 pode-se verificar o rompimento de um bloco ao final do ensaio.



Figura 49 – Rompimento do bloco solo-cimento

Os resultados de resistência dos blocos foram adequados, todas as peças atenderam os requisitos exigidos pela NBR 10834 (ABNT, 1994), onde a média deve ser superior a 2,0 MPa e para valores individuais maiores que 1,7 MPa.

Na tabela 10 são verificados os valores de resistência dos blocos solocimento.

Tabela 10 – Resultados de resistência à compressão simples

Amostras	Comprimento (cm)	Largura (cm)	Área (cm ²)	F (kN)	fc (MPa)	f'c médio (MPa)
Bloco 1	24,93	12,45	310,38	82,60	2,66	
Bloco 2	25,00	12,47	311,75	92,53	2,97	
Bloco 3	24,93	12,40	309,13	76,00	2,46	
Bloco 4	24,93	12,42	309,63	110,40	3,57	
Bloco 5	24,93	12,43	309,88	80,30	2,59	
Bloco 6	24,97	12,45	310,88	88,60	2,85	2,83
Bloco 7	24,97	12,45	310,88	89,80	2,89	
Bloco 8	24,93	12,43	309,88	84,60	2,73	
Bloco 9	24,93	12,50	311,63	70,80	2,27	
Bloco 10	24,93	12,50	311,63	104,60	3,36	

Na figura 50 apresenta-se os resultados de resistência à compressão simples na forma de gráfico.

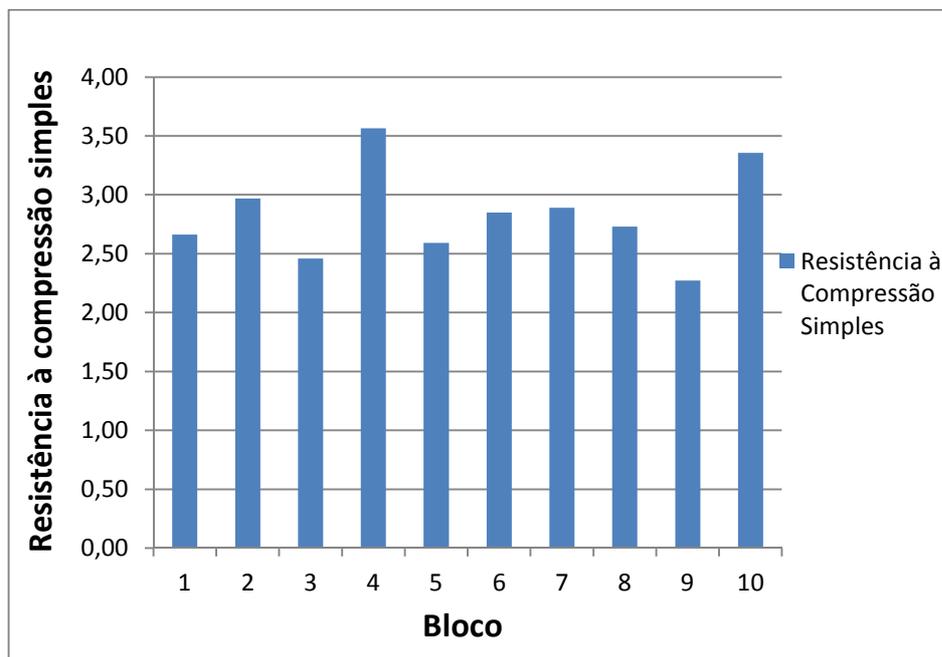


Figura 50 – Resultados de resistência à compressão simples

Analisando-se a tabela, verifica-se que o valor individual mais baixo foi de 2,27 MPa, respeitando o valor de 1,7 MPa exigidos por norma, e a média de 2,83 MPa também superior aos 2,0 MPa determinado pela norma.

Quando comparados com referências utilizados ao longo do trabalho, pode se concluir que os resultados obtidos nesses ensaios foram superiores aos de Senço (2001) e de Mieli (2009), considerando que o solo utilizado para os blocos em estudo é arenoso e a composição de cimento é de 8%.

6.3 Absorção de Água

Foram utilizados no ensaio de absorção de água 10 blocos de acordo com a NBR 10836 (ABNT, 1994). Os resultados foram satisfatórios, de acordo com a norma, os valores individuais de absorção deveriam ser inferiores a 22% e para a média menores de 20%, todos os 10 blocos ensaiados cumpriram com esse requisito e os resultados são apresentados na tabela 11.

Na tabela a seguir estão apresentados os resultados de absorção de água.

Tabela 11 – Resultados do ensaio de absorção de água

Amostras	Massa seca (kg)	Massa úmida (kg)	Teor de Umidade (%)	Média do Teor de Umidade (%)
Bloco 1	2,822	3,245	14,990	
Bloco 2	2,796	3,241	15,920	
Bloco 3	2,756	3,183	15,490	
Bloco 4	2,800	3,220	15,000	
Bloco 5	2,773	3,213	15,870	
Bloco 6	2,756	3,195	15,930	15,650
Bloco 7	2,760	3,192	15,650	
Bloco 8	2,787	3,210	15,180	
Bloco 9	2,680	3,142	17,240	
Bloco 10	2,796	3,221	15,200	

Para melhor visualização dos mesmos, figura 51 pode-se analisar os resultados de absorção de água em forma de gráfico.

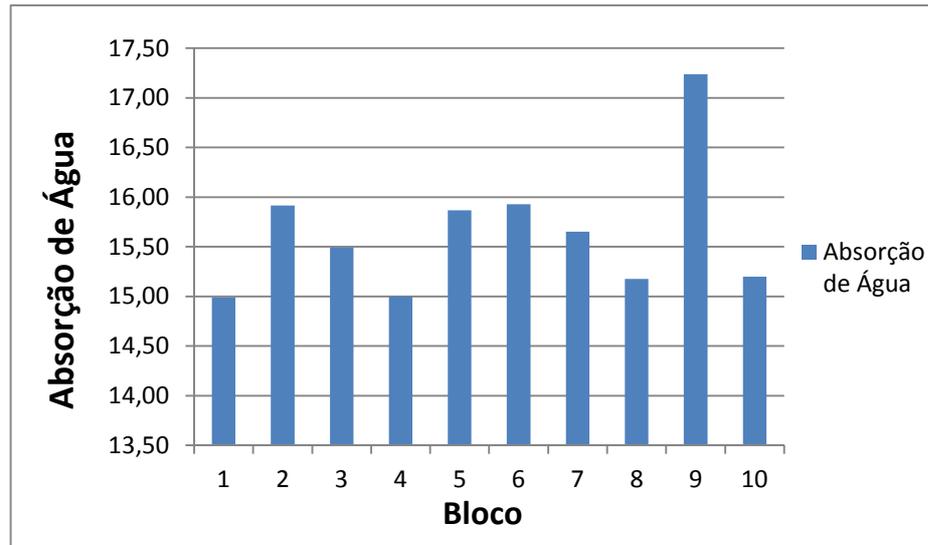


Figura 51 – Resultados de absorção de água

Analisando-se os resultados pode-se concluir que tanto para média quanto para valores individuais os resultados atendem os requisitos sugeridos por norma.

6.4 Verificação da Aparência

Quanto a aparência, os blocos foram analisados visualmente a fim de estabelecer um parâmetro de qualidade, os blocos apresentaram uma boa constância dimensional e como visto em figuras ao longo do trabalho demonstraram arestas vivas, cor homogênea e textura mediana, nem muito lisa a ponto de prejudicar sua aderência e nem porosa a ponto de absorver muita água, como verificado nos resultados do ensaio do item anterior. Na figura a seguir é possível verificar-se a aparência dos blocos solo-cimento.



Figura 50 – Aparência dos blocos solo-cimento

6.5 Estudo de Viabilidade em Relação ao Custo e a Produtividade

Com a finalidade de realizar-se uma análise do custo e de produtividade da produção de alvenarias com blocos solo-cimento e blocos cerâmicos, foi utilizada como base de comparação a execução de uma casa popular de 33m².

Para análise do custo da construção com alvenaria de blocos solo-cimento foram apresentadas nas tabelas 12, 13 e 14 composições de materiais e mão de obra com suas respectivas despesas.

Tabela 12 – Custo por metro quadrado da alvenaria de blocos solo-cimento 6,25x12,5x25 cm, embutido, com barra de aço 5/16”, até 1,60 m de altura.

Componentes	Unidade	Consumo	Preço Unitário	Preço Total
Material				
Tijolo de solo-cimento	un	64,00	R\$ 0,55	R\$ 35,20
Cimento Portland CP-32	Kg	13,48	R\$ 0,45	R\$ 6,07
Areia media	m ³	0,003	R\$ 57,50	R\$ 0,17
Pedrisco	m ³	0,003	R\$ 47,74	R\$ 0,14
Cola a base de PVA	Kg	0,51	R\$ 10,70	R\$ 5,42
Barra de aço CA-50 8 mm	kg	0,42	R\$ 2,82	R\$ 1,17
Mão de obra				
Pedreiro	h	0,74	R\$ 10,07	R\$ 7,45
Servente	h	0,77	R\$ 7,55	R\$ 5,81
Custo Total				R\$ 61,43

Fonte: Adaptado de PENTEADO e MARINHO, 2011.

Tabela 13 – Custo por metro quadrado de alvenaria de blocos solo-cimento (6,25x12,5x25cm), embutido, com barra de aço 5/16”, executada com andaime.

Componentes	Unidade	Consumo	Preço Unitário	Preço Total
Material				
Tijolo de solo-cimento	un	64	R\$ 0,55	R\$ 35,20
Cimento Portland CP-32	kg	13,48	R\$ 0,45	R\$ 6,07
Areia media	m ³	0,003	R\$ 57,50	R\$ 0,17
Pedrisco	m ³	0,003	R\$ 47,74	R\$ 0,14
Cola a base de PVA	kg	0,51	R\$ 10,70	R\$ 5,42
Barra de aço CA-50 8 mm	kg	0,42	R\$ 2,82	R\$ 1,17
Mão de obra				
Pedreiro	h	1,2	R\$ 10,07	R\$ 12,08
Servente	h	1,223	R\$ 7,55	R\$ 9,23
Custo Total				R\$ 69,48

Fonte: Adaptado de PENTEADO e MARINHO, 2011.

Tabela 14 – Custo total da obra realizada com alvenaria de blocos solo-cimento.

Componentes	Unidade	Custo	Quantidade	Preço Total
Alvenaria de bloco solo-cimento até 1,60 m	m ²	R\$ 61,43	49,38	R\$ 3.033,41
Alvenaria de bloco solo-cimento com andaime	m ²	R\$ 69,48	21,6	R\$ 1.500,77
Gesso aplicado em parede ou teto interno - desempenado	m ²	R\$ 7,53	52,44	R\$ 394,87
Azulejo assentado com argamassa de cimento colante	m ²	R\$ 21,76	16,15	R\$ 351,42
Pintura Látex interna	m ²	R\$ 14,21	16,15	R\$ 229,49
Chapisco de parede externa de cimento e areia sem peneirar 1:3. e=5mm	m ²	R\$ 3,44	45,17	R\$ 155,38
Emboço para parede externa com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6. e=20mm	m ²	R\$ 19,00	45,17	R\$ 858,23
Reboco para parede externa, com argamassa pré-fabricada. e=5mm	m ²	R\$ 11,70	45,17	R\$ 528,49
Pintura Látex acrílica em paredes externas sem massa corrida	m ²	R\$ 10,68	45,17	R\$ 482,42
Custo Total				R\$ 7.534,49

Fonte: Adaptado de PENTEADO e MARINHO, 2011.

Visto os custos da elevação da alvenaria de blocos solo-cimento por m² e total da obra respectivamente, foi descrito na tabela 15 a produtividade de execução da mesma.

Tabela 15 – Produtividade do sistema de alvenaria de blocos solo-cimento.

Componentes	Unidade	Oficial	Servente	Quantidade	Total
Alvenaria de bloco solo-cimento até 1,60 m	h	0,74	0,77	49,38	74,56
Alvenaria de bloco solo-cimento com andaime	h	1,20	1,22	21,60	52,27
Gesso aplicado em parede ou teto interno – desempenado	h	0,39	0,10	52,44	25,70
Azulejo assentado com argamassa de cimento colante	h	0,36	0,20	16,15	9,04
Pintura Látex interna	h	0,45	0,40	16,15	13,73
Chapisco de parede externa de cimento e areia sem peneirar 1:3. e=5mm	h	0,10	0,15	45,17	11,29
Emboço para parede externa com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6. e=20mm	h	0,85	0,66	45,17	66,85
Reboco para parede externa, com argamassa pré-fabricada. e=5mm	h	0,50	0,50	45,17	45,17
Pintura Látex acrílica em paredes externas sem massa corrida	h	0,40	0,35	45,17	33,88
Total					332,49

Fonte: Adaptado de PENTEADO e MARINHO, 2011.

Já analisado o custo pelo método construtivo com blocos solo-cimento, apresenta-se a seguir, na tabela 16, o custo da produção de alvenaria com blocos

cerâmicos por metro quadrado e na tabela 17 o custo total da alvenaria com blocos cerâmicos na construção de uma casa popular de 33m².

Tabela 16 – Custo por metro quadrado de alvenaria com blocos cerâmicos (14x19x39cm), com juntas de 12 mm de argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar, traço 1:2:8, espessura de 14cm.

Componentes	Unidade	Consumo	Preço Unitário	Preço Total
Material				
Bloco cerâmico	un	12,90	R\$ 1,60	R\$ 20,64
Cal hidratada	kg	2,89	R\$ 0,27	R\$ 0,78
Cimento CP II-32	m ³	2,89	R\$ 0,45	R\$ 1,30
Areia	m ³	0,19	R\$ 57,50	R\$ 10,93
Mão de obra				
Pedreiro	h	0,7	R\$ 10,07	R\$ 7,05
Servente	h	0,86	R\$ 7,55	R\$ 6,49
Custo Total				R\$ 47,19

Fonte: Adaptado de PENTEADO e MARINHO, 2011.

Tabela 17 – Custo total da alvenaria realizada com blocos cerâmicos.

Componentes	Unidade	Consumo	Quantidade	Preço Total
Alvenaria de bloco cerâmico	m ²	47,19	65,75	R\$ 3.102,74
Armadura de aço	kg	10,22	42,70	R\$ 436,39
Forma de madeira maciça para vigas	m ²	48,89	10,80	R\$ 528,00
Concreto estrutural virado em obra	m ³	280,68	0,54	R\$ 151,57
Chapisco de parede interna de cimento e areia sem peneirar 1:3, e=5mm.	m ²	3,44	68,59	R\$ 235,95
Emboço para parede interna com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6. e=20mm.	m ²	15,62	68,59	R\$ 1.071,38
Reboco para parede interna com argamassa pré-fabricada, e=5mm.	m ²	11,70	68,59	R\$ 802,50
Pintura Látex para área interna	m ²	14,21	52,44	R\$ 745,17
Azulejo assentado com argamassa de cimento colante.	m ²	21,76	16,15	R\$ 351,42
Chapisco de parede externa de cimento e areia sem peneirar 1:3, e=5mm.	m ²	3,44	45,17	R\$ 155,38
Emboço para parede externa com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6. e=20mm.	m ²	19,00	45,17	R\$ 858,23
Reboco para parede externa com argamassa pré-fabricada, e=5mm.	m ²	11,70	45,17	R\$ 528,49
Pintura com tinta látex acrílica em parede externa, sem massa corrida.	m ²	10,68	45,17	R\$ 482,42
Total				R\$ 9.449,66

Fonte: Adaptado de PENTEADO e MARINHO, 2011.

Visto o custo da elevação da alvenaria com blocos cerâmicos, foi apresentada na tabela 18 a produtividade dessa técnica construtiva.

Tabela 18 – Produtividade pelo método da alvenaria com blocos cerâmicos.

Componentes	Unidade	Oficial	Servente	Quantidade	Total
Alvenaria de bloco cerâmico	m ²	0,70	0,86	65,75	102,57
Armadura de aço	kg	0,08	0,08	42,70	6,83
Forma de madeira maciça para vigas	m ²	2,57	0,92	10,80	37,69
Concreto estrutural virado em obra	m ³	-	6,00	0,54	3,24
Chapisco de parede interna de cimento e areia sem peneirar 1:3, e=5mm.	m ²	0,10	0,15	68,59	17,15
Emboço para parede interna com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6. e=20mm.	m ²	0,60	0,80	68,59	96,03
Reboco para parede interna com argamassa pré-fabricada, e=5mm.	m ²	0,50	0,50	52,44	52,44
Pintura Látex para área interna	m ²	0,45	0,40	52,44	44,57
Azulejo assentado com argamassa de cimento colante.	m ²	0,36	0,20	16,15	9,04
Chapisco de parede externa de cimento e areia sem peneirar 1:3, e=5mm.	m ²	0,10	0,15	45,17	11,29
Emboço para parede externa com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:6. e=20mm.	m ²	0,82	0,66	45,17	66,85
Reboco para parede externa com argamassa pré-fabricada, e=5mm.	m ²	0,50	0,50	45,17	45,17
Pintura com tinta látex acrílica em parede externa, sem massa corrida.	m ²	0,40	0,35	45,17	33,88
Total					526,75

Fonte: Adaptado de PENTEADO e MARINHO, 2011.

Enfim, pode se concluir com as tabelas apresentadas que quando analisados de uma maneira mais detalhada o custo e a produtividade do modelo construtivo de blocos solo-cimento é muito mais atrativo que a técnica construtiva convencional com alvenaria de bloco cerâmico.

A residência popular de 33 m² construída por blocos solo-cimento apresentou um custo com alvenaria de R\$ 7.534,49 e a mesma alvenaria elevada por blocos cerâmicos resultou em R\$ 9.449,66, ou seja, a técnica construtiva que utiliza blocos solo-cimento chegou a ser cerca de 20% mais econômica para a residência em questão, e esta diferença poderia ser ainda maior, já que com modelo construtivo com blocos solo-cimento pode se dispensar o acabamento que foi levado em conta.

Em relação a produtividade, quando analisado as tabelas 15 e 18, o modelo sugerido também apresenta vantagens, sendo que o mesmo pode ser concluído em 332,49 horas enquanto que o modelo tradicional levaria 526,75 horas.

7 CONCLUSÕES

Após os estudos e ensaios realizados pode-se afirmar que os blocos solo-cimento apresentam valores médios adequados tanto para resistência à compressão simples (2,83 MPa) quanto para absorção de água (15,65%). Ao mesmo tempo, foi possível verificar que o solo utilizado para a fabricação dos blocos está classificado como A3, de acordo com o HRB, sendo um solo de comportamento bom a excelente. Também foi visto que a aparência dos blocos é aceitável, o mesmo apresentou arestas vivas e cor homogênea. Em relação ao custo ficou clara a vantagem de se utilizar os blocos solo-cimento, já que a economia para a elevação da alvenaria da residência popular chegou a 20%. Assim como a produtividade, sendo que enquanto é construída a alvenaria de duas residências com o modelo tradicional, seria possível no mesmo período de tempo, construir a alvenaria de três residências com a técnica utilizando os blocos solo-cimento. Enfim com os resultados obtidos pode-se afirmar que a utilização dos blocos solo-cimento é viável em todos os requisitos avaliados.

8 REFERÊNCIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland.** São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10834: Bloco Vazado de Solo-Cimento sem Função Estrutural.** Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10836: Bloco Vazado de Solo-Cimento sem Função Estrutural – Determinação da Resistência à Compressão e da Absorção de Água.** Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1: Componentes Cerâmicos – Parte 1 – Blocos Cerâmicos para Alvenaria de Vedação – Terminologia e Requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2: Componentes Cerâmicos – Parte 2 – Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural – Terminologia e Requisitos.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-3: Componentes Cerâmicos – Parte 3 – Blocos Cerâmicos para Alvenaria Estrutural e de Vedação – Métodos de Ensaio.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria – Requisitos.** Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457 – Amostras de Solo - Preparação para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização.** Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459 – Solo – Determinação do Limite de Liquidez.** Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180 – Solo – Determinação do Limite de Plasticidade.** Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181 – Solo – Análise Granulométrica.** Rio de Janeiro, 1984.

BARBOSA, Fernando B. et al. Um comparativo entre os blocos cerâmicos utilizados nas edificações de caruaru: Estudos preliminares. **Semana de Ciência & Tecnologia 2**. Caruaru 2011. Disponível em <http://www.cin.ufpe.br/~lsc4/snct2011/files/SNCTIFPE_0015.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2013.

BARBOSA, Normando P.; MATTONE, Roberto; MESBAH, Ali. Blocos de Concreto de Terra: Uma Opção Interessante Para a Sustentabilidade da Construção. **Biblioteca SEBRAE on-line**, 2002. Disponível em: <[http://201.2.114.147/bds/bds.nsf/AE6EC233B84C285B03256F940051465F/\\$File/NT000A3516.pdf](http://201.2.114.147/bds/bds.nsf/AE6EC233B84C285B03256F940051465F/$File/NT000A3516.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2013.

CLARO, Anderson. **Bloco de Concreto – Tipos**. Disponível em: <http://www.arq.ufsc.br/labcon/arq5661/trabalhos_2004-1/tijolos/>. Acesso em: 28 jul. 2013.

ECOSUL, Tijolo Ecológico. **Detalhes do Produto**. Disponível em: <<http://www.ecosultijoloecologico.com.br/produtos.php>>. Acesso em: 29 jul. 2013.

FLORES-COLEN, Inês et al. **Processo Construtivo de Paredes de Alvenaria**. Disponível em <http://www.civil.ist.utl.pt/~joaof/tc-cor/18%20Execucao_%20paredes%20alvenaria%20tijolo%20e%20blocos%20%20COR.pdf> Acesso em 30 jul. 2013.

FUNTAC. **Cartilha para produção de tijolo solo-cimento**. Rio Branco: FINEP, 1999. 25 p. Disponível em <<http://www.slideshare.net/bel85/producaodetijolosolocimento>>. Acesso em: 26 jul. 2013.

GRANDE, Fernando M. **Fabricação de Tijolos Modulares de Solo-Cimento por Prensagem Manual com e sem Adição de Sílica Ativada**. 2003. 165 f. Dissertação (Mestre em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em <<http://www.monteirotijolos.com/tese-solo-cimento.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2013.

GRECO, Jisela A. S. **Solos – Conceitos e Ensaio da Mecânica dos Solos – Classificação dos Solos para Fins Rodoviários**. 2004. Disponível em <<http://etg.ufmg.br/~jisela/pagina/Notas%20de%20aula%20solos.pdf>> Acesso em: 10 out. 2013.

IBGE. **Preços de insumos**. Caixa Econômica Federal. Curitiba: SINAPI, 2013. 105 p. Disponível em: <www1.caixa.gov.br/download/asp/ent_hist.asp?download=57347>. Acesso em: 28 ago. 2013.

KAZMIERCZAK, Claudio S. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais**. Cap. 18 – Produtos de Cerâmica Vermelha. Fortaleza: Geraldo Cechella Isaia, 2007.

MIELI, Priscilla H. **Avaliação do Tijolo Modular de Solo-Cimento como Material na Construção Civil**. 2009. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Materiais) – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Anuário Estatístico do Setor Transformação Não Metálicos**. Brasília: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. 2012. 88 p. Disponível em <http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/publicacoes/Anuarios/anuario_nao_metalicos_2012.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2013.

PENTEADO, Priscilla T., MARINHO, Raquele C. **Análise comparativa de custo e produtividade dos sistemas construtivos: alvenaria de solo-cimento, alvenaria de blocos cerâmicos e alvenaria estrutural com blocos de concreto na construção de uma residência popular**. 2011. 62 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2011. Disponível em <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/375/1/CT_EPC_2011_2_22.PDF> . Acesso em: 22 ago. 2013.

PIRES, Carlos W. A. S. et al. Blocos de Concreto: Característica do Processo de Produção na Região Metropolitana do Recife. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção 28**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_stp_069_496_12161.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2013.

PISANI, M. A. J. Um material de construção de baixo impacto ambiental: O tijolo de solo-cimento. **Sinergia**, São Paulo, v.6, n.1, p. 53-59, 2005. Disponível em <http://www.cefetsp.br/edu/prp/sinergia/complemento/sinergia_2005_n1/pdf_s/segmentos/artigo_07_v6_n1.pdf>. Acesso em: 14 out. 2013.

RODRIGUES, Edmundo. **Técnicas das Construções**. Rio de Janeiro: SBEA, 2001. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/37956208/Captulo4-Alvenaria>>. Acesso em: 26 jul. 2013.

SEGANTINI, Antonio A. S.; ALCÂNTRA, Marco A. M. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais**. Cap. 25 – Solo-cimento e Solo-Cal. Fortaleza: Geraldo Cechella Isaia, 2007.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2001.

SILVA, Ana P. M. **O uso de Tijolo de Solo-Cimento na Construção Civil**. 2013. 77 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

SINTRACOM. **Negociações Salariais 2013**. Disponível em <<http://www.sintracommaringa.com.br/sindicato/>>. Acesso em: 26 ago. 2013.

SOARES, José M. D.; TOMAZETTI, Rodrigo R.; PINHEIRO, Rinaldo B. Habitação em Paredes Monolíticas de Solo-Cimento. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**. Santa Maria – RS, n.5, p. 51-57, Ago. 2004. Disponível em <http://200.132.213.2/jmaraujo/Art6_N5.zip>. Acesso em: 11 out. 2013.

SOARES, Sebastião R. PEREIRA, Sibeli W. Inventário da Produção de Pisos e Tijolos Cerâmicos no Contexto da Análise do Ciclo de Vida. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 4, n. 2, 2004. Disponível em <<http://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3541/1942>>. Acesso em: 20 jul. 2013.

THOMAZ, Ercio et al. **Alvenaria de Vedação em Blocos Cerâmicos Código de Práticas nº 01**. São Paulo: FINEP. 2009. 72 p. Disponível em <www.ipt.br/download.php?filename=113-Codigo_de_Praticas_n_01.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2013.

TRIGUEIRO, André. **Mundo sustentável: abrindo um espaço na mídia para um planeta em transformação**. São Paulo: Globo. 2005. Disponível em <http://books.google.com.br/books?id=JGuWT7mLVgUC&printsec=frontcover&dq=Mundo+sustentavel+abrindo&hl=pt-BR&sa=X&ei=LmsdUqLFBIKK9QSa84GIDg&redir_esc=y#v=onepage&q=Mundo%20sustentavel%20abrindo&f=false>. Acesso 03 jul. 2013.

YUBA, Andrea N. MILANI, Ana P. da S. PIERETTI, Leandro. Comparação entre Processos de Produção de Blocos de Solo-Cimento e Cerâmico através da Análise do Ciclo de Vida. **Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis 3**. Recife, out. 2009. Disponível em <http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2009/2009_artigo_069.PDF>. Acesso em: 20 jul. 2013.