



Universidade Federal Rural do Semi Árido - UFERSA

Campus Caraúbas

Bacharelado em Ciência e Tecnologia

**A UTILIZAÇÃO DO TIJOLO ECOLÓGICO NA CONSTRUÇÃO DE CASAS
POPULARES.**

ALICE ANDRADE SOUZA

**CARAÚBAS - RN
Dezembro/2015**

ALICE ANDRADE SOUZA

**A UTILIZAÇÃO DO TIJOLO ECOLÓGICO NA CONSTRUÇÃO DE CASAS
POPULARES.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Departamento de Bacharelado em Ciências e
Tecnologia da Universidade Federal Rural do
Semiárido, como parte dos requisitos para
obtenção do Título de Bacharel.

Orientador:

Prof. Dr. Kleber Cavalcanti Cabral

CARAÚBAS - RN

Dezembro/2015

© Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Setorial Campus Caraúbas (BSCA)
Setor de Informação e Referência

S729u Souza, Alice Andrade.

A utilização do tijolo ecológico na construção de casas populares /
Alice Andrade Souza -- Caraúbas, 2015.
53f.: il.

Orientador Prof. Dr. Kleber Cavalcanti Cabral.

Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade
Federal Rural do Semi-Árido.

1. Tijolo solo-cimento. 2. Construção ecológica. 3. Engenharia
Civil. I. Título.

RN/UFERSA/BSCA

CDD: 624.1836

Bibliotecário: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB-15/700

ALICE ANDRADE SOUZA

**A UTILIZAÇÃO DO TIJOLO ECOLÓGICO NA CONSTRUÇÃO DE CASAS
POPULARES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Universidade Federal Rural do Semi-
Árido - UFERSA, Campus Caraúbas, para a
obtenção do título de Bacharelado em
Ciência e Tecnologia da Universidade
Federal Rural do Semi-Árido.

APROVADA EM: 02/12/2015

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Kleber Cavalcanti Cabral, Dr.
Orientador


Prof. Erica Natasche de Medeiros Gurgel Pinto, Dra.
1º Membro


Prof. Luis Henrique Gonçalves Costa, Msc.
2º Membro

“Posso todas as coisas naquele que me fortalece. Todavia fizestes bem em tomar parte na minha aflição.” Filipenses 4:13-14

A meu avô João da Silveira Leite que infelizmente não está mais presente, porém se tornou um grande exemplo para minha carreira profissional, e que um dia eu possa chegar perto de tudo àquilo que você conquistou meu grande engenheiro.

À minha avó Maria da Conceição, que também não estão presentes, mas que em vida, tive o prazer de receber todo o amor, carinho e ensinamentos. Sempre te amarei e sentirei sua falta.

Aos meus pais Francisco Fabiano e Magneide Dias por serem meus maiores orgulhos, por todo o amor dedicado, por todos os esforços e ensinamentos que fizeram o que sou hoje. Cada palavra nunca será suficiente para demonstrar todo o agradecimento e sentimentos que tenho por vocês.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Senhor Deus, a essência da minha vida. Que minha fé por ti seja renovada e fortalecida todos os dias, que meu amor por ti só tenha a crescer, meu Senhor, meu pai. E se cheguei até onde cheguei foi graças a ti, por toda a proteção, força e cuidado. Nenhum agradecimento será suficiente por tudo àquilo que já me foi dado, sem nenhum merecimento.

Aos meus pais Fabiano e Magneide por todos os esforços, por sempre acreditar na minha capacidade, por toda a educação que me foi transmitida e que me tornaram o que sou hoje. Tudo que fiz até aqui foi para que seus esforços fossem recompensados. E nada que eu fizer ou disser irá representar todo o meu amor e orgulho que tenho por vocês.

Ao meu irmão Emanuel Andrade, meu companheiro, de todos os momentos da infância e adolescência, meu insuportável amigo e meu mais novo orgulho, te amo meu galego.

A minha família, minha base, por todo o apoio, incentivo, ajuda, dedicação, conselhos e ensinamentos: meus tios Leila, Rita, Magna e Expedito, minha avó Dolores, meus primos Nathana, Alan e Thamires.

A Moyses Wagner, que se tornou um grande amigo, meu pai na fé, agradeço por todos os conselhos nos momentos que mais precisei, por todos os incentivos.

A meu namorado Garibaldi Jr. por todo o carinho, ajuda, por todo o incentivo, por toda compreensão, por todos os conselhos, pelos momentos compartilhados ao meu lado.

Aos meus bebês: Paulinho, Bigode e Fernandes, que sempre me acompanharam desde o início da trajetória no curso. Obrigada por todos os momentos de alegrias, raivas, noites sem dormir, noites de cachorradas, apesar da separação devido as diferentes escolhas de engenharia, sempre irei guardar cada momento compartilhado.

A minha amiga Tayla, por todo o apoio, por toda ajuda, pela sua amizade, você foi à irmã chata que Deus colocou na minha vida, e que mesmo quando a vida profissional nos separe, mas que essa irmandade possa resistir ao tempo e a distancia.

A todos os meus amigos que adquiri nessa fase universitária: Diogo, Moisés, Monalisa, Layon, Ceará bebê, Paulista, Saulo, Mychael, Alef, Giovaniny, Hugo, Adriana, Famela. No qual tive o prazer de compartilhar momentos de alegria, tristeza, cumplicidade, estudos.

A minhas meninas que nesses três anos: Keuri, Crys, Tayla, Kerol e Any. Compartilhando todos os momentos, aguentando meus e seus desabafos, estresses, alegrias,

tristezas, conquistas, derrotas. Obrigada por tudo, minhas lindas, sempre vou levar cada uma em meu coração.

As minhas Professoras que além de todos os conhecimentos que me foi repassado se tornaram especiais: Cibele e Érica. E ao querido orientador Kleber por toda ajuda, ensinamentos e paciência e principalmente pela sua frase de motivação “... E não sabendo que era impossível, ele foi lá e fez.”

RESUMO

Há um alto índice de habitações irregulares existentes no Brasil, isso é decorrente das consequências da falta de recurso financeiro da população de classe baixa. Em virtude do alto crescimento desordenado, o governo adotou medidas de implantação de programas de casas populares beneficiando de baixa renda, para serem construídas com materiais de baixos custos e sem agredir ao meio ambiente. Atendendo as essas solicitações pode-se destacar o tijolo solo-cimento, conhecido como ecológico, devido seu processo de fabricação não gera nem poluição atmosférica e nem queima. Logo, o presente trabalho, um estudo de caso com objetivo de elaborar um projeto arquitetônico modulado de uma casa popular confeccionada por tijolos solo-cimento, descrevendo suas principais vantagens e seu uso sendo uma boa alternativa para minimização de problemas ambientais, econômicos e sociais. Para isso, partiu-se de uma planta modelo adquirida através do programa Minha Casa Minha Vida, contendo todas as dimensões mínimas exigidas pelo programa, e adaptando-a ao uso modular do tijolo solo-cimento. A substituição do tijolo convencional pelo tijolo ecológico é considerado como uma prática sustentável, devido seu processo de fabricação não gerar desmatamento e nem lançamentos de poluentes, proveniente da queima. E sua quantidade de entulhos gerados comparado ao tijolo convencional é mínima.

Palavras-chave: Solo-cimento, ecológico, meio ambiente, modulação.

ABSTRACT

There is a high rate of existing irregular housing in Brazil, this is a result of the consequences of lack of financial resources of the lower-class population. Because of the high uncontrolled growth, the government adopted implementation measures of public housing programs benefiting low-income, to be built with low-cost materials and without harming the environment. Given these requests can highlight the soil-cement brick, known as ecological because its manufacturing process does not generate air pollution, or burning. Therefore, this paper, a case study to develop an architectural design modulated a popular home made by soil-cement bricks, describing its main advantages and its use being a good alternative to minimize environmental, economic and social problems. For this, left is a model plant acquired through the Minha Casa Minha Vida program, containing all the minimum size required by the program, and adapting it to the modular use of soil-cement brick. The replacement of conventional brick by brick is regarded as eco-sustainable practice, because the manufacturing process does not generate pollutant clearing nor releases from the burning. And their amount of debris generated compared to conventional brick is minimal.

Key-words: Soil-cement, ecological, environment, modulation.

Lista de Figuras

Figura 1- Residencial com paredes monolíticas de solo-cimento em Petrópolis	20
Figura 2 - Composição básica do tijolo ecológico	21
Figura 3 - Processo da formação dos solos.....	22
Figura 4 - Muralha da China.....	23
Figura 5 - A vila de São Paulo de Piratininga/ Brasil.....	24
Figura 6 - Preparação do solo- Peneiramento.....	30
Figura 7 - Preparo da mistura: mistura de materiais secos.	30
Figura 8 - Preparação da mistura – adição de água na mistura.	30
Figura 9 - Moldagem dos tijolos.....	31
Figura 10 - A) – Método de Cura por aspersão manual. B) – Método de cura por imersão	31
Figura 11 - Projeto Arquitetônico selecionado.....	35
Figura 12 - Dimensões do tijolo ecológico utilizado.....	36
Figura 13 - Planta modulada.....	39
Figura 14 - Corte transversal	40
Figura 15 - Corte Longitudinal.....	40
Figura 16 - Canteiro de obra organizado	42
Figura 17 - A) Rede elétrica e hidráulica embutidas na parede. B) e C) Representação do conforto térmico	42
Figura 18 - Custos de uma obra com tijolo modular.	44
Figura 19 - Custos de uma obra com tijolo convencional	44
Figura 20 - Fachada principal.....	52
Figura 21 - Fachada posterior.....	52
Figura 22 - Fachada lateral esquerda.....	53
Figura 23 - Fachada lateral direita.....	53

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Características do solo	25
Tabela 2 - Tipos e dimensões de tijolos solo-cimento produzidos no Brasil	32
Tabela 3 - Valores limites para blocos de solo-cimento.	33

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.2. Justificativa	16
1.3. Objetivos.....	16
1.3.1. Objetivo Geral	16
1.3.2. Objetivos Específicos	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1. QUESTÃO HABITACIONAL NO BRASIL	17
2.1.1. Déficit habitacional e inadequação habitacional no Brasil.....	17
2.1.2. Programa Minha Casa Minha Vida	19
2.2 SOLO-CIMENTO	20
2.2.1. Histórico	20
2.2.2. Composição	21
2.2.2.1. Solo	22
2.2.2.2 Cimento.....	27
2.2.3. Fabricação do tijolo solo-cimento:	29
2.2.4. Tipos de tijolos:	32
2.2.5. Vantagens e desvantagens do tijolo solo-cimento	41
3. METODOLOGIA.....	34
3.1. Escolha do projeto:	34
3.2. Adaptação do projeto com modulação do tijolo solo-cimento	36
4. RESULTADOS E DISCURSÕES.	38
4.1. Planta Modulada	38
5. CONCLUSÃO	46
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1. INTRODUÇÃO

Desde o surgimento das primeiras civilizações, o homem sentiu a ânsia de se firmar em um local, dando início a construção de suas habitações com a utilização dos recursos retirados da natureza. À medida que a civilização se desenvolvia e seu crescimento econômico aumentava, sucedeu uma divisão de classes sociais. Com isso, o privilégio da aquisição de alguns bens, como casa própria, era adquirido de forma hereditária ou por pessoas que tinha um poder aquisitivo maior. Assim, aqueles que tinham poucos recursos financeiros, passaram a construir moradias improvisadas, como favelas e cortiços, devido à necessidade de uma habitação.

De acordo com Lorenzetti (2001), devido o crescimento acelerado e desordenado de casas irregulares, o governo tomou medidas para beneficiar a classe de baixa renda, implantando programas de casas populares construídas com materiais de baixos custos e sem agressão ao meio ambiente.

Na busca por soluções e técnicas que minimizem os custos e os impactos ocasionados por uma construção. A engenharia pesquisa novas alternativas que possam satisfazer a escassez da matéria-prima visando à sustentabilidade.

Os recursos naturais presentes no mundo são em sua grande maioria finitos, preocupados com este fato, profissionais tem buscado produtos e tecnologias construtivas que ocasionem menos impactos ambientais, além de minimizar os problemas decorrentes da extração descontrolada de matéria-prima e emissão de gases poluentes na fabricação de determinados materiais para a construção. Diante desse cenário, o uso do tijolo de solo-cimento tem recebido grande destaque no mercado, principalmente pelo seu processo de produção ecologicamente correto (CASTRO, 2011).

A utilização da tecnologia de tijolos ecológicos vem crescendo e trabalhando de forma benéfica para a natureza gerando o menor impacto possível, pois utiliza como principal matéria prima a terra crua e não passa pelo processo de queima, que consome grandes quantidades de madeira e combustíveis, como é o caso dos tijolos produzidos convencionais que lançam na atmosfera uma grande quantidade de CO_2 (SOUZA *et al*, 2013).

Diante disso, um caminho alternativo é o uso do tijolo ecológico em casas de programas governamentais para a classe de baixa renda, veio a ser a principal área de

investigação no presente trabalho, devido a seu baixo custo na sua produção e impactos ambientais de menor escala.

1.2. Justificativa

Tendo em vista que a indústria da construção civil, desde sua existência, vem extraindo grandes quantidades de recursos naturais para seu funcionamento, e que a demanda desta indústria é crescente, pode-se verificar que haverá também um aumento na utilização dos recursos naturais da terra como forma de matéria prima.

De acordo Pisani (2005), não existe construção que não gere impacto, a busca é por intervenções que ocasionem em menor escala. Devido a este quadro de expansão, as empresas do ramo iniciaram processos de busca por inovações tecnológicas que revertam de alguma forma essa situação, como a substituição das matérias primas ou a diminuição de resíduos que gerados na construção civil.

Sendo assim, pesquisas relacionadas à implantação de resíduos para suprir a falta e redução do uso de matérias-primas, a fim de contribuir para empresas com informações, métodos de emprego e entre outros, é de extrema valia. O tijolo ecológico se encaixa perfeitamente como forma de reverter o quadro já exposto. Desta forma, o estudo e pesquisa sobre este tipo de tijolo só tem a contribuir para a otimização da indústria da construção civil e assim diminuir seus impactos sobre o meio natural.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Elaboração do projeto de casas populares, com a utilização de tijolos ecológicos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Elaborar um projeto arquitetônico modulado, que irá conter planta baixa, cortes e fachadas.
- Comparar a utilização do tijolo convencional com o tijolo ecológico mostrando os pontos positivos e negativos em uma construção civil.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. QUESTÃO HABITACIONAL NO BRASIL

De acordo com Lorenzetti (2001), a moradia é considerada como uma necessidade básica, de modo a ser identificada como um direito que integra à subsistência. O direito a moradia adequada é reconhecido internacionalmente devido a sua inclusão na Declaração Universal dos Direitos Humanos, em 1948, no artigo 25, onde declara que todo o homem tem direito a um padrão de vida adequado para si e a sua família saúde e bem estar, inclusive alimentação, vestuário, habitação, cuidados médicos e os serviços sociais indispensáveis.

Garantir o direito a uma moradia digna é um dos pressupostos fundamentais de qualquer país desenvolvido ou com pretensões a um desenvolvimento sustentado. A principal medida das necessidades de moradia é dada pelo déficit habitacional por inadequação, que considera a quantidade de moradias em condições inapropriadas: favelas, cortiços e moradias improvisadas (FGV, 2006).

A carência de moradias constitui um grave problema com que se defrontam os governos federal, estaduais e municipais. A situação é crítica, principalmente, entre as camadas de renda mais baixa da população, além das metrópoles, também centros de pequeno e médio porte (LORENZETTI, 2001).

Nem sempre um simples incremento dos programas de habitação é a solução mais indicada para melhorar as condições habitacionais da população mais pobre. Isto porque esses programas podem ser inviabilizados caso não sejam integradas a eles outras políticas urbanas, como de transporte, energia elétrica, esgotamento sanitário e abastecimento de água (AZEVEDO, 1996).

2.1.1. Déficit habitacional e inadequação habitacional no Brasil.

Segundo Garcia e Castelo (2006) o déficit habitacional é a ausência de moradia adequada, em que, a população está isenta desse privilegio devido seu caráter social e a precariedade do acesso às condições adequadas de terras.

Por outro lado, o conceito de inadequação de moradias reflete problemas na qualidade de vida dos moradores: não estão relacionados ao dimensionamento do estoque de habitações e sim a especificidades internas do mesmo (AZEVEDO, 2007).

São cinco as categorias de inadequação: pela carência de infraestrutura básica essencial (energia elétrica, fornecimento de água, serviço de esgotamento sanitário e coleta de lixo); adensamento excessivo de pessoas em domicílios próprios, pois os alugados estão inclusos no déficit habitacional; problemas de inadequação fundiária, por não possuir a propriedade legal do terreno; cobertura inadequada, ou que o telhado seja de madeira aproveitada, zinco, lata ou palha; e a inexistência de unidade sanitária domiciliar exclusiva (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2009).

O déficit habitacional brasileiro é de 5,79 milhões de famílias, o que representa um índice de 9,1% de famílias não possuem residências ou vivem em condições inadequadas. Os dados foram obtidos com base no PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios) 2007-2012, pelo instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (CBIC, 2012).

Na seção da perspectiva histórica acerca do déficit habitacional brasileiro, foram apresentadas as diversas políticas habitacionais implantadas em cada época, ações do Governo Federal com o intuito de combater este problema social que afeta grande parte da população brasileira (SILVA, 2013).

De acordo com o Ministério das Cidades (2004, p. 29), a Política Nacional de Habitação- PNH foi formulada com o objetivo de “promover as condições de acesso à moradia digna a todos os segmentos da população, especialmente o de baixa renda, contribuindo, assim, para a inclusão social”.

As principais diretrizes da PNH são o desenvolvimento institucional, a mobilização de recursos, a identificação da demanda, a gestão do subsídio, qualidade e produtividade da produção habitacional, sistema de informação, avaliação e monitoramento da habitação, urbanização de assentamentos precários e produção da habitação, garantia de provisão habitacional e áreas urbanizadas, integração à política de desenvolvimento urbano e contratos de financiamento habitacional com flexibilidade de negociação (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2004).

Segundo o Ministério das Cidades, uma das estratégias de consolidação da PNH foi a implantação do Plano Nacional de Habitação – PlanHab, com o objetivo de “formular uma

estratégia de longo prazo para equacionar as necessidades habitacionais do país, direcionando da melhor maneira possível, os recursos existentes e a serem mobilizados”. Com isso, o PlanHab se consolidou através do Programa “Minha Casa, Minha Vida”.

2.1.2. Programa Minha Casa Minha Vida

O programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) foi criado com a intenção de financiar habitações para a população com renda baixa, tendo a finalidade de reduzir o déficit habitacional do País, além de impulsionar a indústria da construção civil, para combater a recessão e o desemprego, assim explica Ferreira (2009).

De acordo com Ministério das Cidades (2009), o Programa “Minha Casa, Minha Vida”, implantado em 2009, divide-se em dois ramos de atuação: o primeiro busca atender às famílias de mais baixa renda, mais especificamente as que ganham o equivalente a até três salários mínimos, oferecendo um subsídio de até R\$ 17.960,00 para o valor total do imóvel. Já o segundo eixo tem como público alvo as famílias que ganham entre três a seis salários mínimos, oferecendo um subsídio parcial e condições especiais no financiamento. Estes dois grupos contemplam a maior parte do déficit habitacional existente atualmente no país. .

Segundo Magalhães (2013) o PMCMV tenta promover: o incentivo à realização de empreendimentos na área urbana consolidada; a inovação e qualificação dos parâmetros de projeto para empreendimentos e unidades garantindo maior sustentabilidade; a utilização de soluções construtivas e projetuais que minimizem os custos de manutenção do condomínio; a ampliação da agenda de formação, pesquisa e extensão universitária relacionada à habitação; e a qualificação do repertório de ação e fortalecimento de capacidades institucionais para realização do trabalho social nos empreendimentos habitacionais;

2.2. SOLO-CIMENTO

2.2.1. Histórico

Em 1929, Proctor descobria a relação umidade/peso específico aparente na compactação de solos, o que permitia o início do desenvolvimento do solo-cimento para diversos tipos de construções, tais como: pavimentação, revestimento de canais, diques, reservatórios e barragens de terra, estabilização de taludes, injeções, ladrilhos tijolos, blocos, painéis e paredes monolíticas. (BAUER, 1995)

Castro e Silva (2011) ressalta que os primeiros relatos da aplicação de solo-cimento no âmbito da construção civil foram no início do século XX, nos Estados Unidos, entretanto, o registro das pesquisas pioneiras procedeu no ano de 1935 feitas em parceria com a PCA (Portland Cement Association). A partir de 1960 o estudo de solo-cimento passou a ser mais abrangente no Brasil, dando início a estudos científicos incentivados pelas instituições: IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e a ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland.

No Brasil, em 1945, foi construída a primeira obra de solo-cimento que se tem notícia, uma casa de bombas para abastecimento das obras do aeroporto em Santarém, Pará, com 42m². Em seguida, Petrópolis, no local denominado Vale Florido, foram executadas em casas residenciais com paredes monolíticas de solo-cimento (BAUER, 1995). Mostrado pela figura 1.

Figura 1- Residencial com paredes monolíticas de solo-cimento em Petrópolis



Fonte: Bauer, 1995

No entanto Fiquerola (2004) apresenta que o solo-cimento só foi amplamente empregado em moradias por volta de 1978, quando o antigo BNH (Banco Nacional de Habitação) autorizou a técnica para construções de habitações populares. Na época, estudos feitos pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) e pelo Ceped (Centro de pesquisas e Desenvolvimento) comprovaram que, além do bom desempenho termoacústico, o solo-cimento aplicado em construções ocasionava uma redução de custos de 20% a 40%, se comparado com as alvenarias tradicionais, de tijolos de barro ou cerâmico.

2.2.2. Composição

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), o solo-cimento é um material resultante da mistura íntima de solo, cimento portland e água, que compactados na umidade ótima e sob a máxima densidade, em proporções previamente estabelecidas, obtém-se um material com boa resistência à compressão, através das reações de hidratação. Consequentemente, surge um bom índice de impermeabilidade, baixo índice de retração volumétrica e boa durabilidade, através das reações de hidratação do cimento. A figura 2 representa a composição básica do tijolo solo-cimento.

Figura 2 - Composição básica do tijolo ecológico



Fonte: <http://www.tjleco.com.br/produtos/tijolo-ecologico/>

Bauer (1995) ressalva que alguns fatores podem intervir nas características do material final, dentre eles são a dosagem do cimento, natureza do solo, teor de umidade e compactação ou prensagem.

2.2.2.1. Solo

O surgimento dos solos é ocasionado por alguns fatores como: agentes atmosféricos, água, variações de temperatura e decomposições químicas que, frequentemente, agem de forma agressiva na superfície terrestre e transformam rochas em solos. A figura 3 demonstra o processo da formação do solo.

Figura 3 - Processo da formação dos solos.



Fonte: <http://www.geonatureza13.blogspot.com.br/2010/06/formacao-do-solo.html>

O solo pode ser definido como um material não consolidado da camada superficial da terra, facilmente desagregável, contendo minerais diversos sob as formas de areia (pequenas partículas bem resistentes, duras); de silte (partículas mais finas que a areia, geralmente sedimentadas sob a forma de camadas pulverizadas); e de argilas (silicatos hidratados de alumínio, e que constitui o barro) (CEBRACE, 1981).

Ortigão (2007) ressalta que o conceito do que é solo depende de quem irá manuseá-lo. E, para o engenheiro civil, solos são aglomerados de partículas de decomposição de rochas, que podem ser escavados com facilidades, sem a aplicação de explosivos, para serem empregadas em materiais de construção ou suporte de estruturas.

a) Solo como material de construção

Segundo Silva (2001), a aplicação da terra para erguer abrigos, foi uma forma encontrada pelo homem primitivo em sua ânsia para suprir as dificuldades que existiam na obtenção de pedras e madeiras.

De acordo com o Instituto Alberto Luis Coimbra, de Pós Graduação, o solo como material de construção tem sido utilizado há pelo menos dez mil anos, sendo registrado em culturas antigas como a grega e a romana. Algumas destas obras resistem ao tempo, conservando sua qualidade estética e principalmente, sua qualidade estrutural (BAUER, 1995). Outra edificação erguida a partir do século III A.C com blocos de terra batida é a muralha da China, caracterizada por sua grandiosidade e resistência até os dias atuais, conforme é demonstrado na figura 4.

Figura 4 - Muralha da China



Fonte: <http://www.renovacaoeli.com/2015/03/muralha-da-china-caracteristicas.html>

No Brasil, o processo construtivo através do uso de solo, trazido pelos portugueses, teve presença marcante durante o período colonial. São Paulo adotou intensamente este sistema nas construções feitas no planalto de Piratininga e nos caminhos dos bandeirantes até Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás (TAVEIRA, 1987). De modo a ser visto na figura 5.

Figura 5 - A vila de São Paulo de Piratininga/ Brasil



Fonte: http://www.multirio.rj.gov.br/historia/modulo01/vila_piratininga.html

Rodrigues (2008) considera que o emprego de solo como material construtivo proporciona benefícios às obras civis, devido sua abundância, sua fácil obtenção e baixo custo.

Conforme dados apurados sobre uso de solo em edificações, Mieli (2009) argumenta que deve haver um critério quanto ao emprego do solo como material de construção. Isto porque suas propriedades podem dar ensejo a alguns problemas, haja vista serem materiais que se mostram de formas complexas e heterogêneas.

Na combinação dos produtos que resultam o tijolo solo-cimento, o solo é componente de maior proporção na mistura, que influencia na qualidade e no custo final do produto. De modo, que o solo deve ser selecionado para que, na mistura, consuma uma quantidade menor de cimento, que resulta na coesão do tijolo solo-cimento, conforme Pires (2004) ressalta.

Os solos, em decorrência de sua origem e formação, podem apresentar ou não material orgânico. Silva (2005) sugere que para sua utilização na mistura do solo-cimento deve-se dar prioridade aos solos cuja composição não apresente matéria orgânica.

O solo ideal deverá ter algumas características para que o tijolo atenda os requisitos, como ter: uma boa resistência mecânica, impermeabilidade, durabilidade e exigências estéticas que deverão ser registradas e analisadas em laboratório (SOUZA *et al*, 2013).

b) Escolha do solo

Existe uma grande diversidade de solos. Silva (2005) menciona que para mistura de solo-cimento é primordial realizar uma seleção quanto à escolha do tipo de solo a ser empregado, cuidados quanto à sua composição básica, como a proporção da granulometria dos grãos existentes no solo.

De acordo com a ABNT (1989) através da NBR 10832, é fundamental que o solo atenda as características apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 – Características do solo

Característica	Condições (%)
% de solo que passa na peneira ABNT 4,8mm (n.º 4)	100
% de solo passa na peneira ABNT 0,075mm (n.º 200)	10 a 50
Limite de liquidez	≤ 45
Limite de plasticidade	≤ 18

Fonte: Adaptada da NBR 10832, 1989.

Para Castro e Silva (2011) os solos mais apropriados são os arenosos, contendo teores baixos de argila e silte, de modo que, as especificações mais adequadas para utilização na fabricação do solo-cimento são:

- ✓ Teor de areia: superior a 50%
- ✓ Teor de silte: 10 a 20%
- ✓ Teor de argila: 20 a 30%

Silva (2005) salienta que o uso dos solos com a predominância de parcelas argilosas ou siltosas não são recomendáveis, tendo em vista que, as argilas têm propriedades aglomerantes que promovem resistência inicial e melhoria na trabalhabilidade do material. Porém suas propriedades podem gerar trincas, fissuras e perda de resistência ao tijolo depois

de seco. Sendo que, Castro (2011) descreve que para a correção dos solos argilosos quanto à sua plasticidade e granulometria pode ocorrer por intermédio da adição de areia.

Pires (2004) ressalva que os solos arenosos são indicados por apresentar uma boa resistência e, sendo um material inerte, auxiliam em uma maior estabilidade e resistência final. Por outro lado, devido a preponderância de areias necessita de um tempo maior de espera para que o ganho de resistência seja satisfatório. Desse modo, combina-se areia e silte para obter uma melhor resistência inicial. É preciso frisar que solos arenosos requerem poucas quantidades de cimento comparado aos siltosos e argilosos.

Lopes (2002) enfatiza que o uso de solos contendo impurezas orgânicas, na mistura de solo-cimento, dificulta a hidratação do cimento, tolerando-se, um teor máximo de 2% de matéria orgânica. Dessa forma, o peneiramento é primordial quando a terra possui defeitos de textura, a fim de facilitar a separação de pedras e materiais orgânicos.

c) Estabilização do solo

O termo "estabilização do solo" corresponde a qualquer processo, natural ou artificial, pelo qual um solo, sob o efeito de cargas aplicadas, se torna mais resistente à deformação e ao deslocamento, do que o solo primitivo. Tais processos consistem em modificar as características do sistema solo-água-ar com a finalidade de se obter propriedades de longa duração compatíveis com uma aplicação particular (HOUBEN & GUILLAUD, 1994).

Segundo Mieli (2009), a estabilidade do solo influencia no aumento da resistência mecânica, diminuição da permeabilidade, controle de fissuração por retração por secagem, resistência à erosão e abrasão, consequentemente, a durabilidade do material. De modo a promover:

- Redução de volume de vazios, que influencia na porosidade;
- O preenchimento dos vazios que não são eliminados por completo, que alteram as características da permeabilidade do solo;
- Uma melhor aderência entre os grãos, influenciando diretamente na permeabilidade do solo;

Existem três métodos principais para estabilização do solo: estabilização mecânica, estabilização física e estabilização química. De acordo com Grande (2003), a estabilização mecânica consiste em compactar o solo por meio de uma aplicação de energia mecânica, afetando na densidade, na resistência mecânica, na compressibilidade, permeabilidade e porosidade. A estabilização física age sobre a textura do solo, no qual adiciona frações de grãos com diferentes granulometria, entre argila, silte e areia, resultando um melhor empacotamento dos grãos. E a estabilização química é quando outros materiais não inseridos ao solo modificam suas propriedades ou por reação físico-química entre grãos e o material, ou a criação de uma matriz que aglutina e cobre os grãos. Alguns tipos de materiais que podem se empregados nesse tipo de estabilização são: Cimento Portland, cal, betume e fibras.

Guimarães (1998) instrui que o tipo de estabilização adequada é influenciada pelos fatores como: viabilidade econômica, finalidade da obra, características dos materiais e as propriedades do solo que desejar corrigir.

2.2.2.2. Cimento

O cimento portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido à ação da água, o cimento portland não retorna a se decompor mais (ABCP/BT-106, 2002).

Como descrito em Bauer (1995), o cimento é o material adquirido através do processo de pulverização do clinker constituídos de silicatos de cálcio, com uma proporção de sulfato de cálcio natural, agregando substancias que alteram as propriedades ou facilitam sua aplicação.

Mieli (2009) relata que o clinker, quando moído, contém a composição química específica e propriedades físicas do cimento, contendo os principais compostos:

- Silicato tricálcio, ou alita (C_3S)
- Silicato dicálcico, ou belita (C_2S)
- Aluminato tricálcio (C_3A)
- Ferroaluminato tetracálcico, ou ferrita (C_4AF)

A compreensão dos produtos gerados pela hidratação do cimento, bem como calor liberado e velocidade de reação, como Grande (2003) descreve, é de grande importância para o uso prático do cimento Portland. Por se tratar de um constituinte da mistura do solo-cimento, é necessário conhecer algumas características desse material.

- C_3A - reage rapidamente nos primeiros instantes e provoca um elevado calor de hidratação; baixo desenvolvimento de resistência e forte retração.
- C_3S – responsável pelos primeiros aumentos de resistência e favorece para a liberação de calor.
- C_2S – proporciona o aumento de resistência ao longo do tempo com baixa liberação de calor.
- C_4AF – desenvolvimento lento e pequeno da resistência mecânica e boa resistência a ataques por sulfatos.

No solo-cimento, assim como em concretos e argamassas, a natureza do cimento deve ser considerada para a proposta de desenvolvimento de pesquisas que visam melhorar o desempenho desse material. Sabe-se que diferentes composições do cimento conduzem a comportamentos distintos da mistura de solo-cimento, principalmente nos que se referem à fissuração por retração. (GRANDE, 2003)

Para ABCP/BT-106 (2002), existe no Brasil uma variedade de cimento portland, diferentes entre si, principalmente em função de sua composição. Os tipos de cimentos são:

- Cimento portland comum;
- Cimento portland composto;
- Cimento portland de alto-forno;
- Cimento portland pozolânico.
- Cimento portland de alta resistência inicial;
- Cimento portland resistente aos sulfatos;
- Cimento portland branco;
- Cimento portland de baixo calor de hidratação;
- Cimento para poços petrolíferos.

A ABCP/BT-106 (2002) mostra que certos tipos de cimentos são mais apropriados para determinados fins do que outros, e indica quais tipos de cimentos disponíveis no

mercado que podem ser empregados nas mais diferentes aplicações, dando ênfase para os que são utilizados na composição do solo-cimento, conforme apresentado no anexo 1.

Para Pires (2004), o tipo de cimento aplicado na fabricação do tijolo solo-cimento necessita atender as especificações das seguintes normas da ABNT NBR:

- NBR 5732 (1984) – Cimentos Portland Comuns (CP I e CP I-S);
- NBR 5733 (1984) – Cimento Portland de alta resistência inicial (CP V – ARI);
- NBR 5735 (1984) – Cimento Portland de alto-forno (CP I);
- NBR 5736 (1984) – Cimento Portland pozolânico (CP IV);

Mieli (2009) revela que a incorporação do cimento ao solo permite a obtenção de um material com as seguintes vantagens:

- Absorção e a perda de umidade do material não causam variações volumétricas consideráveis;
- O material não se deteriora quando submerso em água;
- Há aumento de resistência à compressão;
- É mais durável, pois possui uma menor permeabilidade.

Em contrapartida, argumenta que a quantidade de cimento na mistura pode prejudicar a qualidade do tijolo, assim como o tipo de solo, o método de mistura e a compactação. O aumento do teor de cimento resulta no aumento da resistência à compressão gerando durabilidade, porém se o aumento for muito elevado é provável que ocasione fissuras no material.

2.2.3. Fabricação do tijolo solo-cimento:

Para a fabricação do tijolo solo-simento, Grande (2003) descreve os procedimentos realizados nas seguintes etapas:

- **Preparação do solo:** corresponde em destorrar e peneirar o solo seco, demonstrado na figura 6;

Figura 6 - Preparação do solo- Peneiramento



Fonte: Cartilha do Eco Produções

- **Preparo da mistura:** adiciona-se o cimento ao solo e realiza-se uma mistura dos materiais secos. Logo em seguida adiciona-se água e mistura até uniformizar a umidade no solo. Conforme é representado nas figuras 7 e 8;

Figura 7 - Preparo da mistura: mistura de materiais secos.



Fonte: 30R30P://ecomaquinas.com.br/tijolo-ecologico-como-produzir

Figura 8 - Preparação da mistura – adição de água na mistura.



Fonte: <http://ecomaquinas.com.br/tijolo-ecologico-como-produzir>

- **Moldagem dos tijolos:** A mistura é colocada no equipamento e procede à prensagem e à extração do tijolo ou do bloco, como é demonstrada na figura 9;

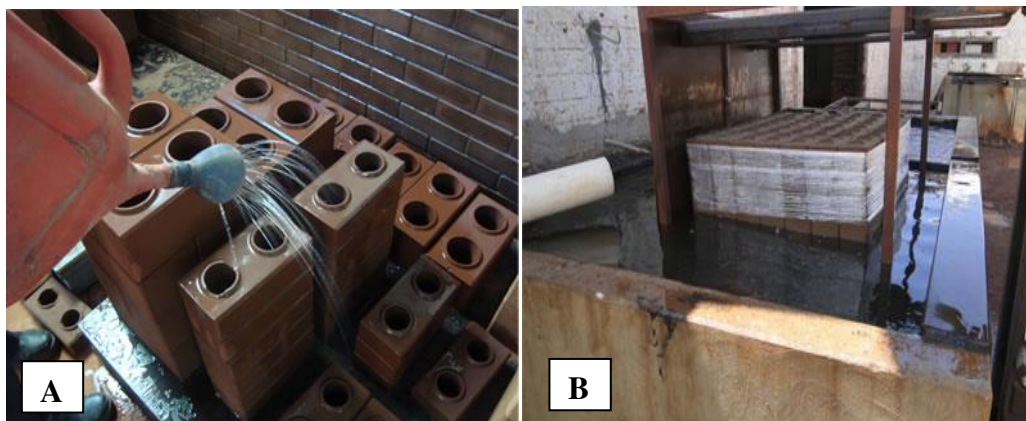
Figura 9 - Moldagem dos tijolos



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=CD6Xi5Y2D7w>

- **Cura e armazenamento:** durante os 7 primeiros dias, os tijolos devem ser mantidos úmidos, de acordo como é ilustrado na figura 10, por imersão ou aspersão manual.

Figura 10 - A) – Método de Cura por aspersão manual. B) – Método de cura por imersão



Fonte: <http://ecomaquinas.com.br/tijolo-ecologico-como-curar>

Pisani (2005) explica que os furos promovem vantagens ao tijolo, como:

- Encaixar uns sobre os outros, facilitando assim o assentamento e diminuindo o tempo de execução e quantidade de argamassa ou cola empregadas;
- Diminuir o peso das alvenarias, o que implica diretamente diminuir o dimensionamento das fundações e outras estruturas;

- Aumentar o isolamento termo-acústico, pois os furos compõe câmaras-de-ar na parte central das alvenarias.

Segundo o engenheiro CasaNova os Blocos de solo-cimento são mais ecológicos do que tijolos cerâmicos ou de barro cozido, por dispensarem a queima de madeira ou óleo combustível na sua fabricação. Segundo o engenheiro, para a fabricação de mil tijolos cerâmicos de 20 cm x 20 cm x 10 cm, é necessária a queima de cinco árvores de porte médio ou 120 kg de óleo combustível (TECHNE, 2004). Para Sala (2006) o processo de fabricação do tijolo ecológico evita desmatamento e poluição no ar, de modo a não emitir resíduos tóxicos no meio ambiente.

2.2.4. Tipos de tijolos:

No mercado brasileiro são encontrados diversos tamanhos e modelos de tijolo de solo-cimento. Pisani (2005) menciona que estes são escolhidos de acordo com a mão de obra, os materiais e equipamentos locais e outras condicionantes específicas. Alguns tipos são representados na tabela 2.

Tabela 2 - Tipos e dimensões de tijolos solo-cimento produzidos no Brasil

Tipo	Dimensões	Características
Maciço comum	5 x 10 x 20 cm 5 x 10 x 21 cm	Assentamento com consumo de argamassa similar aos tijolos maciços comuns.
Maciço com encaixes	5 x 10 x 21 cm 5 x 11 x 23 cm	Assentamento com encaixes com baixo consumo de argamassa.
½ tijolo com encaixes	5 x 10 x 10,5 cm 5 x 11 x 11,5 cm	Elemento utilizado para que não haja quebras na formação dos aparelhos com juntas desencontradas.

Tijolos com dois furos e encaixes	5 x 10 x 20 cm 6,25 x 12,5 x 25 cm 7,5 x 15 x 30 cm	Assentamento a seco, com cola branca ou argamassa bem plástica. Tubulações passam pelos furos na vertical.
Meio-tijolo com furo e encaixe	5 x 10 x 10 cm 6,25 x 12,5 x 12,5 cm 7,5 x 15 x 15 cm	Elemento para acertar os aparelhos, sem necessidade de quebras.
Caneletas	5 x 10 x 20 cm 6,25 x 12,3 x 25 cm 7,5 x 15 x 30 cm	Elemento empregado para execução de vergas, reforços estruturais, cintas de amarração e passagem de tubulações horizontais.

Fonte: Adaptada de PISANI, 2005

Tango (1990) enfatiza que o bloco deve dispor de arestas vivas ou chanfradas e não deve apresentar fissuras, fraturas ou outros defeitos que possam prejudicar o assentamento, a resistência e a durabilidade da alvenaria.

A norma da ABNT NBR 10834 (1994) exige que os tijolos devam atender as condições mínimas de resistência à compressão e absorção de água, conforme é apresentado na tabela 3.

Tabela 3 - Valores limites para blocos de solo-cimento.

Valores Limites (aos 28 dias)	Média	Individual
Resistência à Compressão (Mpa)	$\geq 2,0$	$\geq 1,7$
Absorção de Água (%)	≤ 20	≤ 22

Fonte: NBR 10834.

Segundo Castro (2008) tijolos que não manifestar as condições estabelecidas pela NBR 10834 aos 28 dias, não implica dizer que não possam ser utilizados na construção, pois alguns tijolos são adicionados materiais à suas misturas que possuem altos índices de atividades pozolânicas, dessa forma pode indicar que possuem um ganho de resistência retardado, podendo atingir tais índices após o período de 28 dias.

3. METODOLOGIA

Este trabalho se apresenta como o estudo de caso, onde é realizada uma análise do emprego de tijolo ecológico na construção de casas populares. No estudo da situação foram elaboradas plantas arquitetônicas e apresentadas algumas vantagens da utilização do tijolo ecológico em construções de casas populares.

3.2. Escolha do projeto:

Para que um projeto de uma habitação popular seja inserido no Programa Minha Casa Minha Vida, é necessário que esteja adepto as especificações do programa. Segundo as orientações do MCMV, um projeto de uma moradia de tipologia 1 (casa térrea), é fundamental cumprir no mínimo as seguintes especificações:

- ✓ Casa térrea: mínimo 35 m²
 - Compartimentos: sala, cozinha, banheiro, 2 dormitórios, área externa com tanque;
 - Forro: laje de concreto ou forro de madeira ou PVC;
 - Pé-direito: 2,20m da cozinha e banheiro, e 2,50m no restante.
 - Passeio: 0,50m no perímetro da construção.

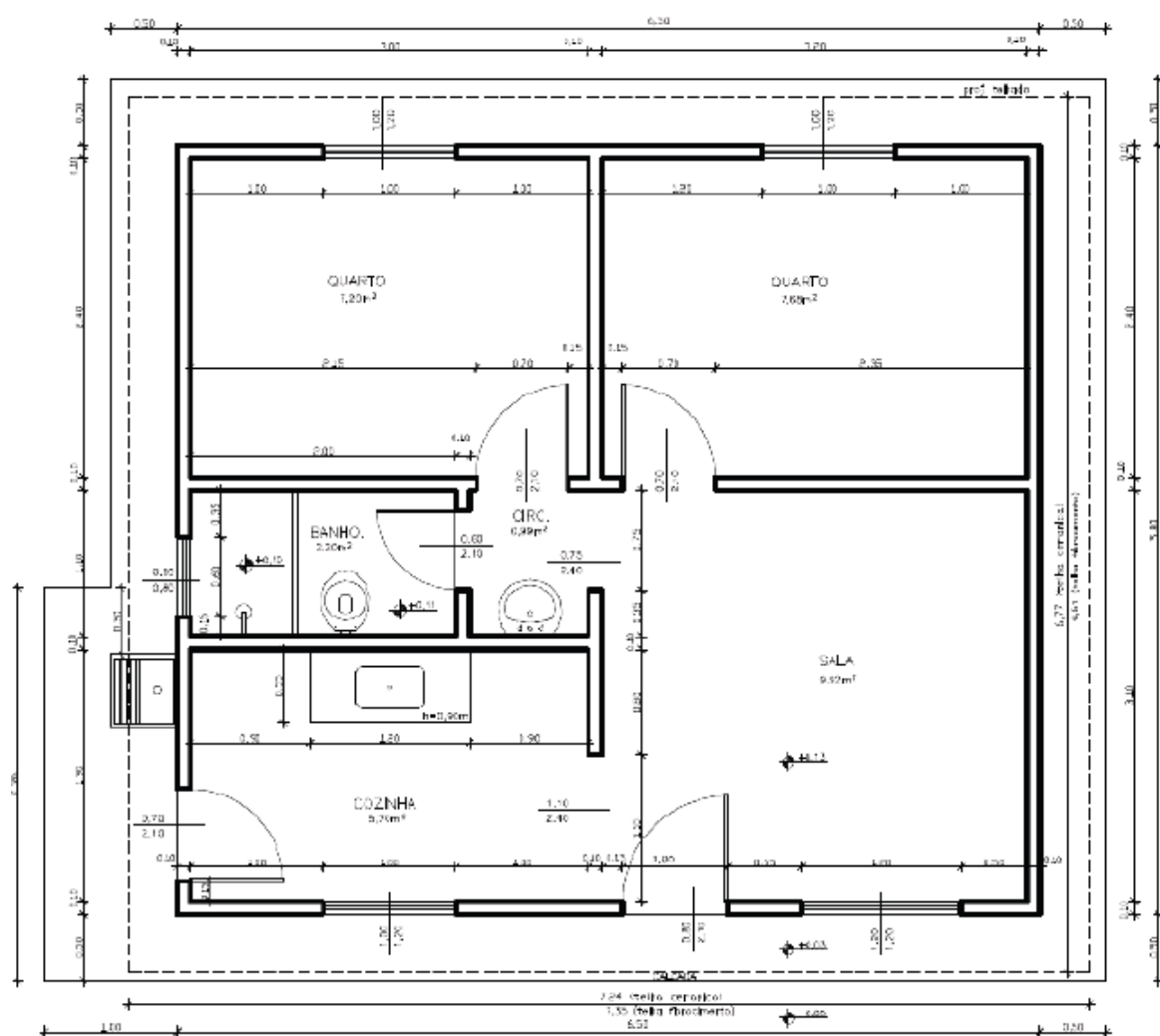
O projeto adotado como modelo para a execução de uma casa popular empregando tijolo solo-cimento para sua construção, no qual, irá direcionar as famílias com renda bruta de até 3 salários mínimos, pelo fundo do programa habitacional. Utilizam-se as seguintes dimensões básicas:

- ✓ Casa térrea: com 37,7 m² no espaço interno;
- ✓ Passeio: 0,50 no perímetro da construção;
- ✓ Compartimentos:
 - 2 dormitórios: sendo que o Q1: 7,20 m² e Q2: 7,68 m²
 - Banheiro: 2,20 m²

- Cozinha: 5,70 m²
- Sala: 9,92 m²
- Área de circulação: 0,99 m²
- ✓ Pé- direito: 2,20m da cozinha e banheiro, 2,50m no restante.

O projeto arquitetônico estabelecido segundo as dimensões anteriores, retirado do programa Minha Casa Minha Vida, é demonstrado na figura 11:

Figura 11 – Projeto Arquitetônico selecionado

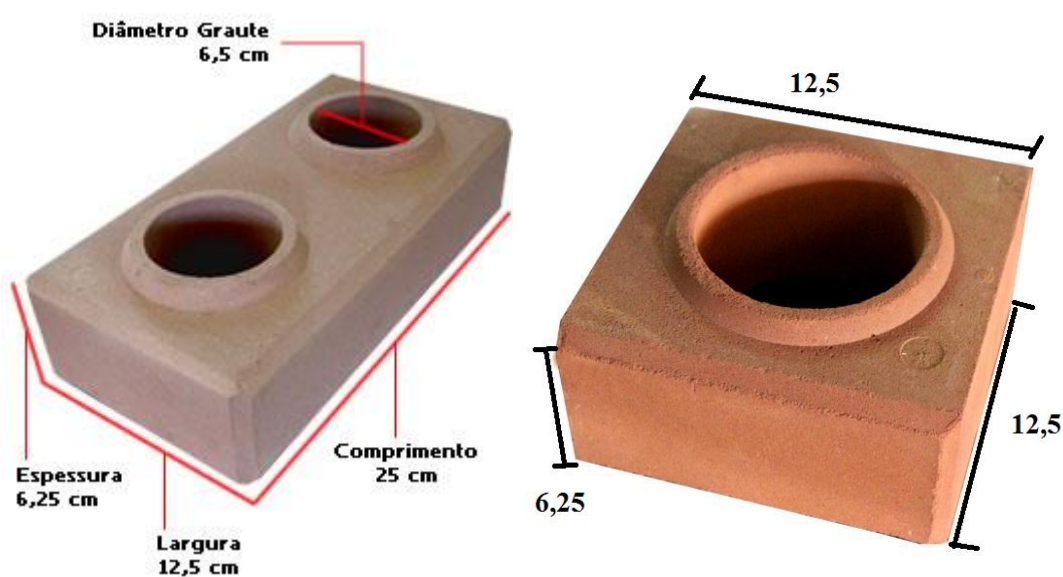


Fonte: Manual do programa Minha Casa Minha Vida

3.3. Tipo de tijolo utilizado

Existe uma variedade de tijolos ecológicos no mercado, devido suas diferenças quanto suas respectivas dimensões, e sua escolha dependem das características do material e da necessidade da construção. Os tijolos selecionados para a confecção do projeto arquitetônico escolhido (figura 11) são mostrados na figura 12, que corresponde a um inteiro e $\frac{1}{2}$ do inteiro.

Figura 12 - Dimensões do tijolo ecológico utilizado



Fonte: <http://www.tjleco.com.br/produtos/tijolo-ecologico/>

3.4. Adaptação do projeto com modulação do tijolo solo-cimento

De acordo com os estudos bibliográficos levantados, para reproduzir uma casa popular com a utilização de tijolo ecológico, é primordial que se faça uma adaptação modular no projeto arquitetônico. De maneira, que todas as dimensões sejam delineadas de acordo com as perspectivas do tijolo. É necessário frisar, que o tijolo só poderá ser assentado por inteiro ou $\frac{1}{2}$ do inteiro, devido os furos contidos no tijolo.

A modulação permite que, na obra, ao arrematar as paredes de um cômodo evitar a quebra no tijolo e/ou fazer emendas. O último tijolo se encaixará perfeitamente no primeiro,

recordando a um jogo de “Lego”, em que suas peças vão encaixando umas sobre as outras. O mais importante no projeto de arquitetura para tijolo ecológico é que as medidas da planta baixa respeitem a modulação.

4. RESULTADOS E DISCURSÕES.

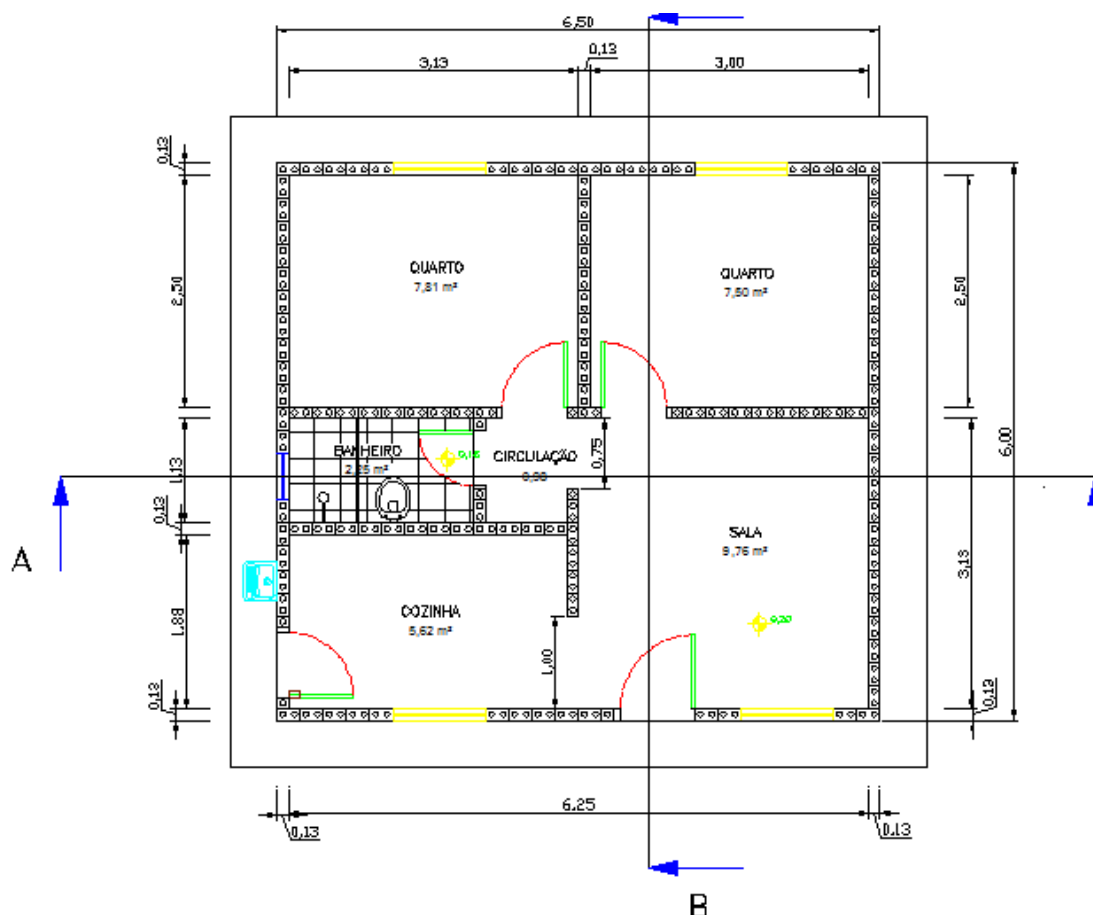
4.1. Planta Modulada

As dimensões do projeto arquitetônico adotadas como referência serão modificadas e adequadas ao tamanho do tijolo selecionado (figura 12), para que seja executada a proposta do presente trabalho. Sendo assim, a habitação passará a ter as seguintes dimensões:

- ✓ Casa térrea: com 39 m² no espaço interno;
- ✓ Passeio: 0,50 no perímetro da construção;
- ✓ Compartimentos:
 - 2 dormitórios: sendo que o Q1: 7,81 m² e Q2: 7,50 m²
 - Banheiro: 2,25 m²
 - Cozinha: 5,62 m²
 - Sala: 9,76 m²
 - Área de circulação: 0,98 m²
- ✓ Pé- direito: 2,20 m da cozinha e banheiro, 2,55 m no restante.

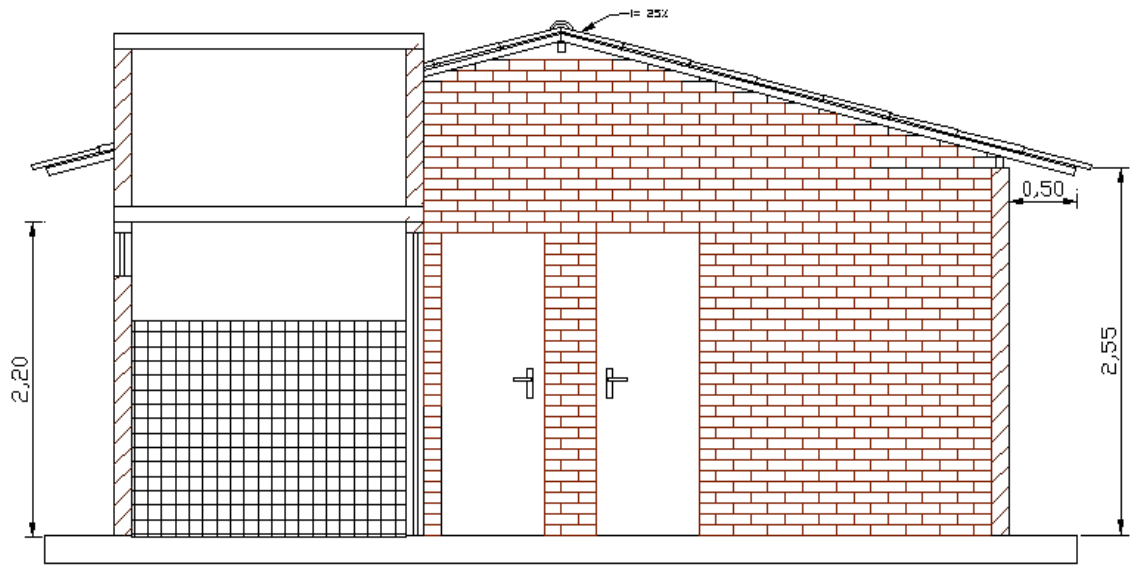
Dessa maneira, pode-se notar um aumento de 3,33% na área do espaço interno comparado ao projeto modelo do PMCMV, devido a uma adaptação nas dimensões de todos os compartimentos para se adequar melhor ao tijolo. A planta modulada e adaptada é vista na figura 13.

Figura 13 - Planta modulada



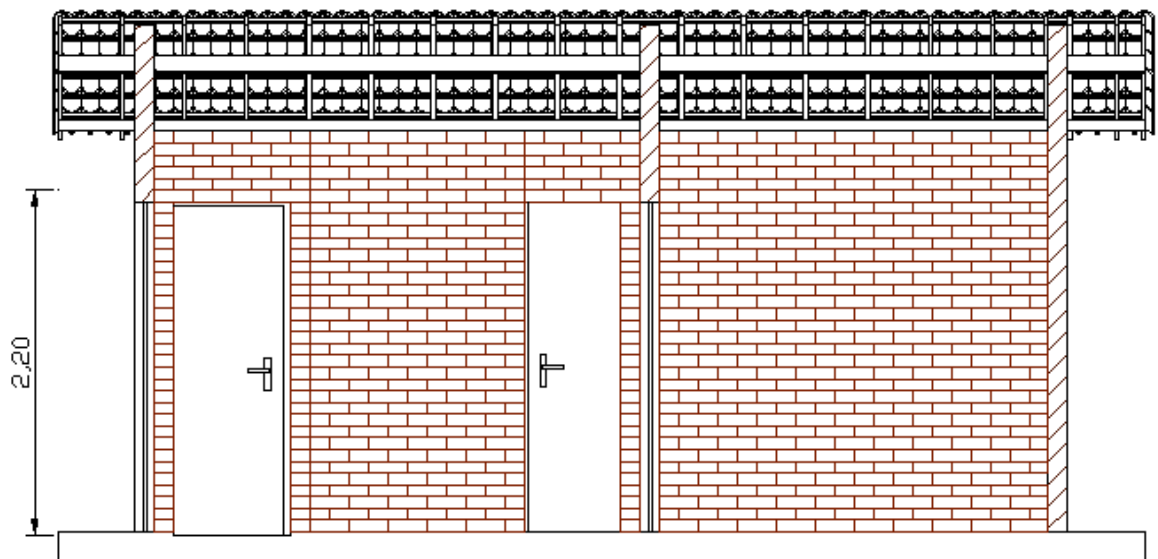
Os cortes delimitados na planta modulada (figura13) demonstram a forma que os tijolos são encaixados. Na figura 14 é visualizado o corte transversal contendo os tamanhos do pé do banheiro e do pé direito no restante da casa, onde é possível notar um aumento de 1,96% no pé direito do restante da casa comparado aos quesitos mínimos determinados pelo programa do minha casa minha vida.

Figura 14 - Corte transversal



Na figura 15 pode ser visto o corte longitudinal que apresenta o tamanho do pé direito da cozinha.

Figura 15 - Corte Longitudinal



4.2. Vantagens e desvantagens do tijolo solo-cimento

A mistura solo-cimento, de baixo custo e fácil execução oferece resistência e durabilidade tais que permite seu emprego nas fundações e paredes de edificações simples, quer sob a forma de blocos prensados (tijolos), construídos por processo manual, mediante compactação (CEBRACE, 1981).

Para o engenheiro Francisco Casanova, professor do programa de engenharia civil da Coppe (Coordenadoria de Programas de Pós-Graduação da UFRJ), a alvenaria feita com blocos modulares, dispensa o revestimento, argamassa de assentamento, além de não necessitar de queima de madeira ou óleo combustível para sua produção, o que barateia o processo construtivo. Assim como a parede monolítica, os blocos de solo-cimento são fabricados, normalmente, com o próprio solo do local, o que reduz custos com relação à matéria-prima de construção e o seu transporte (TÉCHNE, 2004).

De acordo com Grande (2003) e Silva (2005) o tijolo apresenta dentre outras vantagens:

- Redução no tempo de execução da obra, gerando economia, principalmente em relação a mão de obra.
- Seu método de encaixe auxilia a orientação no assentamento, mantendo juntas regulares que evitam surgimento de trincas e fissuras.
- Menor utilização de materiais: Reduzem aproximadamente 70% o uso de concreto, 50% de ferro e cerca de 70% a 90% com relação à argamassa.
- Contribui para um canteiro de obra mais limpo e organizado livre de entulhos, conforme é mostrado na figura 16.

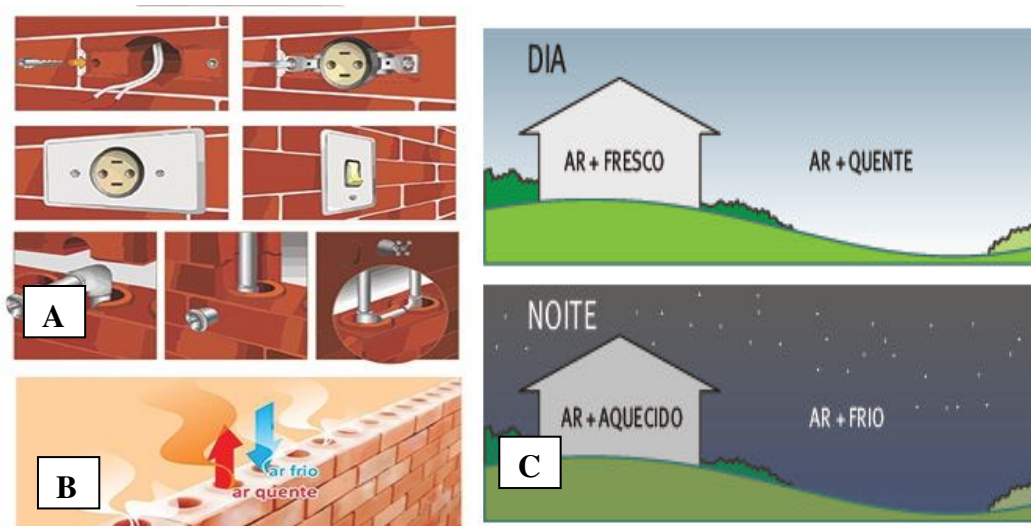
Figura 16- Canteiro de obra organizado



Fonte: 42R42P://ecocasatijoloecologico.arteblog.com.br/20/

- Seus furos promovem conforto termo-acustico, e também formam condutores para redes elétricas e hidráulicas, além de permitirem o embutimento das colunas de sustentação, evitando a quebra de paredes, como está sendo representado na figura 17.

Figura 17 -A) Rede elétrica e hidráulica embutidas na parede. B) e C) Representação do conforto térmico



Fonte: Cartilha do Eco Produções

- Maior durabilidade e manutenção reduzida, devido sua elevada resistência e boa impermeabilidade. Segundo a NBR 8491 (1984), são 6 vezes mais resistentes.
- O acabamento pode ser feito apenas com impermeabilizante, dispensando uso de reboco e tintas. E pode ser utilizado acabamento com azulejos assentados diretamente no tijolo, é conforme o interesse do responsável da obra.

De acordo com a ABCP (1999), aplicar o tijolo solo-cimento na construção de habitações populares proporciona uma grande economia, com uma taxa de diminuição de custos que pode atingir até 40%. Devido ao baixo custo do solo, que é o material usado em maior quantidade, além de redução de custos com transporte e energia, existindo ainda a possibilidade de redução de custos com mão-de-obra, pois o processo não requer de um grande numero de profissionais especializados.

Segundo um levantamento de custos por Pires (2004), comparando uma obra de 41,62 m² feita com tijolos modulares de solo-cimento e com uso de tijolo convencional, sem levar em consideração os custos de mão de obra. A autora acredita na possibilidade da fabricação do tijolo solo-cimento na obra, por meio da utilização de mão de obra em regime de mutirão e também para a construção das moradias, para ser aplicado nas obras de conjuntos habitacionais beneficiando a população de baixa renda. A figura 18 mostra os custos de uma obra utilizando tijolo solo-cimento e a figura 19 apresenta os custos com o tijolo convencional.

Figura 18 - Custos de uma obra com tijolo modular.

Planilha de preços				
Obra com tijolo modular				
Serviço (Material + M. obra)	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Total
Fundações	M ³	3,76	136,95	514,93
Assent .tijolos modulares	M ²	112,72	9,32	1.050,55
Concreto para pilaretes	M ³	0,573	181,80	104,17
Aço para pilaretes (8.0)	Kg	66,12	4,28	282,99
Vergas de amarração (aço 6.3)	Kg	12,86	4,28	55,04
Vergas amarr. (concr.)	M ³	0,0036	181,80	0,65
Vergas jan e portas (aço 6.3)	Kg	5,76	4,28	24,65
Vergas jan e portas. (concr.)	M ³	0,0016	181,80	0,29
Contra vergas janelas (aço)	Kg	3,31	4,28	14,17
Contra vergas janelas (concr.)	M ³	0,00092	181,80	0,17
Emboço interno em paredes	M ²	23,25	3,36	78,12
Pintura interna	M ²	89,47	5,71	510,87
Azulejo 15x15 ate 1,50m	M ²	23,25	30,55	710,29
Pintura externa	M ²	70,87	5,71	404,67
Total Geral				3.751,57

Fonte: PIRES, 2004

Figura 19 - Custos de uma obra com tijolo convencional

Planilha de preços				
Obra com bloco cerâmico				
Serviço (Material + M. obra)	Unidade	Quantidade	Preço unitário	Total
Fundações	M ³	3,76	136,95	514,93
Assent. Blocos cerâmicos	M ²	112,72	11,75	1.324,46
Formas para pilares (uso 5x)	M ²	14,04	19,37	271,95
Concreto para pilares	M ³	0,47	181,80	85,45
Aço (6.3) para pilares	Kg	31,17	4,28	133,41
Aço (5.0) para pilares	Kg	17,71	4,28	75,80
Formas para vigas (uso 2x)	M ²	16,7	19,37	323,48
Concreto para vigas	M ³	0,24	181,80	43,63
Aço (6.3) para vigas	Kg	23,53	4,28	100,71
Aço (5.0) para vigas	Kg	6,68	4,28	28,59
Vergas jan e portas	M ³	0,1	440,29	44,03
Contra vergas janelas	M ³	0,06	440,29	26,42
Rasgo em alvenaria p/ tubos	M	7,70	1,28	9,86
Emboço interno em paredes	M ²	23,25	3,36	78,12
Pintura interna	M ²	89,47	5,71	510,87
Azulejo 15x15 ate 1,50m	M ²	23,25	30,55	710,29
Pintura externa	M ²	70,87	5,71	404,67
Total Geral				4.686,66

Fonte: PIRES, 2004

Em relação às desvantagens do produto, tem-se o uso de solo, que quando feito indiscriminadamente, pode favorecer processos erosivos ao meio ambiente. Outro ponto é o

erro de dosagem, o qual pode favorecer o surgimento de patologias na construção (MOTTA *et al.*, 2014).

Para Silva (2005) a grande variedade de solos existentes implica na execução de ensaios para a caracterização dos solos utilizados, é uma das principais desvantagens do tijolo.

5. CONCLUSÃO

Em virtude do descontrole da degradação ambiental existente no planeta, a crescente busca por estudos que possam reduzir essa degradação do nosso ecossistema está cada vez mais constante.

Como ressaltado ao longo da pesquisa, a demanda de praticas sustentáveis no setor da construção civil vem se tornando mais comum, na tentativa de reduzir sua grande parcela de contribuição na degradação do meio ambiente, como volumes de poluentes emitidos e o grande consumo de recursos naturais. Substituir materiais convencionais por não convencionais que se destacam por seu baixo impacto ambiental, é início para a redução dessa taxa de contribuição.

Com todos os estudos feitos e analisados, a escolha do tijolo solo-cimento como substituição do tijolo convencional pode ser considerado como uma prática sustentável inserida na construção civil, devido não exigir em seu processo de fabricação desmatamento e emissão de poluentes, e em suas obras a quantidade de resíduos de entulhos gerados é mínima comparada às obras com tijolo convencional.

Observa-se que um dos requisitos que mais interfere na escolha do tijolo é a redução de custos em obra, realizando um comparativo de gastos entre uma construção com tijolos solo-cimento e uma com tijolos convencionais, sem levar em consideração os custos da mão de obra, pode obter uma redução cerca de 20% de custo em obras que utilizem tijolos ecológicos, graças a uma menor quantidade de materiais requisitados pelo tijolo para uma obra completa, com a possibilidade de fabricar o próprio tijolo no canteiro da obra.

Em virtude disso, o Governo Federal poderia incentivar em seus programas habitacionais, como minha casa minha vida, o uso de tijolo solo-cimento na construção de moradias para a população de baixa renda, já que o intuito do programa é promover o uso de projetos sustentáveis e estimular o trabalho social nos empreendimentos habitacionais, com isso, em vez de custos com mão de obra, treinaria e supervisionaria os próprios moradores para a execução da obra. Dessa maneira, os projetos arquitetônicos apresentados pelo programa devem estar adequados às dimensões do tijolo solo-cimento, com base nos requisitos mínimos exigidos pelo programa.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Dosagem das misturas de solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio.** São Paulo-SP, 1999. ABCP, ET-35, 51p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento portland.** 7ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

NBR 8491: Tijolo Maciço de Solo-cimento. Rio de Janeiro, 1984.

NBR 5732: Cimento portland comum. Rio de Janeiro, 1991.

NBR 10834: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural. Rio de Janeiro, 1994.

AZEVEDO, Sergio de; ARAUJO, Maria Bernadette. **Questões metodológicas sobre o “déficit habitacional”:** O perigo abordagens corporativas. Cadernos metrópole 17, pg: 241-255, 2007.

AZEVEDO, Sergio. **A crise da política habitacional: dilemas e perspectivas para o final dos anos 90** In: RIBEIRO, Luiz Cesar de Q.; AZEVEDO, Sergio de (Orgs.). A questão da moradia nas grandes cidades: da política habitacional à reforma urbana. Rio de Janeiro: UFRJ, 1996

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de construção.** Vol. 2. LTC, Rio de Janeiro- RJ, 1995.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC, Org.). **Déficit habitacional total, relativo e por componentes.** Disponível em:

<<http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>>.

Acesso em: 02 nov. 2015.

CASTRO, Adriana Petito de Almeida Silva; SILVA, Fernando Souza da. **Incentivo ao uso de produtos de baixo impacto ambiental através da disciplina de materiais de construção civil**. Curso de Arquitetura, Instituto Superior de Engenharia Arquitetura e Design – Ceunsp, Salto, 2011.

CENTRO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÕES E EQUIPAMENTOS ESCOLARES – CEBRACE. **Solo-cimento na construção de escolas** – SC01. 2ª ed. Rio de Janeiro, MEC/CEBRACE, 1981.

FERREIRA, Andresa Rosa. **Programas de combate ao déficit habitacional brasileiro**. 2009. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009

FIQUEROLA, V. **Alvenaria solo-cimento**. Revista Técnica, número 85, 2004.

FGV. **A construção do desenvolvimento sustentado** - A importância da construção na vida econômica e social do país. São Paulo, Agosto de 2006.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil 2008**. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. Brasília, 2011.

GARCIA, F. e CASTELO, A. M. **O déficit habitacional cresce apesar da ampliação do crédito**. Conjuntura da Construção, ano 4 (mar.), n. 1, pp. 8-11, março, 2006.

GUIMARÃES, J. E. P. **A cal** - fundamentos e aplicações na construção civil. São Paulo, Pini, 1998.

GRANDE, F. M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

HOUBEN, H. & H. Guillaud. 1994. **Earth construction: a compressive guide**. Intermediate Technology Publications, London. 290 p.

LOPES, W. G. R. **Solo-cimento reforçado com bambu: Características físico-mecânicas**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas-SP, 2002

LORENZETTI, Maria Sílvia Barros. **A Questão Habitacional no Brasil**. Câmara dos Deputados, Consultoria Legislativa. Brasília, Julho de 2001.

MAGALHÃES, Inês. **Resultados e desafios do programa minha casa, minha vida**. Secretaria Nacional de Habitação, Ministério das cidades. Brasília, Novembro 2013.

MIELI, P. H. **Avaliação do tijolo modular de solo-cimento como material na construção civil**. Monografia (Graduação em Engenharia dos Materiais). Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Nacional de Habitação**. Brasília: Ministério das Cidades, 2009. Disponível em: Acesso em: 11. Nov. 2015.

MOTTA, J. C. et al. **Tijolo de Solo-Cimento: Análise das Características Físicas e Viabilidade Econômica de Técnicas Construtivas Sustentáveis**. 2014. Disponível em: <<http://revistas.unibh.br/index.php/dcet/article/viewFile/1038/665>> Acesso em: 02 de nov. 2015.

ORTIGÃO, J. A. R. **Introdução à mecânica dos solos dos estados críticos**. São Paulo: LTC, 2007.

PEREIRA, Dayane Baloni; PEZZUTO, Claudia Cotrim. **Estudo do solo-cimento para a fabricação de tijolos ecológicos**. Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2010.

PIRES, Ilma Bernadette Aquino. **A utilização do tijolo ecológico como solução para construção de habitações populares**. 2004. 55 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Salvador - Unifacs, Salvador, 2004.

PISANI, Maria Augusta Justi. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo solo-cimento**. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2005.

RODRIGUES, M. L. Araújo. **Adição de resíduo de argamassas mistas na produção de tijolos modulares de solo-cimento**. Dissertação (Mestrado), Pós-graduação em Engenharia do meio ambiente, Universidade federal de Goiás. Goiânia- GO, 2008.

SILVA, S. A. M. **A terra crua como alternativa sustentável para a produção de habitação social**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos – USP. São Carlos- SP, 2001.

SILVA, Sandra Regina Da. **Tijolos de solo-cimento reforçado com serragem de madeira**. 2005. 219 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia das Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

SILVA, Valéria Louise de Araújo Maranhão Saturnino. **Clientes Atendidos pelo “Minha Casa, Minha Vida” no Recife Expandido: Atributos de Preferência dos Potenciais Compradores de Imóveis do 8º Feirão Caixa da Casa Própria**. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Administração, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

SOUZA et al. Alvenaria sustentável com utilização de tijolos ecológicos. **In: 5ª Jornada Científica e Tecnológica e 2º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS**. Inconfidentes/MG, 06 a 09 de novembro de 2013.

TANGO, C. E. S. (1990). Materiais: tecnologia e controle. In: TOUIL, C. A. (Coord.). **Manual técnico de alvenaria**. São Paulo: ABCI/Projero. p. 143-176.

TAVEIRA, Eduardo Salmar Nogueira. **O solo-cimento no campo e na cidade. Construir, morar, habitar**. Coleção Brasil Agrícola, Ícone editora. 2ª edição. São Paulo, SP, 1987.

ANEXOS

Figura 20 - Fachada principal

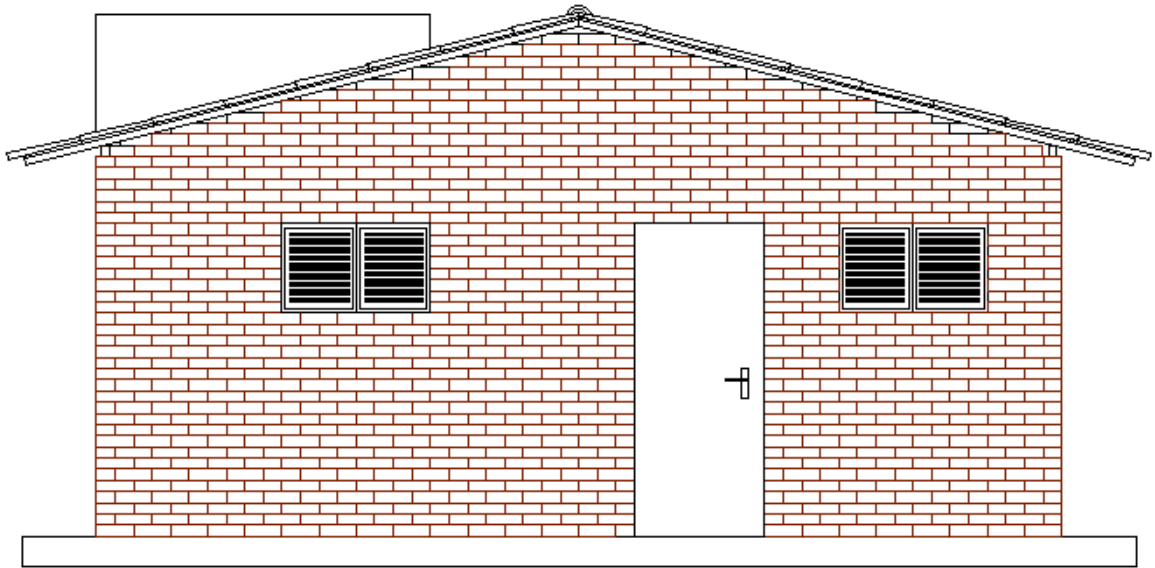


Figura 21 - Fachada posterior

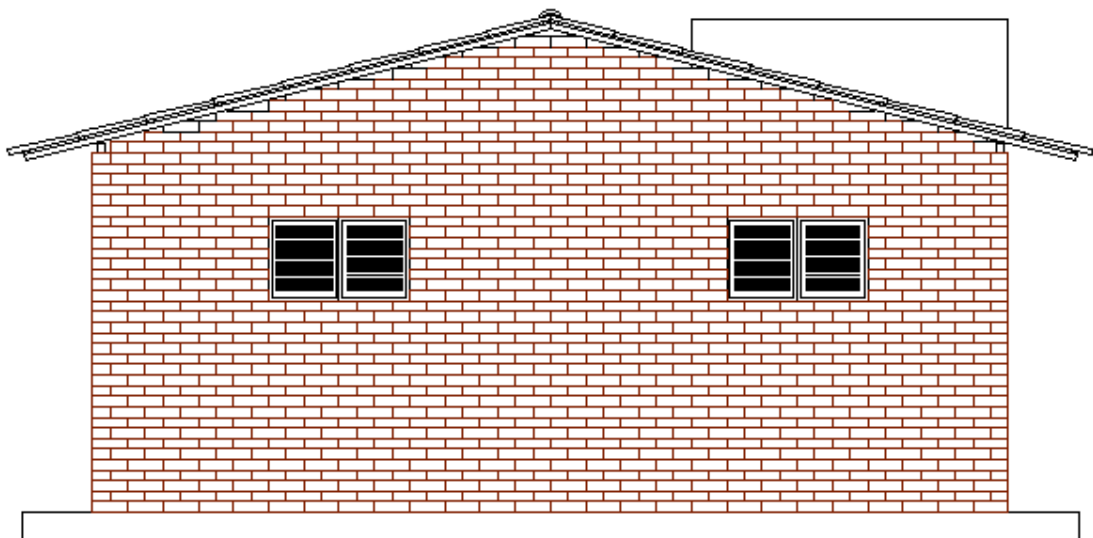


Figura 22 - Fachada lateral esquerda

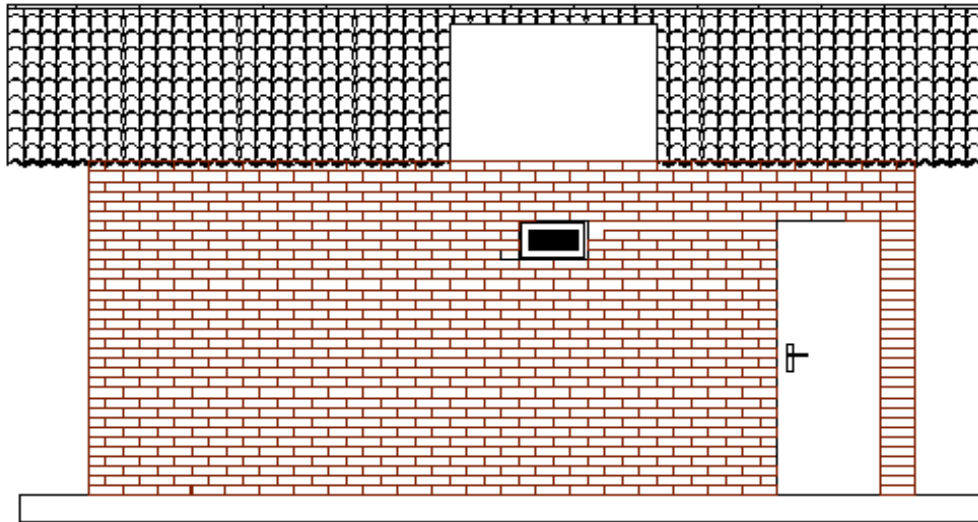


Figura 23 - Fachada lateral direita

