



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

ANA PAULA MEDEIROS MACHADO

MARIELEN BENEDET LUCIANO

**ANÁLISE DA VIABILIDADE CONSTRUTIVA E ECONÔMICA: COMPARAÇÃO
ENTRE A APLICAÇÃO DE BLOCO DE SOLO-CIMENTO E BLOCO CERÂMICO
ESTRUTURAL EM HABITAÇÕES POPULARES**

Tubarão

2019

ANA PAULA MEDEIROS MACHADO

MARIELEN BENEDET LUCIANO

**ANÁLISE DA VIABILIDADE CONSTRUTIVA E ECONÔMICA: COMPARAÇÃO
ENTRE A APLICAÇÃO DE BLOCO DE SOLO-CIMENTO E BLOCO CERÂMICO
ESTRUTURAL EM HABITAÇÕES POPULARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
do Sul de Santa Catarina como requisito
parcial à obtenção do título de Engenheiro
Civil.

Orientador: Prof^o. Charles Mendes de Souza

Tubarão

2019

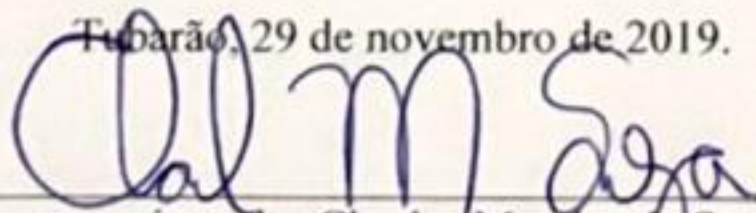
ANA PAULA MEDEIROS MACHADO

MARIELEN BENEDET LUCIANO

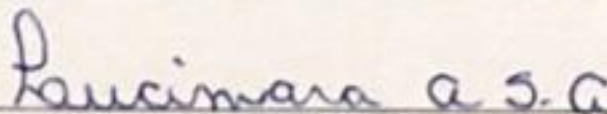
**ANÁLISE DA VIABILIDADE CONSTRUTIVA E ECONÔMICA: COMPARAÇÃO
ENTRE A APLICAÇÃO DE BLOCO DE SOLO-CIMENTO E BLOCO CERÂMICO
ESTRUTURAL EM HABITAÇÕES POPULARES**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

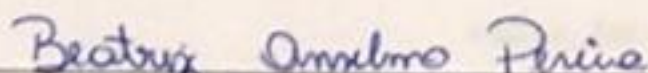
Tubarão, 29 de novembro de 2019.



Professor e orientador Charles Mendes de Souza, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Lucimara Aparecida Schambeck Andrade, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Beatriz Anselmo Pereira, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedicamos nossa monografia primeiramente a Deus por ser nosso guia e essencial em nossas vidas, também aos nossos pais e familiares que são a nossa base por acreditarem na gente e por todo o apoio recebido, nosso muito obrigado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus. Sou muito grata por tudo que ele proporciona em minha vida.

Aos meus pais, Gessinei Vieira Machado e Ronisseia Mendonça Medeiros Machado e aos meus irmãos, Amanda Medeiros Machado e Joao Victor Medeiros Machado, por sempre acreditarem em mim e me ajudarem em tudo. Vocês são a minha base e eu amo muito vocês.

Ao meu marido, Marciel Warmeling Stupp, por todo o apoio e compreensão em toda a minha trajetória acadêmica. Sempre me dando muitos conselhos, sendo parceiro e me motivando para realizar esse sonho.

Ao meu orientador, Charles Mendes de Souza, pela paciência que teve com a gente e por toda a ajuda em nossa monografia.

A coordenadora do curso, Professora Lucimara Aparecida Schambeck Andrade, que sempre me ajudou como pode em toda a trajetória.

A minha dupla Marielen Benedet Luciano por toda a parceria e compreensão. Nossa cumplicidade foi demais. Amizade que eu quero levar para a vida toda.

Agradeço também a todos meus amigos e familiares, vocês me deram muita força para continuar nessa caminhada que sabemos não foi fácil. Gratidão!

Ana Paula Medeiros Machado

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as oportunidades e bênçãos a mim concedidas. Dentre as inúmeras bênçãos nesta vida, uma delas foi o privilégio de ingressar na universidade e chegar à conclusão do curso, diante de muitas batalhas e conquistas.

Aos meus pais, Everaldo Luiz Luciano e Marinéia Benedet Luciano, por todo o apoio e compreensão nessa longa caminhada. Palavras e ações jamais serão capazes de mensurar a imensidão do meu amor e gratidão por vocês.

Ao meu parceiro de vida, Caio Girardi Nunes, por ser meu companheiro em todos os momentos e não deixar que eu desistisse, me motivando e apoiando para a concretização desse sonho.

Ao meu orientador, Professor Charles Mendes de Souza, por toda ajuda e disponibilidade.

A coordenadora do curso de engenharia civil da Unisul, Professora Lucimara Aparecida Schambeck Andrade, por todo o apoio e disponibilidade ao longo da jornada da graduação.

A minha dupla, Ana Paula Medeiros Machado pela cumplicidade, paciência e parceria diante deste ciclo de fortes emoções.

Ao meu animal de estimação, Cristal, pois estive sempre ao meu lado, foi minha melhor companheira.

A todos os demais familiares, colegas e amigos que contribuíram em minha caminhada e fizeram parte desta monografia.

Marielen Benedet Luciano

“Nada é tão nosso quanto nossos sonhos.” (Friedrich Nietzsche).

RESUMO

Para atender as necessidades mínimas de habitação para a população de baixa renda e o desenvolvimento da construção civil, novos produtos vêm sendo desenvolvidos pelas indústrias. Esses produtos pretendem implantar sistemas construtivos diferente dos convencionais, visando à sustentabilidade e a eficiência e, como objetivo principal, a geração de menor impacto ambiental através da diminuição de desperdícios, proporcionando conforto, rapidez e melhor custo benefício para a população de baixa renda. Com base em todos esses fatores, foi desenvolvida a presente pesquisa comparando o sistema construtivo em bloco de solo-cimento e bloco cerâmico estrutural, analisando a viabilidade técnica e construtiva de ambos os blocos aplicados em habitações populares. O principal objetivo é analisar a viabilidade construtiva comparando aplicação do bloco de solo-cimento e cerâmico estrutural em habitações populares. Para atingir o objetivo, foram analisadas as etapas desde o processo de fabricação desses blocos, até o processo de execução dos mesmos. Para a elaboração deste trabalho, foram utilizadas como fontes bibliográficas: normas, artigos técnicos e páginas da internet referenciadas. Como complemento, foram realizadas visitas técnicas em duas empresas que fabricam ambos os blocos para obter a ficha técnica, valores e demais informações necessárias para a elaboração do orçamento comparativo realizado. Os blocos de solo-cimento e cerâmico estrutural foram escolhidos propositalmente por serem modulares e apresentarem semelhanças na parte do processo construtivo. Os mesmos demandam grande redução de desperdícios, ocasionando a diminuição dos impactos ambientais da construção, principalmente pelo fato de o bloco de solo-cimento não passar pelo processo de queima em sua fabricação. Todos estes aspectos analisados, considerando que o bloco modular seja mais rápido em sua execução, nos leva a crer que os blocos de solo-cimento e blocos cerâmicos estrutural são opções para a execução de habitações populares, levando em conta sua agilidade de execução, redução dos insumos utilizados e resíduos gerados.

Palavras-chave: Solo-cimento. Cerâmico estrutural. Blocos.

ABSTRACT

In order to serve the minimum housing needs for the low-income population, and the development of construction, new products have been developed by industries, therefore intending to implement building systems different from conventional ones, aiming at sustainability and efficiency, and as main objective to result in a lower environmental impact through the decrease of wastage, aiming to provide comfort, speed and a better value for money to the low-income population. Based on these factors the present research was developed, comparing the construction system in soil-cement block and structural ceramics block, therefore analyzing the technical and constructive viability of both blocks implemented in popular housing. The main objective is to analyze the construction viability comparing soil-cement block application and structural ceramic in popular dwellings. To achieve this objective, all the phases were analyzed from the manufacturing processes of these blocks to the implementation process of these same blocks. In order to prepare this report, were used as bibliographic sources: guidelines, technical articles and referenced websites. In addition to that, technical visits were made to two companies that manufacture both blocks, in order to obtain the technical file, funds and other information that were necessary for the comparative budget planning. The soil-cement and structural ceramic blocks were deliberately chosen because they are modular and have similarities in the constructive process, therefore requiring a great decrease of wastage, which results in a reduction of the environmental impacts of the construction, mainly due to the fact that the soil-cement block does not go through the burning process in its manufacture. All these aspects analyzed, and considering that the modular block is faster in its constructive process, leads us to believe that the soil-cement blocks and structural ceramic blocks are options for the building of popular dwellings, taking into consideration their agility, reduction of the supplies used and generated waste.

Keywords: Soil-cement. Structural ceramic. Blocks.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Blocos cerâmicos definições	27
Figura 2- Assentamento de argamassa em blocos cerâmicos	29
Figura 3 - Concretagem dos pontos de graute	30
Figura 4 - Armaduras para os pontos de graute	30
Figura 5 - Uso de grampo para encontro de paredes	31
Figura 6- Assentamento dos tijolos	37
Figura 7- Espaçamento entre os tijolos de solo-cimento	37
Figura 8- Estrutura em alvenaria de tijolos de solo-cimento	38
Figura 9- Sustentação, amarração e preenchimento das colunas.	38
Figura 10- Instalações elétricas em tijolos de solo-cimento	39
Figura 11- Instalações hidráulicas em tijolos de solo-cimento.....	39
Figura 12- Ausência de irregularidades em tijolos de solo-cimento	40
Figura 13- Tijolo maciço de solo-cimento (direita) e tijolo vazado de solo-cimento (esquerda)	42
Figura 14- Multiprocessador.....	45
Figura 15- Esteira transportadora	45
Figura 16- Funil de armazenamento do material	45
Figura 17- Prensa automática para produção de tijolo de solo-cimento.....	46
Figura 18- Armazenamento da produção de tijolos solo-cimento em processo de cura	46
Figura 19- Estoque de argila	47
Figura 20- Armazenamento da argila	47
Figura 21- Funil de armazenamento	48
Figura 22- Esteira	48
Figura 23- Processo de laminação	49
Figura 24- Molde do bloco cerâmico estrutural	49
Figura 25- Corte das peças	50
Figura 26- Processo de queima no forno	50
Figura 27- Blocos prontos	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais	32
Tabela 2- Tipos e dimensões nominais.....	41
Tabela 3 - Dados técnicos bloco de solo-cimento	54
Tabela 4 – Dados técnicos bloco cerâmico estrutural	55
Tabela 5 – Quantitativo de peças por apartamento.....	56
Tabela 6 – Quantitativo de materiais para argamassa traço 1:2:8	56
Tabela 7 – Quantitativo de argamassa por bloco	57
Tabela 8 - Peso Total	57
Tabela 9 – Mão de obra	58
Tabela 10 – Custo total bloco de solo-cimento	58
Tabela 11 – Custo total bloco cerâmico estrutural	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos e dimensões dos tijolos de solo-cimento produzidos no Brasil.....	42
--	----

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

MPa – Mega Pascal

NBR – Norma Brasileira

SC – Santa Catarina

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	17
1.2	JUSTIFICATIVA E PROBLEMA.....	18
1.3	OBJETIVOS.....	18
1.3.1	Objetivo geral.....	19
1.3.2	Objetivos específicos.....	19
1.4	RELEVÂNCIA CIENTÍFICA E SOCIAL DO ESTUDO	19
1.4.1	Habitação popular no Brasil.....	20
2	REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1	ALVENARIA ESTRUTURAL.....	23
2.1.1	Vantagens	24
2.1.2	Propriedades	25
2.1.3	Coordenação de projeto	25
2.2	BLOCO ESTRUTURAL	26
2.3	HISTÓRICO DO BLOCO CERÂMICO ESTRUTURAL	26
2.4	BLOCO CERÂMICO ESTRUTURAL	27
2.4.1	Processo de Fabricação	27
2.4.2	Processo de Construção	28
2.4.2.1	Argamassa de assentamento	28
2.4.2.2	Graute para alvenaria estrutural.....	29
2.4.2.3	Armaduras.....	31
2.4.3	Características geométricas	32
2.4.4	Absorção da água	33
2.4.5	Resistência à compressão.....	33
2.5	DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL	34
2.6	HISTÓRICO DO SOLO CIMENTO	34
2.7	TIJOLO SOLO CIMENTO	35
2.7.1	Sistema Construtivo	36
2.7.1.1	Assentamento.....	36
2.7.2	Processo de fabricação	40
3	MATERIAIS E MÉTODOS	43
3.1	A PESQUISA REALIZADA	43

3.2	POPULAÇÃO E AMOSTRA	43
3.3	INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	43
3.3.1	Empresa A.....	44
3.3.2	Empresa B.....	46
4	ESTUDO DE CASO	52
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
5.1	VIABILIDADE CONSTRUTIVA.....	53
5.1.1	Bloco cerâmico estrutural.....	53
5.1.2	Bloco de solo cimento	53
5.1.3	Dados técnicos do bloco solo-cimento	54
5.1.4	Dados técnicos do bloco cerâmico estrutural	54
5.2	VIABILIDADE ECONÔMICA.....	55
5.2.1	Alvenaria	55
5.2.2	Argamassa.....	56
5.2.3	Peso	57
5.2.4	Mão de obra	57
5.3	CUSTO TOTAL.....	58
5.4	COMPARATIVO DE CUSTOS.....	59
5.5	VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DOS MÉTODOS	59
6	CONCLUSÃO	61
	REFERÊNCIAS.....	63
	ANEXOS.....	67
	ANEXO I – PROJETO ARQUITETÔNICO HABITAÇÕES POPULARES.....	68

1 INTRODUÇÃO

No ramo da construção civil, a incorporação de técnicas construtivas com novos produtos e métodos executivos, que proporcionam agilidade na execução, vem se tornando necessário com o avanço da tecnologia. Esses novos procedimentos, possibilitam a redução de custos aliado ao mínimo impacto ambiental, preservando o meio ambiente.

Dentre esses métodos, está a alvenaria com blocos modulares. A pesquisa será voltada para o bloco de solo-cimento e o bloco cerâmico estrutural, que compara com os blocos cerâmicos convencionais. Esses blocos são recentes no mercado da construção civil.

Para o embasamento teórico e concepção de uma visão geral dos principais conceitos envolvidos na pesquisa, utilizou-se como aperfeiçoamento artigos sobre o panorama e contexto histórico de habitação popular no Brasil. Com o aumento de programas do governo para a construção de habitações populares e a necessidade das mesmas para população de baixa renda, percebe-se a necessidade da implantação de métodos construtivos que equilibrem os custos com a agilidade e redução de impactos ambientais.

Observa-se o bloco de solo-cimento e cerâmico estrutural como alternativa principalmente pela rápida execução, redução de materiais e desperdícios comparando com métodos construtivos convencionais. Essa técnica pode ser apresentada como uma boa alternativa para as residências populares que necessitam curtos prazos de execução, além de garantir obras mais limpas e sustentáveis.

O presente trabalho tem o intuito de analisar e demonstrar a viabilidade técnica, econômica e executiva da alvenaria construída com bloco de solo-cimento em comparação a alvenaria de bloco cerâmico estrutural, aplicada em casas populares.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Analisar a viabilidade construtiva e econômica entre os blocos de solo-cimento e cerâmico estrutural, comparando por meio de orçamentos a aplicação dos mesmos em habitações populares.

1.2 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA

Nota-se nos últimos anos, um desenvolvimento na indústria da construção civil, tendo em vista novos materiais alternativos e técnicas construtivas, que auxiliam na evolução do processo da construção, com o mínimo de impacto ambiental e a possibilidade de redução de custos.

A construção civil é um dos setores da economia que mais gera impactos ambientais, devido ao grande uso de recursos naturais. Esses impactos dizem respeito à utilização de matéria-prima na produção dos insumos e aos resíduos gerados no processo executivo e em toda vida útil da edificação (JOHN, 2000).

Frente a essa necessidade, esta pesquisa tem como função um comparativo, para um mesmo projeto, entre a construção no método ecológico (tijolo de solo-cimento) e a construção com o método de bloco cerâmico estrutural, buscando assim a importância de se estudar outros métodos construtivos além dos convencionais.

Tendo em vista que o tijolo solo-cimento, tem se mostrado um produto viável e bem-sucedido na construção civil, seja por suas características físicas ou mecânicas ou devido ao seu baixo custo e a fácil implantação em obras. Também poupa o uso de materiais como arame, madeira e pregos e, por possuir furos em seu corpo evita a quebra da parede para a instalação hidráulica e elétrica. Com tantos benefícios, o tijolo ainda se difere do bloco cerâmico, pois não passa pelo processo de queima, tornando-o ecologicamente correto, trazendo benefícios para o meio ambiente, reduzindo o efeito do aquecimento global e fazendo com que a construção civil se renove cada vez mais.

Assim, diante do vasto referencial teórico existente e por meio de um estudo realizado no ano de 2019, na cidade de Tubarão, sul de Santa Catarina, pergunta-se: **analisando comparativamente os métodos construtivos utilizando o bloco cerâmico estrutural e o bloco de solo-cimento, qual se torna viável técnico e economicamente, aplicado na construção de habitações populares?**

1.3 OBJETIVOS

Neste tópico serão abordados os objetivos do presente trabalho.

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar comparativamente, dois sistemas construtivos: construção com blocos cerâmicos estruturais, e construção com blocos de solo-cimento por meio de um estudo de produtividade e custo para construção de habitações populares visando apresentar os diferenciais existentes entre os métodos construtivos.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Relatar os conceitos de alvenaria estrutural;
- b) comparar o processo construtivo e de fabricação com blocos de solo-cimento e de cerâmico estrutural;
- c) demonstrar a viabilidade construtiva e econômica de habitações populares com o uso da alvenaria estrutural com o bloco solo-cimento e bloco cerâmico estrutural, substituindo assim o uso da alvenaria convencional.

1.4 RELEVÂNCIA CIENTÍFICA E SOCIAL DO ESTUDO

A questão da habitação, conforme afirma Motta (2010) pode ser considerado, na atualidade, um dos principais problemas sociais urbanos do Brasil. Estudando o problema da moradia relacionado à questão do direito à cidade, a autora entende que em relação à habitação emergem as seguintes necessidades: solução para os problemas de infraestrutura (saneamento, asfaltamento, etc.), construção de moradias para atender as famílias sem casa própria e obras de urbanização em áreas periféricas e favelas.

No geral, possuir uma habitação popular custa caro, e por isso, no Brasil, o que se observa é que o problema habitacional é impreciso, não havendo dados estatísticos reais, somente pesquisas que apontam que grande parte da população compõem as classes menos privilegiadas. Esse é um problema de difícil solução, pois uma das principais causas do problema habitacional é a insuficiência de renda da população para enfrentar os gastos, causada pelo desemprego, crise econômica, falta de apoio das políticas públicas voltadas para habitação popular (ABIKO, 1995).

Nesse contexto, percebe-se a necessidade de construções destinadas à habitação popular para beneficiar essa parcela da população carente, com baixo custo e menor impacto ambiental, que atenda assim necessidades básicas. Para tanto, realizou-se um estudo de caso da viabilidade econômica e construtiva comparando os métodos construtivos do bloco cerâmico estrutural e o bloco de solo cimento aplicando-os nas habitações populares.

Esta pesquisa é importante para a sociedade porque os resultados deste estudo subsidiarão novas edificações além de proporcionar elementos para discussão acadêmica nos cursos de graduação da área, constituindo-se em relevante análise para a ciência.

1.4.1 Habitação popular no Brasil

As cidades têm crescido constantemente, e com elas a problemática da habitação popular, visto que a população em geral encontra dificuldade para conseguir uma habitação própria e apropriada com as mínimas condições de uso. “Dados das Nações Unidas apontam que mais de 1 bilhão de pessoas moram em habitações inadequadas que não atendem aos requisitos mínimos de habitabilidade, representando aproximadamente 22% dos 4,5 bilhões da população mundial” (*id ibid.*).

A questão habitacional no Brasil sempre foi alvo de preocupação, mas a questão ganhou força no surto manufatureiro-industrial que sucedeu a economia cafeeira, nas últimas décadas do século XIX, principalmente no Rio de Janeiro (RODRIGUES, 1988). A industrialização acelerou o processo de urbanização e agravaram as carências de infraestrutura, gerando problemas de saúde, educação, poluição que exigiam ações do Estado (TRIANA FILHO, 2006), porém o que se percebe é “uma política do Estado que responde cada vez mais ao processo de acumulação de capital, em detrimento do atendimento às exigências populares” (SCHÜRMANN, 1978, p. 9).

Segundo Triana Filho (2006, p. 8), a política habitacional implementada no Brasil ao longo do século XX e as consequências do processo de urbanização na sociedade brasileira, indicam que “tal política não atendeu, na íntegra, o seu objetivo maior, isto é, o de solucionar o problema de moradia para a população de menor renda [...]”.

Com a crescente migração da zona rural para as zonas urbanas, em busca de trabalho oriundo do crescimento industrial, surgiu a necessidade de alojar essa grande massa de imigrantes, e fez surgir um novo nicho de mercado para quem tinha imóveis para alugar ou

possuía recursos para construir algum tipo de abrigo (TRIANA FILHO, 2006). Foram edificados diferentes tipos de estalagens, cortiços, habitações operárias, construídas de forma apressada e precária (BONDUKI, 2000). Também surgiram as habitações coletivas, caracterizadas como aquelas em que coabitavam famílias distintas, em um mesmo terreno ou sob o mesmo teto (RIBEIRO; PECHMAN, 1983).

Para tentar solucionar o crescimento do déficit habitacional do Brasil, o governo instituiu várias políticas de financiamento habitacional, as quais, segundo afirma Triana Filho (2006, p. 9), se constituíram “em uma resposta do Estado ao capital, no sentido da reprodução deste aos interesses externos – além de ter servido como instrumento de controle econômico e político, auxiliando, em certos momentos, a amenizar os conflitos pela posse do solo urbano”.

No que se refere às políticas habitacionais, destacam-se as seguintes: a Fundação da Casa Popular, criada em 1946; em 1964 institui-se o Banco Nacional de Habitação (BNH) extinto em 1986; a partir de 1988, com a nova Constituição Federal, a gestão de programas sociais, como a habitação, passa a ser responsabilidade dos estados e municípios, passando a ser observada uma descentralização das políticas habitacionais; a partir de 2003 criou-se o Ministério das Cidades, que abriga a Secretaria Nacional de Habitação; em 2004, elabora-se a nova Política Nacional de Habitação, com objetivo principal de garantir à população, principalmente a de baixa renda (até cinco salários mínimos), o direito a moradia digna; em 2007/2008, institui-se o Plano Nacional de Habitação, cuja meta é propor ações e programas que atendam ao perfil das necessidades habitacionais e estabelece critérios para a alocação regional de recursos, apontando áreas prioritárias para execução dos investimentos (SOUZA *et al.*, 2009).

O PlaHab tem por principal meta “[...] promover as condições de acesso à moradia digna – urbanizada e integrada à cidade – a todos os segmentos da população, em especial para a população de baixa renda” (BRASIL, 2009, p. 12).

Em 2011, alterou-se o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) para “criar mecanismos de incentivo à produção e aquisição de novas unidades habitacionais ou requalificação de imóveis urbanos e produção ou reforma de habitações rurais, para famílias com renda mensal de até R\$ 4.650,00 (quatro mil, seiscentos e cinquenta reais)”. Este programa compreende os seguintes subprogramas: Programa Nacional de Habitação Urbana - PNHU; e Programa Nacional de Habitação Rural - PNHR (BRASIL, 2011).

A Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades coordenou a elaboração do Plano Nacional de Habitação - PlanHab, um dos mais importantes instrumentos para a implementação da nova Política Nacional de Habitação - PNH, previsto na Lei 11.124/05, que estruturou o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social - SNHIS. Organizaram-se diversos debates regionais e setoriais, envolvendo especialmente o acompanhamento direto dos representantes do Conselho das Cidades e do Conselho Gestor do Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social – CGFNHIS (BRASIL, 2014).

Nesse sentido, o PlanHab é parte de um processo de planejamento de longo prazo para o setor habitacional, com planos plurianuais, permitindo que suas metas de produção física e de avanços institucionais possam estar associadas ao planejamento dos recursos necessários para sua cobertura e tendo o ano de 2023. Com ele se pretende “implementar um conjunto de ações capazes de construir um caminho que permita avançar no sentido de atingir o principal objetivo da PNH: universalizar o acesso à moradia digna para todo cidadão brasileiro” (BRASIL, 2014).

Embora o déficit habitacional do Brasil ainda seja muito expressivo, Souza et al. (2009, p. 4) observam que “a partir do ano de 2003 nota-se um empenho maior por parte do governo federal em relação à habitação no país, destacando-se também que a situação ideal ainda está longe de ser alcançada”.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria e a alvenaria estrutural são definidas por Rabelo (2004, p. 3) como sendo:

[...] o conjunto composto por blocos ou tijolos (unidades), executados em obra e ligados entre si por argamassa, tendo estruturalmente um comportamento monolítico. A alvenaria estrutural é aquela em que a parede trabalha simultaneamente como elemento de vedação e estrutural, podendo ser armada ou não. A alvenaria estrutural armada pode ser executada com blocos vazados de concreto, ou blocos vazados cerâmicos. É utilizada quando existe a impossibilidade de se aumentarem as espessuras das paredes, mantendo, portanto, a compatibilidade com o projeto arquitetônico.

Ainda segundo Rabelo (2004, p. 3), “a alvenaria, desde os primórdios da humanidade, é a forma mais utilizada de construção, sendo o tijolo o mais antigo material ainda em utilização”. O autor cita como exemplos: as Pirâmides de Guizé (2600 anos antes de Cristo) que incluem as pirâmides de Quéops, Quefrem e Miquerinos, construídas em blocos de pedra; o Farol da Alexandria (280 anos antes de Cristo) com altura de 134 metros, construído em mármore branco; o Edifício Monadnock – Chicago (1889 a 1891) com altura de 65 metros com 16 pavimentos cujas paredes em sua base possuem 1,80m de espessura; o Hotel Escalibur – Las Vegas, considerado o mais alto edifício em alvenaria estrutural da atualidade. Possui altura correspondente a 28 pavimentos, executados em alvenaria estrutural armada; prédio construído por Paul Hallen na Suíça, em 1950, com 13 pavimentos e 42 metros de altura, em alvenaria estrutural não armada, com paredes internas com a espessura de 15 cm.

No Brasil, Rabelo (2004) indica que os primeiros edifícios em alvenaria estrutural foram construídos na década de 60. Em São Paulo (década de 70), foi construído o Condomínio Central Parque da Lapa com quatro blocos de doze pavimentos cada, em alvenaria estrutural armada; em São José dos Campos, foi construído o Edifício Muriti com 16 pavimentos em alvenaria estrutural armada. Atualmente no Brasil, “a utilização da alvenaria estrutural sofre grande impulso, devido à necessidade das empresas de reduzirem custos, aliadas a uma racionalização da construção” (RABELO, 2004, p. 4).

A alvenaria estrutural já existe há muitos anos, ela tem base na experiência dos construtores e utiliza o conhecimento empírico. Foram realizados vários estudos para chegar

ao reconhecimento de ser um processo construtivo, porém somente em 1960 essa técnica veio para o Brasil (MOHAMAD, 2015).

Os blocos cerâmicos nas obras em alvenarias estruturais não armadas ou armadas começam somente na década de 1980, com a introdução no mercado da construção de unidades com dimensões modulares e furos na vertical que proporcionassem a passagem de instalações elétricas sem os rasgos comumente feitos em obras (*id ibid.*, p. 22).

Assim, verifica-se que apenas na década de 80 chegaram ao Brasil os blocos cerâmicos, pouco depois da vinda de técnica da alvenaria estrutural, resultando em construções mais sofisticadas, seguras e duráveis.

Segundo Pereira (2018), os principais componentes da alvenaria estrutural são: o bloco, a argamassa, o graute e armadura. Dentre os quais o bloco é considerado o principal elemento desse método construtivo, pois deve fornecer resistência, permeabilidade, isolamento térmico e acústico, resistência ao fogo.

Quanto à característica, o bloco pode ser vazado ou maciço, cerâmico ou de concreto (VENDRUSCULO, 2017).

2.1.1 Vantagens

Como uma das principais vantagens da alvenaria estrutural, cita-se a economia devido à grande redução de custos, pois reduz o desperdício de materiais, sendo que as instalações elétricas e hidráulicas são internas, sem a necessidade de rasgos na parede. Além da economia de ferro, madeira e mão de obra, já que dispensa a necessidade de vigas e pilares (WENDLER, 2005).

Chamamos de alvenaria o conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso. Esse conjunto coeso serve para vedar espaços, resistir a cargas oriundas da gravidade, promover segurança, resistir a impactos, à ação do fogo, isolar e proteger acusticamente os ambientes, contribuir para a manutenção do conforto térmico, além de impedir a entrada de vento e chuva no interior dos ambientes (TAUIL; NESSE, 2010, p. 19).

Como vantagem também se pode falar de seu desempenho térmico e acústico, a alvenaria estrutural tem uma excelente barreira (WENDLER, 2005).

A economia de uma obra em alvenaria estrutural pode variar entre 15% e 20% no custo total. De acordo com pesquisas analisadas nas literaturas, é possível verificar um

comparativo de diminuição de custos entre outras vantagens da construção de alvenaria estrutural e convencional (WENDLER, 2001).

2.1.2 Propriedades

O sistema construtivo de alvenaria estrutural tem como unidade básica modular o bloco. Com ele se formam as paredes, que absorvem todas as ações verticais e horizontais que atuam nela. Sua segurança estrutural é garantida pela sua rigidez. Existem amarrações nas duas direções do vento e o critério de segurança adotado é que a capacidade resistente do elemento seja maior que as tensões atuantes (MOHAMAD, 2015).

No projeto e execução devem ser observados vários fatores: limite da modulação, escolha do tipo de laje, instalações, detalhamento das paredes, controle dos materiais, entre outros. É algo muito importante, pois a falta de detalhamento do projeto pode acarretar em vários problemas (*id ibid.*).

Sugere-se um projeto de execução detalhado e uma mão de obra qualificada, pois a alvenaria é a estrutura da construção. No processo de alvenaria estrutural, não há construção de vigas e pilares, já que a própria estrutura da construção já distribui as cargas uniformemente (TAUIL; NESSE, 2010).

2.1.3 Coordenação de projeto

A coordenação de projetos deve ser desenvolvida por um Engenheiro ou Arquiteto, tendo um grande papel para o processo construtivo. Devem, também, ser efetuadas todas as verificações para resultar em uma obra sem erros na hora da execução, evitando imprevistos e elevando a qualidade de projeto. Os principais objetivos em relação à coordenação de projeto são a união de todos os envolvidos com a obra, certificando-se de que haja a comunicação e troca de informações entre os integrantes, ter o controle de execução e verificar todas as etapas para que tudo saia conforme o projeto definido (MOHAMAD, 2015).

2.2 BLOCO ESTRUTURAL

Os blocos são os principais componentes da alvenaria estrutural. São eles todo tipo de alvenaria que servirá como elementos que possuirão as características estruturais, vedação e compartimento dos ambientes. Podem ser de concreto ou cerâmicos, atendendo às recomendações específicas técnicas da norma NBR 6136 (ABNT, 2016).

No que se referem à forma, as unidades são classificadas em maciças ou vazadas. As maciças são aquelas cujo índice de vazios seja inferior a 25% da área total, do contrário são classificadas como vazadas (MOHAMAD, 2015).

O bom desempenho e a funcionalidade da alvenaria estrutural dependerão das principais e importantes ligações dos componentes para com este sistema. Segundo Mohamad (2015, p. 89) “as paredes de alvenaria são compostas pela união de diferentes materiais, como blocos (cerâmico ou de concreto), argamassas e grautes”.

O bloco escolhido para o comparativo da viabilidade construtiva de habitações populares será o bloco cerâmico estrutural juntamente com o bloco solo-cimento analisando assim os benefícios da aplicação de cada uma das unidades.

2.3 HISTÓRICO DO BLOCO CERÂMICO ESTRUTURAL

O primeiro registro do tijolo foi descoberto nas escavações arqueológicas em Jericó- Oriente Médio, no período Neolítico inicial. Sendo que a unidade de alvenaria pesava em torno de 15 kg e configurava uma peça em forma de pão, seca ao sol (SEBRAE, 2008).

Segundo a ABNT NBR 15270-1: 2005: componentes cerâmicos, os blocos cerâmicos de vedação constituem as alvenarias externas ou internas sem a finalidade de resistir a outras cargas verticais, além do peso da alvenaria da qual faz parte, e deve ser fabricado por conformação plástica de matéria-prima argilosa, contendo ou não aditivos, queimado a elevadas temperaturas.

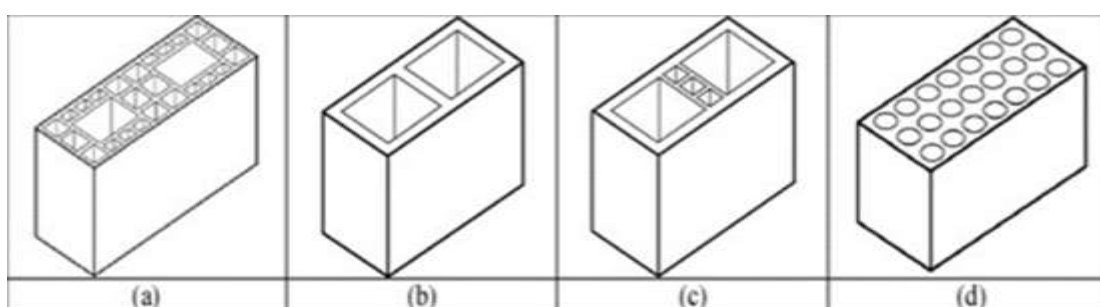
2.4 BLOCO CERÂMICO ESTRUTURAL

O bloco cerâmico estrutural é considerado um componente da alvenaria estrutural que possui furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm (ABNT NBR 15270-1: 2005).

O principal ingrediente da composição das unidades cerâmicas é a argila. Dessa forma, sabe-se que a durabilidade e a fácil fabricação, diferem os materiais cerâmicos dos demais, visto que a argila, matéria-prima principal que origina o bloco cerâmico, é encontrada em abundância na natureza. É composta de sílica, silicato de alumínio e variadas quantidades de óxidos ferrosos, podendo ser calcária ou não calcária. Quando cozida, no primeiro caso, é considerada calcária e produz um bloco na cor amarelada, quando não calcária contém de 2% a 10% de óxido de ferro e feldspato e o bloco apresenta a cor avermelhada (MOHAMAD, 2015).

Os blocos cerâmicos estruturais são componentes da alvenaria estrutural que possuem furos prismáticos perpendiculares à face que os contém, sendo produzidos para serem assentados com os furos na vertical. Classificam-se em: (a) bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas, (b) bloco cerâmico estrutural com paredes maciças, (c) bloco cerâmico estrutural com paredes maciças (paredes internas vazadas) e (d) bloco cerâmico estrutural perfurado, de acordo com a Figura 1. (MOHAMAD, 2015, p. 91 - 92).

Figura 1- Blocos cerâmicos definições



Fonte: Mohamad (2015, p. 92).

2.4.1 Processo de Fabricação

Estima-se que o processo de fabricação dos blocos cerâmicos é comum a todas as empresas desse ramo em geral, havendo pequenas variações, conforme as características particulares de cada matéria prima (OLIVEIRA, 2011).

A argila passa por um processamento, no qual ocorrem as fases de laminação e destorroamento, para a diminuição granulométrica do material. A pasta formada é levada a uma segunda laminação com adição de água e, se necessário, de aditivos para correção nos aspectos químicos e mineralógicos da massa (*id ibid.*).

O próximo passo na fabricação dos blocos é o corte, os cortadores deixam as peças nas dimensões adequadas, podendo ser manuais ou automáticos (OLIVEIRA, 2011).

De acordo com Nunes e Resende (2013), após serem cortados os blocos passam pela secagem, que pode ser natural ou artificial. Por fim, as peças são cozidas a temperaturas que variam entre 800 e 1.000°C e, após o resfriamento, podem ser submetidas à esmaltação e decoração.

2.4.2 Processo de Construção

Segundo afirma Pinheiro (2018, p. 25), “em todos os tipos de sistema construtivos, após a análise de viabilidade inicial do negócio, inicia-se a fase de projetos”. Essa etapa é importante para que o empreendimento tenha qualidade, rapidez e economia, e, também para se prever a maioria dos imprevistos que podem ocorrer no meio da construção, tendo em sua concepção todos os detalhes e especificações dos itens trabalhados.

O autor complementa com a seguinte observação: “o projeto estrutural da alvenaria estrutural, como todos os outros tipos de estrutura, necessita atender todas as normas de segurança ao usuário e precisa também que seja compatível com a arquitetura em questão” (PINHEIRO, 2018, p. 26). Além disso, “os estados limites de utilização devem estar de acordo com as normas para que o usuário não tenha nenhum tipo de desconforto com a utilização da estrutura”.

2.4.2.1 Argamassa de assentamento

A argamassa tem um papel fundamental para o processo construtivo, pois é ela que dará as ligações verticais transmitindo as tensões, fazendo a união da estrutura (MOHAMAD, 2015).

Normalmente, são compostas por cimento, cal, areia e água suficiente para produzir uma mistura plástica de boa trabalhabilidade. A cal pode ser substituída por saibro, caulim ou barro. A principal responsabilidade mecânica da argamassa é transmitir as

tensões verticais por meio das unidades e acomodar as deformações concentradas, de modo a não provocar fissuras. Durante muito tempo, a principal finalidade da argamassa era somente a de unir as unidades e ser a válvula de escape para as deformações concentradas, pois o aumento da resistência da argamassa não produzia um significativo incremento na resistência da alvenaria. Por isso a resistência da argamassa sempre foi deixada em segundo plano pelo meio técnico em geral (*id ibid.*, p. 103).

Conforme apontam Roman; Mutti; Araújo (1999, p. 25), as principais e mais importantes propriedades para a argamassa são: a trabalhabilidade, retenção de água, tempo de endurecimento, liga, durabilidade e a resistência à compressão.

O assentamento de argamassa se dá justamente na área líquida do bloco, ou seja, nas áreas laterais e em sua parte central (Figura 2), não sendo preenchida toda sua área bruta, ou seja, os vãos verticais que serão preenchidos com graute nos devidos pontos indicados no projeto de modulação (CICHELERO; MURARO, 2017).

Figura 2- Assentamento de argamassa em blocos cerâmicos



Fonte: Elaborada por Cichelero e Muraro (2017).

Observa-se na figura 2 o assentamento da argamassa, restando vazios os espaços a serem preenchidos com graute.

2.4.2.2 Graute para alvenaria estrutural

Segundo Cichelero e Muraro (2017), o graute executado na alvenaria é o procedimento em que se concretam os vãos verticais dos blocos (figura 3) juntamente com a armadura estipulada em projeto (figura 4) como reforço estrutural a mais na alvenaria. “Em cima disso é feito um recorte retangular de pequeno porte no bloco da primeira fiada para

inspecionar a total passagem do concreto por todo o vão de graute nos pontos localizados” (*id ibid.*, p. 29).

Conforme descreve Mohamad (2015, p. 111), o graute é um concreto ou argamassa cuja fluidez é suficiente para preencher completamente os vazios dos blocos, sem separar os componentes, que tem como finalidade “aumentar a capacidade de resistência à compressão da parede e de solidificar as ferragens com a alvenaria, preenchendo as cavidades em que se encontram”. Este material também pode ser usado para enchimento em reforços estruturais e em zonas de concentrações de tensões. O graute para alvenaria tem em sua composição: uma mistura de cimento e agregado (areias grossas), além dos mesmos materiais usados para produzir concreto convencional, com diferença no tamanho do agregado graúdo (mais fino, 100% passando na peneira 12,5mm) e na relação água/cimento.

Figura 3 - Concretagem dos pontos de graute



Fonte: Elaborada por Cichelero e Muraro (2017).

Figura 4 - Armaduras para os pontos de graute



Fonte: Elaborada por Cichelero e Muraro (2017).

As figuras 3 e 4 evidenciam a concretagem de graude e as armaduras para os seus pontos.

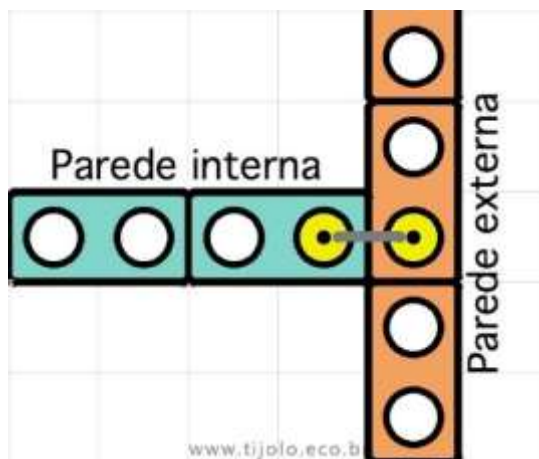
2.4.2.3 Armaduras

Todo aço utilizado na formação de elementos de estrutura da alvenaria estrutural, podem ser as armaduras de graute ou armaduras de amarração.

Segundo Manzione (2007, p. 21), as barras de aço são usadas junto com o graute para combater os esforços de tração, pois “as tensões provocadas pelos esforços de tração devem ser compatíveis com a deformação da alvenaria, sendo adotadas tensões bem baixas”. As armaduras também podem ser utilizadas como elemento de amarração entre paredes (grampo), conforme mostra a figura 5.

Essa solução, embora confira boa aderência mecânica, não impede o destacamento. O uso de grampos cria uma atividade a mais na obra e de difícil verificação. Como essa solução não permite a redistribuição de tensões pode ocorrer patologias. Por isso, o uso de grampos é desaconselhável – a não ser em casos especiais e sob condições controladas. Recomenda-se sempre que as alvenarias trabalhem com suas juntas amarradas, devendo o tipo de amarração ser definido pelo projeto (MANZIONE, 2007, p. 21 - 22).

Figura 5 - Uso de grampo para encontro de paredes



Fonte: Tijolo Ponto Eco (2017)¹.

Nem toda estrutura de alvenaria possui esse sistema de amarração, pois “ela pode ser armada, como se vê na figura anterior e também não armada, onde é apenas feita a amarração entre os blocos” (CICHELERO; MURARO, 2017, p. 33).

Dentre todos os itens citados acima, o processo de construção utilizando o bloco cerâmico conta com o benefício de redução de desperdício de materiais, visto que o consumo

¹ Disponível em: <http://www.tijolo.eco.br>. Acesso em: 27 maio 2019.

de argamassa diminui, já que o revestimento cerâmico, por exemplo, é colocado diretamente nos blocos, dispensando a execução de chapisco. Do mesmo modo, nas áreas secas o revestimento das paredes pode ser realizado com a aplicação de placas de gesso diretamente sobre a superfície do bloco, gerando economia na mão de obra (WENDLER, 2001).

Um fator de relevância na escolha da alvenaria estrutural com bloco cerâmico é a facilidade da instalação da parte elétrica e hidráulica já que possuem furos onde podem ser passados esses elementos, possibilitando assim, uma economia de até 10% do custo. Difere da alvenaria convencional já que não há necessidade do rasgamento das paredes para a passagem, gerando assim um menor índice de geração de entulhos e maior rendimento da obra (*id ibid.*).

2.4.3 Características geométricas

O bloco cerâmico estrutural deve possuir a forma de um prisma reto, cuja dimensão de fabricação é indicada na tabela 1.

Tabela 1- Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais

Dimensões LxHxC	Dimensões de fabricação cm					
Módulo dimensional	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)			
			Bloco principal	½ Bloco	Amarração (L)	Amarração (T)
(5/4)Mx(5/4)Mx(5/2)M	11,5	11,5	24	11,5	-	36,5
(5/4)Mx(2)Mx(5/2)M		19	24	11,5	-	36,5
(5/4)Mx(2)Mx(3)M			29	14	26,5	41,5
(5/4)Mx(2)Mx(4)M			39	19	31,5	51,5
(3/2)Mx(2)Mx(3)M	14	19	29	14	-	44
(3/2)Mx(2)Mx(4)M			39	19	34	54
(2)Mx(2)Mx(3)M	19	19	29	14	34	49
(2)Mx(2)Mx(4)M			39	19	-	59

Bloco L – bloco para amarração de paredes em L.

Bloco T – bloco para amarração de paredes em T.

Os blocos cerâmicos para a alvenaria estrutural devem apresentar propriedades físicas (aspecto, dimensão, absorção de água, esquadro e planeza) de acordo com as recomendações mínimas normativas, e seguir os ensaios constantes na ABNT NBR 15270-3 (MOHAMAD, 2015).

Eles têm espessuras mínimas para suas paredes internas e externas, segundo Mohamad (2015, p. 93), “Os blocos cerâmicos estruturais de paredes vazadas devem possuir septos internos de espessura mínima de 7 mm e das paredes externas de, no mínimo 8 mm”.

Além de seguir as propriedades geométricas, físicas e mecânicas, é importante que na fabricação apresentem as tolerâncias citadas no quadro 1, na página 42. (*id ibid.*).

2.4.4 Absorção da água

A absorção da água inicial pode ser chamada de taxa de sucção inicial e afeta a aderência entre a unidade e a argamassa. “A absorção de água inicial de uma unidade cerâmica é definida como a quantidade absorvida por um bloco seco, quando parcialmente imerso em água, a uma profundidade de 3 mm, pelo período de 1 minuto” (MOHAMAD, 2015, p.93).

De acordo com a norma NBR 15270-2: 2005, conforme citado acima, o valor máximo recomendado para a taxa de sucção é de (30 gramas/193,55 cm²)/minuto, ultrapassando esse valor o bloco deve ser molhado antes do assentamento, pois poderá reduzir a aderência final.

2.4.5 Resistência à compressão

A resistência característica à compressão (f_{ck}) dos blocos cerâmicos estruturais deve ser considerada a partir de 3,0 MPa, referida à área bruta (ABNT 15270-2: 2005).

É a principal característica que o bloco cerâmico deve atender para uso em alvenaria estrutural, bem como os requisitos mínimos estabelecidos na norma específica e as exigências do projeto estrutural (*id ibid.*).

2.5 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil tem um grande papel quando se fala de desenvolvimento sustentável. São muitos os desafios para o setor da construção, em resumo consistem na busca de redução no consumo de materiais e energia, na redução dos resíduos gerados, na preservação do ambiente natural e na melhoria da qualidade do ambiente construído (BRASIL, [s.d]).

O Conselho Internacional da Construção – CIB aponta a indústria da construção como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando consideráveis impactos ambientais. Além dos impactos relacionados ao consumo de matéria e energia, há aqueles associados à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Estima-se que mais de 50% dos resíduos sólidos gerados pelo conjunto das atividades humanas sejam provenientes da construção. Tais aspectos ambientais, somados à qualidade de vida que o ambiente construído proporciona, sintetizam as relações entre construção e meio ambiente (BRASIL, [s.d]).

Existem algumas tecnologias construtivas que atendem ao requisito sustentabilidade da construção civil, desde a obtenção da matéria prima até o seu retorno no meio ambiente ao fim de sua vida útil, citando-se como exemplo as construções feitas de tijolo ecológico, que é o assunto desta pesquisa (MOHAMAD, 2015).

2.6 HISTÓRICO DO SOLO CIMENTO

A terra é um material natural encontrado na utilização de construções de habitação em todo o mundo. Considera-se que metade da população mundial habita ou trabalha em edifícios construídos em terra (MINKE, 2005).

Casa Nova (2002, p. 3) afirma que há dez mil anos o homem já empregava o solo como material de construção: “o solo de modo algum é um material estranho à nossa herança cultural. Pelo contrário, estas cidades atestam ainda hoje todas as possibilidades destas técnicas”.

O aperfeiçoamento das peculiaridades de um solo é uma das mais antigas e mais intrigantes técnicas entre todos os métodos construtivos na área da construção civil e engenharia.

De acordo com Barbosa e Ghavami (2010), o estudo com o tijolo ecológico de solo cimento ou tijolos prensados de terra crua foi introduzido por volta de 1950 pelo

colombiano G. Ramires, que desenvolveu a primeira prensa manual para a aplicação na fabricação desse material (MOHAMAD, 2015).

2.7 TIJOLO SOLO CIMENTO

Conforme a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 1985), o material solo cimento é resultado de uma mistura homogênea, compactada e curada de solo mais cimento e água em quantidades adequadas para cada tipo de emprego. Mohamad (2015, p. 281) afirma que: “quando a mistura for feita dentro das técnicas adequadas, o produto final apresentará bom índice de impermeabilidade, boa resistência à compressão, baixo índice de retração volumétrica e boa durabilidade”.

O solo é a matéria principal, enquanto o cimento entra na mistura com uma porcentagem de 5% a 10% do peso do solo, contribuindo para estabilidade e resistência do produto final (ABCP, 1985).

O bloco solo-cimento é também conhecido popularmente por tijolo ecológico por possuir grandes vantagens ambientais, devido a sua matéria prima abundante e de baixo custo, e o processo de fabricação evita a utilização da queima de madeira e combustível, diminuindo assim o corte de árvores e a emissão de monóxido de carbono na atmosfera (MOTTA; MORAIS; ROCHA, 2014).

No mercado são encontrados diversos tamanhos e modelos de tijolos ecológicos, e podem ser escolhidos de acordo com a necessidade da construção e do projeto, podendo ainda ser maciços ou furados, e ainda, com ou sem canaleta (*id ibid.*).

Ressalta-se que o termo bloco se dá pela existência dos usuais furos em sua forma, que permitem a locação da rede hidráulica e elétrica sem a necessidade de cortes ou quebras das paredes. Dentre os benefícios citados acima, o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Bahia (CEPED, 1984), e alguns outros pesquisadores tais como: Grande (2003), Silva (2005) e Lima (2006), citam como vantagens a utilização da alvenaria estrutural com tijolos solo cimento: a resistência à compressão e o comportamento termo acústico similar aos blocos cerâmicos, apresenta ainda boa durabilidade e baixo custo em comparação a alvenarias convencionais e por possuir o sistema de encaixe utiliza-se pouca argamassa contribuindo assim para a eficiência construtiva.

Portanto, verifica-se uma modulação que produz uma alvenaria uniforme que dispensa revestimentos como chapisco, emboço e reboco, pois apresentam acabamento liso e perfeição nas medidas, evitando assim irregularidades. Recomenda-se apenas uma simples pintura para aumentar a impermeabilidade e a duração (MOHAMAD, 2015).

Apresenta, ainda, como vantagem, a construção modular o fato de diminuição de desperdícios, e o que não pode ser aproveitado pode ser triturado e utilizado novamente como solo (*id ibid.*).

2.7.1 Sistema Construtivo

A base da alvenaria estrutural é a modulação, construção modular como o próprio nome já diz, se dá por meio de módulos individuais que são fabricados em linhas de montagem padronizados e apenas montados no local da edificação, permitindo assim a eficiência e economia nos processos e a redução das atividades desenvolvidas na obra (BALDAUF, 2004).

2.7.1.1 Assentamento

O sistema construtivo começa pelo assentamento dos tijolos que são feitos modularmente de forma que estejam interligados em múltiplos sentidos. Os pesos dos tijolos são, assim, descarregados para as cintas de amarração e colunas de sustentação, sendo estas os pilares de tijolo solo-cimento com graute, distribuídos ao longo de todas as paredes (ECO PRODUÇÃO, 2013).

De acordo com Sahara (2001), para executar o assentamento e rejunte desses tijolos modulares utiliza-se um filete de cola branca, argamassa própria ou massa de solo-cimento. Entretanto, na primeira fiada ocorre exceção, visto que deve ser assentada com uma argamassa convencional de cimento e areia sobre o baldrame, promovendo a regularização da superfície (figura 6).

Figura 6- Assentamento dos tijolos

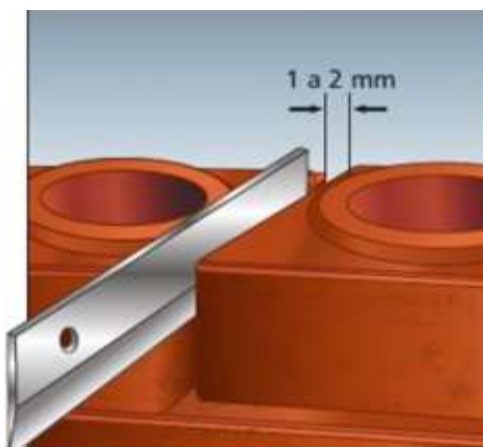


Fonte: Eco Domus Construções Sustentáveis ([s.d.])²

Durante o assentamento dos tijolos, é necessária atenção para o fato da dilatação do mesmo, assim como qualquer material, o tijolo se expande e retrai de acordo com a temperatura. Sendo assim se não houver espaço suficiente, os tijolos se chocarão entre si e causarão trincas e fissuras posteriormente (SAHARA, 2001).

Para evitar essas possíveis patologias é preciso haver uma distância de um a dois milímetros entre um tijolo e outro. Estes pequenos vãos (figura 7) permitem ainda uma melhor aderência no reboco ou rejunte sem comprometer aparência visual das paredes (ECO PRODUÇÃO, 2013).

Figura 7- Espaçamento entre os tijolos de solo-cimento

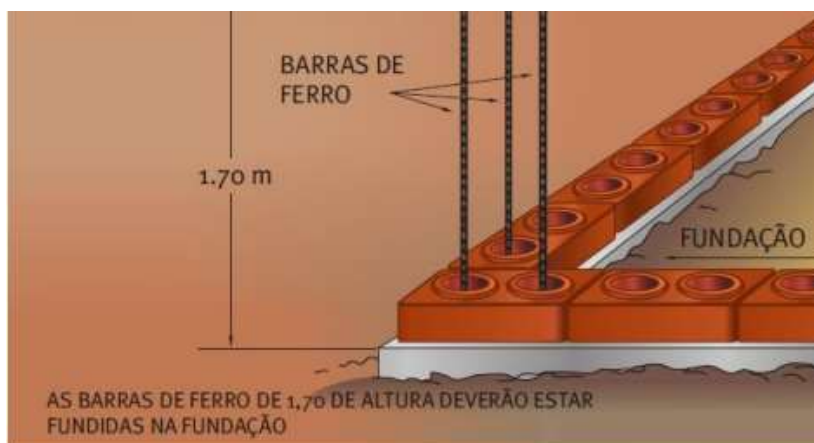


Fonte: Eco Produção (2013).

² Disponível em: <https://ecodomusbrasil.wordpress.com/about/>. Acesso em: 28 maio 2019.

O sistema construtivo modular oferece a vantagem de embutir as colunas estruturais na própria parede (figura 8), sem a necessidade de caixas de madeira e grandes volumes de concreto, assim, para melhor amarração das paredes e reforçar a estrutura, recomenda-se o preenchimento dos furos com graute (*id ibid.*).

Figura 8- Estrutura em alvenaria de tijolos de solo-cimento

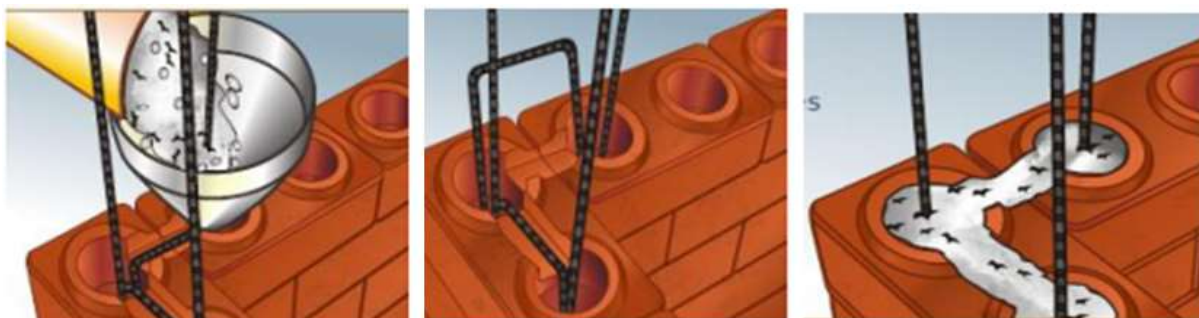


Fonte: Eco Produção (2013).

Cita-se, ainda, que o enchimento dos furos e a amarração com grampos a cada meio metro impede que bolsas de ar sejam formadas ao longo do tubo interior dos blocos (ECO PRODUÇÃO, 2013).

O próximo passo é a execução da cinta de amarração com tijolos de tipo canaleta (figura 9) que também podem substituir as vergas e contravergas. Os preenchimentos de tais cintas são feitos com concreto e os furos deverão ser isolados, impedindo o vazamento da massa para a área interna dos furos (*id ibid.*).

Figura 9- Sustentação, amarração e preenchimento das colunas.



Fonte: Eco Produção (2013).

Na etapa das instalações nas edificações conforme citado anteriormente, os furos funcionam como condutores de passagem da rede hidráulica e elétrica (figuras 10 e 11). A existência desses furos, além de promover conforto termo acústico, evita a quebra de paredes. (ECO PRODUÇÃO, 2013).

Figura 10- Instalações elétricas em tijolos de solo-cimento



Fonte: Eco Produção (2013).

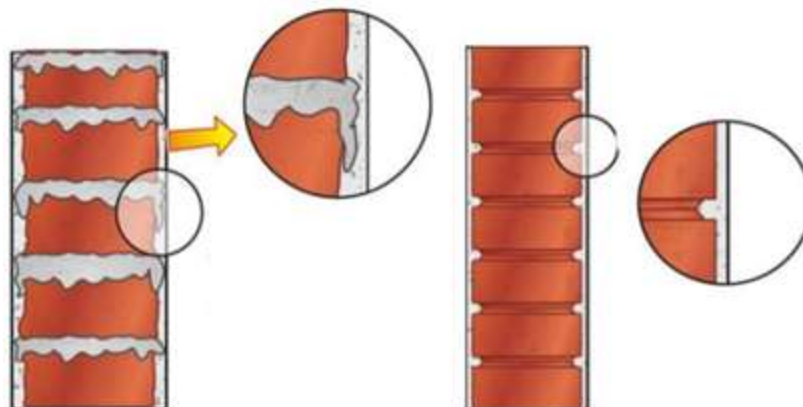
Figura 11- Instalações hidráulicas em tijolos de solo-cimento



Fonte: Eco Produção (2013).

Na fase de acabamento, os revestimentos dos tijolos modulares dispensam coberturas de massas quando expostos devido à ausência de irregularidades conforme a figura 12, sendo suficiente um rejuntamento entre os tijolos e uma camada de resina acrílica ou tinta nas superfícies. Entretanto, isto não impede o aumento final das paredes por revestimentos cerâmicos ou pinturas (ECO PRODUÇÃO, 2013).

Figura 12- Ausência de irregularidades em tijolos de solo-cimento



Fonte: Eco Produção (2013).

Dessa forma, as construções em alvenaria estrutural com o tijolo solo-cimento são favorecidas devido a esse método conforme citado acima, melhorando o tempo e recursos na execução da obra. Uma obra organizada e sem geração de muitos resíduos é o principal diferencial do sistema construtivo do tijolo de solo-cimento, ocasionando mínimos desperdícios (BALDAUF, 2004).

No contexto geral, o uso do tijolo solo-cimento pode ser classificado como solução construtiva de grande eficiência ecológica para o usuário e para o meio ambiente (*id ibid.*).

2.7.2 Processo de fabricação

De acordo com a ABCP (2000), a fabricação de tijolos solo-cimento com a utilização de prensas tem início na etapa de preparação do solo. Quanto à granulometria dos tijolos prensados, é desejável que o solo apresente de 10% a 20% de argila, de 10% a 20% de silte e de 50% a 70% de areia. Deve conter baixa umidade e é retirado da jazida e transportado para um depósito. Faz-se o peneiramento com a peneira com abertura de malha de 4,8mm com a eliminação do que ficar retido.

Na sequência, o solo é espalhado em superfície lisa em que é distribuído o cimento. Quanto à porcentagem de estabilizante, especialmente de cimento Portland, ele vai depender do tipo de solo e da resistência que se espera, caso seja um solo com muita argila, será necessário no mínimo 6% de cimento, enquanto se for um solo bem graduado serão necessários, pelo menos, 2% a 4% de cimento (MOHAMAD, 2015).

Procede-se à mistura dos materiais com trituradores mecanizados, até que seja atingida a umidade ideal, adicionando água se necessário. Em seguida, é realizada a prensagem do solo-cimento, conforme a regulagem determinada da prensa, onde a mistura é disposta nos moldes, prensando-os e produzindo os tijolos (SILVA; COSTA, 2007).

Os tijolos devem ser ensaiados conforme a norma ABNT NBR 8492 (2012): tijolo de solo-cimento – análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água, para determinar a resistência à compressão e a absorção de água.

Os índices específicos para aceitação do material estão descritos na ABNT NBR 8491 (2012): tijolo de solo-cimento – requisitos, na qual são estabelecidos os valores mínimos de referência para a resistência à compressão dos tijolos, de 2,0 MPa, com idade de 7 dias, não devendo ser inferior a 1,7 MPa, e em relação à absorção de água tem-se que não deve ser superior a 20% de seu volume, não devendo ser maior do que 22% (id ibid.).

Com relação à cura, ela é muito importante, pois evita a saída rápida de água da mistura, necessitando, para isso, cobrir os tijolos com uma lona plástica tão logo sejam fabricados, por, no mínimo, sete dias (BARBOSA; GHAVAMI, 2010).

O mercado brasileiro oferece variados tipos e modelos de tijolos de solo-cimento, que são adotados nas construções conforme o projeto, necessidade, mão-de-obra, materiais, equipamentos locais, e demais especificidades (PISANI, 2002).

Alguns dos principais tipos são descritos na tabela 2, e podem ser confeccionados tanto para serem revestidos como para serem utilizados à vista, com finalidade de vedação ou estrutural, conforme a dosagem estabelecida e a prensagem aplicada.

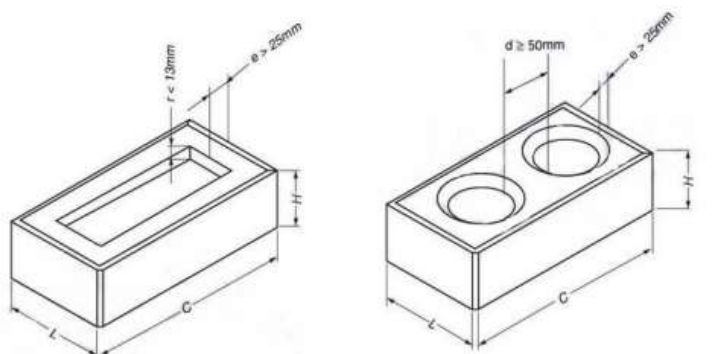
Tabela 2- Tipos e dimensões nominais

Tipos	Comprimento (C) cm	Largura (L) cm	Altura (H) cm
A	200	100	50
B	240	120	70

Fonte: NBR 8491 (ABNT, 2012).

A NBR 8491 (ABNT, 2012) determina que os tijolos de solo-cimento devem ter forma de paralelepípedo, nas dimensões (em milímetros) indicadas na figura 13 e no quadro 1.

Figura 13- Tijolo maciço de solo-cimento (direita) e tijolo vazado de solo-cimento (esquerda)



Fonte: NBR 8491 (ABNT, 2012).

No Quadro 1 constam os tipos dos tijolos de solo cimento produzidos no Brasil, juntamente com as dimensões e características de cada elemento.

Quadro 1 - Tipos e dimensões dos tijolos de solo-cimento produzidos no Brasil

Tipo	Dimensões	Características
Maciço comum	5cmx10cmx20cm 5cmx10cmx21cm	Assentamento com consumo de argamassa similar aos tijolos maciços comuns
Maciço com encaixes	5cmx10cmx21cm 5cmx11cmx23cm	Assentamento com encaixes com consumo de argamassa
½ tijolo com encaixes	5cmx10cmx10,5cm 5cmx11cmx11,5cm	Elemento utilizado para que não haja quebras na formação dos aparelhos com juntas desencontradas
Tijolo com dois furos e encaixes	5cmx10cmx20cm 6,25cmx12,5cmx25cm 7,5cmx15cmx30cm	Assentamento à seco, com cola branca ou argamassa bem plástica. Tubulações passam pelos furos na vertical
½ tijolo com furo e encaixe	5cmx10cmx10cm 6,25cmx12,5cmx12,5cm 7,5cmx15cmx15cm	Elemento para acertar os aparelhos, sem a necessidade de quebras

Fonte: Pisani (2002).

Percebe-se que há uma variedade de tijolos de solo-cimento produzidos no Brasil, cada um com suas especificidades e, por isso, devem ser devidamente analisados antes de serem utilizados na alvenaria estrutural.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 A PESQUISA REALIZADA

A investigação realizada trata-se de um estudo comparativo, por essa razão, o método de abordagem foi quantitativo sob nível descritivo. Este método de procedimento consiste na determinação progresso do conhecimento pela sistemática apreciação dos diferenciais existentes entre os sistemas em análise.

A comparação constitui então, um método científico geral, que permite levantar os problemas a investigar, e funciona também como um dos métodos específicos, vale dizer, de que permitem analisar os problemas assim levantados e comprovar a validade das soluções. Entretanto, não nasce simplesmente dos fatos, pressupõe uma prévia sistematização e o estabelecimento de uma teoria que o sustente (LAHORE, 2008, p. 172).

Nesse sentido, cabe desde o rigoroso planejamento realizado para a determinação das teorias e dos elementos que a sustentem, assim como os cuidados metodológicos que resultaram em uma comparação eficaz entre os métodos previamente determinados.

Sobre o nível utilizado na pesquisa, pode-se afirmar que possuem como característica essencial apresentar a descrição de determinada população investigada, no caso específico de métodos construtivos diferentes (GIL, 1999).

3.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A população definida para a investigação proposta, foi constituída por construções populares e utilizando o método construtivo de blocos cerâmicos estruturais e bloco de solo-cimento.

A amostra foi o uso de um projeto arquitetônico de um edifício residencial composto por quatro apartamentos populares. No qual, foi realizado o orçamento para cada método construtivo para atender às necessidades do estudo.

3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada, exclusivamente, em artigos científicos da literatura especializada, resgatados de bases de dados científicas. A definição dos artigos

também se deu após rigorosa análise e adequado delineamento para que fosse possível a confiabilidade nos resultados alcançados.

Para aprimorar ainda mais os conhecimentos adquiridos para o estudo de caso, foram realizadas visitas técnicas nas empresas que fabricam os blocos de solo-cimento e blocos de cerâmica estruturais.

Foi realizado o acompanhamento de todo o processo de fabricação do início ao fim, juntamente com imagens para ilustrar as fases de confecção dos blocos. Dessa forma, foi de grande valia e suma importância para o entendimento e levantamento das características dos materiais em estudo.

3.3.1 Empresa A

A primeira visita técnica realizada foi na empresa Ecorentável Tijolos Ecológicos, localizada em Braço do Norte- SC, na Rua Vereador Severiano Francisco Sombrio. O objetivo desta visita, foi conhecer o processo de fabricação e de execução dos blocos em solo-cimento produzidos pela região. Com isso, observa-se que existe todo um processo para chegar ao final com um bom material fabricado, respeitando sempre as normas técnicas para comercialização do produto.

O maquinário utilizado no processo de fabricação, é composto por um multiprocessador, que contém o triturador para misturar. Possui, também, a peneira vibratória, funil de armazenamento, sistema de concha para carregamento e padronização da dosagem (Figura 14).

Após passar pelo multiprocessador a mistura segue pela esteira transportadora (Figura 15) e é armazenada no funil de armazenamento (Figura 16), indo direto para a prensa automática (Figura 17). Assim, origina-se a produção dos tijolos ecológicos que após a produção, seguem para o armazenamento para o processo de cura do material (Figura 18).

Figura 14- Multiprocessador



Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

Figura 15- Esteira transportadora



Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

Figura 16- Funil de armazenamento do material



Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

Figura 17- Prensa automática para produção de tijolo de solo-cimento



Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

Figura 18- Armazenamento da produção de tijolos solo-cimento em processo de cura



Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

3.3.2 Empresa B

Em segundo momento, foi realizado a visita técnica na empresa que produz os blocos cerâmicos estruturais. A empresa é a Guarezi Cerâmica e Artefatos de Cimentos, localiza-se em Treze de Maio/SC, na Rua Thomaz Damian Préve.

Pode-se observar que a empresa divide o processo de fabricação dos blocos em várias etapas, levando em consideração os mínimos detalhes e cuidados para manter uma linha de produção com boa qualidade do início ao fim do processo.

O processo começa com a área utilizada para armazenamento do material, conforme apresentado na figura 19. Eles possuem essa área reservada para o depósito da

argila. Esse material fica exposto no local, em média de quatro meses, em processo de sazonalamento.

Figura 19- Estoque de argila



Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

Essa argila é transportada até um galpão fechado, local onde as máquinas fazem a mistura da mesma (figura 20). Em seguida, essa argila vai para o funil (figura 21) e, logo após, caem em uma esteira passando pelo processo de destorramento e laminação (figura 22). Depois da argila passar pelo processo de laminação é necessário adicionar água (figura 23).

Figura 20- Armazenamento da argila



Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

Figura 21- Funil de armazenamento



Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

Figura 22- Esteira



Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

Figura 23- Processo de laminação



Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

Posteriormente é feita a moldagem do bloco de acordo com a forma específica (figura 24), seguindo por uma esteira (figura 25) onde é paletizada e levada aos fornos. No forno ocorre o processo de queima, chegando a 900°C (figura 26). Passando por todos esses processos, o bloco está pronto para ser comercializado, conforme mostra a figura 27.

Figura 24- Molde do bloco cerâmico estrutural



Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

Figura 25- Corte das peças



Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

Figura 26- Processo de queima no forno



Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

Figura 27- Blocos prontos



Fonte: Elaborada pelas autoras (2019).

4 ESTUDO DE CASO

Após as informações obtidas ao longo deste documento, sobre o sistema construtivo modular com blocos de solo-cimento e blocos de cerâmica estrutural, aplicaremos o uso desta técnica em habitações populares convencionais na área de estudo.

A habitação onde foi realizada a pesquisa, está localizada na Rua Luiz Pedro de Oliveira no bairro São Bernardo em Tubarão/SC. Trata-se de um edifício residencial que dispõe de quatro apartamentos com área de 49,83m² cada e pé direito de 2,80m. Cada unidade possui sala, cozinha, área de serviço, sacada e dois dormitórios, sendo um suíte. A planta de cada unidade consta no Anexo I deste documento.

A análise comparativa de habitação popular foi efetuada considerando apenas os custos dos parâmetros de alvenaria, revestimentos e estruturas. Deste modo, foram construídas planilhas orçamentárias e a análise da execução da construção da mesma residência para os dois sistemas construtivos: bloco cerâmico estrutural e bloco de solo-cimento.

Para elaborar as tabelas com os quantitativos de insumos, foram utilizadas planilhas orçamentárias de acordo com os dados técnicos fornecidos pelas empresas visitadas. Através desses dados, foi possível obter um valor final para cada método construtivo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para obter resultados, é necessário analisar e compreender o método construtivo que está sendo estudado através de um estudo de viabilidade construtiva e econômica para mensurar a utilização dos blocos em habitações populares.

Desse modo, foram estabelecidos critérios para a análise de tal viabilidade, considerando aspectos específicos e importantes para a execução na área de estudo.

5.1 VIABILIDADE CONSTRUTIVA

Neste tópico, será analisada a viabilidade construtiva utilizando os dois tipos de blocos para a construção de residências populares.

5.1.1 Bloco cerâmico estrutural

Baseado nas pesquisas realizadas na região e nas visitas às empresas que fabricam os blocos, foi possível perceber que o bloco cerâmico estrutural ainda é algo novo. Consequentemente, é muito pouco solicitado e usado no mercado da construção civil.

O sistema construtivo do bloco cerâmico estrutural se difere do bloco convencional visto anteriormente, pois o torna uma opção viável, já que utiliza menor quantidade de argamassa. Assim, facilita o alinhamento e dispensa o uso de chapisco, emboço e reboco. Além disso, o bloco pode ficar aparente ou ser revestido com calfino, cerâmica ou até mesmo reboco.

Outra vantagem é a diminuição de desperdício, visto que as instalações elétricas e hidráulicas são inseridas dentro do bloco estrutural, não sendo necessário o corte do mesmo. Igualmente ocorre com o bloco de solo-cimento conforme apresentado neste documento.

5.1.2 Bloco de solo cimento

O mesmo cabe para o bloco de solo-cimento. O mercado da construção civil ainda tem preconceito a métodos construtivos novos e conhece muito pouco. Assim a maioria das obras da região ainda opta pelo método com bloco convencional.

Em visita realizada na empresa da região que fabrica o bloco de solo-cimento, constatou-se que o mesmo não possui um custo baixo em relação ao convencional. Porém, o que o torna uma opção viável é o sistema construtivo aplicado, que por ser um bloco estrutural, dispensa o uso de formas e armaduras para pilares e vigas. Além disso, tem a possibilidade de deixar a alvenaria aparente, sem necessidade de reboco ou outro tipo de acabamento sobre ela.

5.1.3 Dados técnicos do bloco solo-cimento

Conforme citado acima, a visita técnica realizada na empresa que fabrica os blocos de solo-cimento, teve como principal objetivo adquirir os dados técnicos. Bem como as dimensões e características dos blocos fabricados por eles, para, assim, utilizarmos em nosso estudo comparativo, conforme tabela 3 abaixo:

Tabela 3 - Dados técnicos bloco de solo-cimento

Dados técnicos	
Dimensões	25 x 12,5 x 7 cm
Peso	3,5 Kg seco
Resistência à compressão	4 a 6,2 MPa
Absorção de água	11 %
Consumo/m ² (parede)	57 peças
Preço unitário	R\$ 0,90

Fonte: Autoras, 2019.

5.1.4 Dados técnicos do bloco cerâmico estrutural

A segunda visita a empresa que fabrica os blocos cerâmico estrutural, também teve como principal finalidade a obtenção dos dados técnicos, conforme a tabela 4.

Tabela 4 – Dados técnicos bloco cerâmico estrutural

Dados Técnicos	
Dimensões	14 x 19 x 29 cm
Peso	5,058 Kg seco
Resistência à compressão	3 a 5 Mpa
Absorção de água	10 %
Consumo/m ² (parede)	16,5 peças
Preço unitário	R\$ 1,30

Fonte: Autoras, 2019.

5.2 VIABILIDADE ECONÔMICA

Neste tópico, será analisada a viabilidade econômica do uso dos dois tipos de blocos na construção de casas populares.

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

Para elaboração das tabelas com os quantitativos de insumos e mão-de-obra, foram utilizados o relatório do mês de outubro de 2019 da SINAPI – CAIXA. Cujos dados são atualizados mensalmente pelo IBGE em todas as capitais brasileiras.

5.2.1 Alvenaria

Para analisar os custos da composição da alvenaria em bloco de solo-cimento e bloco cerâmico estrutural, adotamos a área total do edifício residencial somando os quatro apartamentos, de 49,83 m² cada. A partir da área total, encontramos a área de cada parede, conforme os dados apresentados no Anexo I. Com o resultado obtido, descobrimos o quantitativo de peças que serão necessárias para a execução das mesmas, apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Quantitativo de peças por apartamento

Tipo	Área de parede (m²)	Qntd.	Custo Unitário	Custo Total
Bloco solo-cimento	146,69	7823	R\$ 0,90	R\$ 7.040,70
Bloco cerâmico	146,69	2713	R\$ 1,30	R\$ 3.526,90

Fonte: Autoras, 2019.

Para realizar as quantidades de insumos descritas acima, primeiramente foi calculado a área de todas as paredes, totalizando 146,69 m². E, também a área de cada peça dos blocos de solo-cimento e cerâmico estrutural para, assim, obter o quantitativo de peças necessárias de cada um dos métodos construtivos.

5.2.2 Argamassa

Na tabela 6, apresentada abaixo, mostra o orçamento do quantitativo de argamassa de assentamento necessária para o bloco de solo-cimento e para o bloco de cerâmico estrutural. Este, segue o critério de Mohamad (2015, p.110) que estabelece a especificação dos traços de argamassas com juntas de 10 mm e traço de argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia de 1:2:8.

Tabela 6 – Quantitativo de materiais para argamassa traço 1:2:8

Descrição	Unid.	Coef. Material/serviço	Custo Unitário	Custo Total
Areia Média	m³	1,17	R\$ 75,00	R\$ 87,75
Cimento Portland (CP II E-32)	Kg	140,85	R\$ 0,44	R\$ 61,97
Cal hidratada	Kg	305,16	R\$ 0,475	R\$ 144,95
Total				R\$ 294,67

Fonte: Autoras, 2019.

Tabela 7 – Quantitativo de argamassa por bloco

Descrição	Unid.	Coef. Material/serviço	Custo Unitário	Custo Total
Bloco de solo-cimento	m³	0,674	R\$ 294,67	R\$ 198,60
Bloco cerâmico estrutural	m³	0,209	R\$ 294,67	R\$ 61,58

Fonte: Autoras, 2019.

Observando as tabelas acima, o volume de argamassa necessário para o bloco de solo-cimento e bloco cerâmico estrutural totalizou uma quantidade de insumos diferente. Visto que, o tamanho do bloco de solo-cimento é menor, necessitando, assim, maior quantidade de argamassa de assentamento.

5.2.3 Peso

A tabela 8, apresenta o valor total do peso das paredes, levando em consideração os blocos de solo-cimento e bloco cerâmicos estruturais assentados, conforme materiais e quantitativo de peças descritas acima e, ainda, os dados técnicos de ambos.

Tabela 8 - Peso Total

Descrição	Peso (kg)
Bloco de solo-cimento	28.996,51
Bloco cerâmico estrutural	15.338,36

Fonte: Autoras, 2019.

5.2.4 Mão de obra

Para o cálculo da mão de obra, utilizamos como base a tabela SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) do mês de outubro de 2019. Nela, encontramos o preço por m², através do coeficiente e preço unitário, para achar o preço total de mão-de-obra de cada método construtivo.

Tabela 9 – Mão de obra

Descrição	Unid.	Profissional	Coef.	Custo Unitário (R\$)	Custo por m² (R\$)	Custo Total (R\$)
Bloco de solo-cimento	H	Pedreiro	0,74	23,53	17,41	2.553,87
		Servente	0,77	16,58	12,76	1.871,76
Total						4.425,63
Bloco cerâmico estrutural	H	Pedreiro	0,81	23,53	19,05	2.794,44
		Servente	0,41	16,58	6,79	996,02
Total						3.790,46

Fonte: Autoras, 2019.

5.3 CUSTO TOTAL

Para o cálculo do custo total do uso do bloco de solo-cimento e do bloco cerâmico estrutural, foram realizadas as somas dos preços totais de insumos e mão de obra para a execução da alvenaria, apresentadas nas tabelas 10 e 11 abaixo.

Tabela 10 – Custo total bloco de solo-cimento

Descrição	Custo Unitário (R\$)
Mão-de-obra	4.425,63
Bloco de solo cimento	7.040,70
Argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia traço 1:2:8	198,60
Total	11.664,93

Fonte: Autoras, 2019.

Tabela 11 – Custo total bloco cerâmico estrutural

Descrição	Custo Total (R\$)
Mão-de-obra	3.790,46
Bloco de solo cerâmico estrutural	3.526,90
Argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia traço 1:2:8	61,58
Total	7.378,94

Fonte: Autoras, 2019.

5.4 COMPARATIVO DE CUSTOS

Conforme especificações orçamentárias acima, o que difere o sistema construtivo de bloco de solo-cimento do bloco cerâmico estrutural é o seu custo. Isso acontece, devido à diversos fatores que vão desde a dimensão dos mesmos, até mesmo a quantidade de argamassa necessária.

Visto que, como o bloco de solo-cimento é menor, se faz necessário maior utilização de argamassa de assentamento. Por mais que o valor unitário do bloco de solo-cimento seja menor é necessária uma quantidade maior, diferente do bloco de cerâmica estrutural que é maior, havendo, assim, uma diferença no quantitativo de peças entre os dois blocos.

Quanto aos demais gastos, por serem particularmente semelhantes, não entraram em detalhes minuciosos do orçamento. Pois, o objetivo real era identificar qual bloco possui maior viabilidade econômica aplicado em habitações populares, para isso escolhemos blocos com as mesmas características.

5.5 VIABILIDADE DE APLICAÇÃO DOS MÉTODOS

De forma geral, o método construtivo com blocos de solo-cimento ou bloco cerâmico estrutural se torna muito parecido. A diferença está na dimensão e no processo de fabricação, uma vez que o bloco de solo-cimento não passa pelo processo de queima, distinto do bloco cerâmico estrutural.

Ainda assim, os dois levam vantagem devido ao seu método construtivo ser executado de forma mais precisa, com o mínimo desperdício possível de materiais. Este método reduz muito a utilização e desperdícios de madeira para formas de vigas e pilares. E, também, a utilização de cimento em grande escala, bem como a utilização de aço, além de diminuir as cargas que são distribuídas sobre o solo, devido sua estrutura proporcionar uma maior distribuição das cargas.

Sua execução é mais rápida, em virtude de os blocos serem executados com pouco uso de argamassa ou cola e poderem ficar aparentes. Não havendo necessidade de aplicação de revestimentos e suas tubulações passarem no interior da alvenaria, gerando pouquíssimo

entulho, tendo em vista que a mesma não é quebrada para a introdução das tubulações tanto na parte elétrica, quanto na hidráulica.

Para a aplicação em casas populares, observa-se grandes vantagens da aplicação do método construtivo com bloco de solo-cimento ou bloco cerâmico estrutural. Em contrapartida, conforme mencionado acima, ainda é um material relativamente novo no mercado, fazendo com que exista certo preconceito social.

Outro ponto a ser considerado, é a necessidade de mão de obra mais qualificada devido ao fato de os dois métodos construtivos serem diferenciados dos convencionais, tendo assim, certa dificuldade em encontrar profissionais capacitados.

De qualquer forma, o método construtivo com blocos de solo-cimento e blocos cerâmicos estruturais mostram grandes percentuais de vantagens para utilização em casas populares. E, deveria ser levado em consideração na hora da escolha dos materiais para a execução de obras, pois os métodos trazem benefícios tanto na redução de desperdícios e custos, quanto no tempo dos prazos de entrega.

6 CONCLUSÃO

Com a elaboração deste estudo comparativo, foi possível ampliar os conhecimentos em relação a blocos de solo-cimento e o bloco cerâmico estrutural, além de explorar seus métodos de execução para analisar a viabilidade construtiva e econômica de ambos, aplicados em habitações populares.

O bloco de solo-cimento é um produto pouco conhecido, além disso, poucos trabalhadores da área conhecem seu método construtivo, o que acaba gerando um pouco de receio e preconceito da população em relação ao mesmo. Já os blocos cerâmicos estruturais são um pouco mais conhecidos na região e já possuem obras finalizadas utilizando esse método construtivo na cidade em estudo.

Neste estudo, é possível analisar, também, as diferenças entre os dois métodos construtivos. Utilizou-se como critério principal de comparação o custo dos blocos individuais, a quantidade de insumos de materiais para o assentamento dos blocos e a mão-de-obra necessária para a execução da alvenaria em si. Dessa forma, optou-se por comparar somente os dois blocos assentados, visto que os outros comparativos não seriam necessários, já que eles se assemelham.

Após a análise comparativa dos dois sistemas construtivos através do estudo de produtividade e custo, pode-se afirmar que o sistema construtivo com bloco cerâmico estrutural é o mais viável para a construção de habitações populares. Levando em consideração o custo final, os dois blocos apresentaram uma grande diferença. Conforme as especificações técnicas descritas acima, o bloco de solo-cimento possui dimensões menores, sendo necessária maior quantidade de peças e volume de insumos para o assentamento do bloco para a metragem total das paredes da habitação em estudo.

Com relação ainda a questão econômica, a mão-de-obra não houve uma diferença tão singela. Os dois blocos possuem um coeficiente parecido, o que levou a gerar valores semelhantes. Quanto ao peso, nota-se uma generosa diferença, sobressaindo também o bloco cerâmico estrutural. O mesmo apresentou menor peso total, comparado com o bloco de solo-cimento que, conforme descrito nas tabelas acima, exigiu maior quantidade de peças, totalizando um peso total maior.

Ainda é possível observar que, com o estudo de caso e as pesquisas bibliográficas, além dos dois blocos serem muito parecidos, uma das principais igualdades está na parte da

rede elétrica e hidrossanitária. Os dois blocos possuem furos verticais que atuam como condutor de passagem para as redes. Na fase de acabamento foi possível observar outra igualdade, pois produzem uma alvenaria uniforme. Por tratar de um sistema modular, os revestimentos dos tijolos modulares dispensam coberturas de massas quando expostos devido à ausência de irregularidades, dispensando uso excessivo de material, destacando as características que tornam os métodos de execução diferentes.

Em relação ao município de Tubarão e em todo estado de Santa Catarina, foram encontradas poucas empresas produtoras do bloco de solo-cimento e de bloco cerâmico estrutural. Para realizar a visita técnica, foi necessário procurar por empresas em cidades próximas da região. As empresas investidoras na área da construção civil, assim como os órgãos governamentais, precisam ter mais atenção em assuntos que abordem a redução dos impactos ambientais e os custos de produção.

Baseado nos resultados obtidos neste trabalho, observou-se que o bloco cerâmico estrutural foi o que se destacou na questão econômica, visto que o mesmo apresentou melhores resultados quando comparado com o sistema construtivo de bloco solo-cimento. Porém, conforme citado, os dois blocos suscitam promissoras possibilidades de aplicação da sustentabilidade ambiental e econômica ao mercado da construção civil.

REFERÊNCIAS

ABIKO, A. K. **Introdução da gestão habitacional**. São Paulo, EPUSP, 1995. Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/12.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Solo-cimento na habitação popular**. São Paulo: ABCP, 1985.

_____. **Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais**. 3. ed. rev. atual. São Paulo, ABCP, 2000.

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.

_____. **NBR 15270-2**: componentes cerâmicos: parte 2: blocos cerâmicos para alvenaria estrutural: terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270-3**: componentes cerâmicos: parte 3: blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação: métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 8491**: tijolo de solo-cimento: requisitos. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 8492**: tijolo maciço de solo-cimento: determinação da resistência à compressão e da absorção d'água. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

BALDAUF, A. S. F. **Contribuição à implementação da coordenação modular da construção no Brasil**. 2004. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BARBOSA, N.P.; GHAVAMI, K. Terra crua para edificações. *In*: ISAIA, G. C. (ed.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed., São Paulo: Ibracon, 2012, 2v.

BONDUKI, N. **Habitar São Paulo**. São Paulo: Estação Liberdade, 2000.

BRASIL. **Lei n. 11.977**, de 7 de julho de 2009. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/11977.htm. Acesso em: 01 jun. 2019.

_____. **Lei n. 12.424**, de 16 de junho de 2011. Altera a Lei n. 11.977, de 7 de julho de 2009, que dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas; e dá outras providências. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Lei/L12424.htm. Acesso em: 01 jun. 2019.

_____. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Plano Nacional de Habitação – PlanHab. 2014. Disponível em: <http://www.mdr.gov.br/habitacao-cidades/plano-nacional-de-habitacao-planhab>. Acesso em: 01 jun. 2019.

_____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Construção sustentável**. [s.l], [s.d]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismo-sustentavel/item/8059>. Acesso em: 17 maio 2019.

CASANOVA, F. J. **Tijolos solo-cimento com resíduos de construção**. Artigo. Revista Techné. 2002.

CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DA BAHIA (CEPED). **Cartilha para construção de paredes monolíticas em solo-cimento**. 3. ed. Rio de Janeiro: BNH- Depea, 1984.

CICHELERO; G. Z.; MURARO, M. S. **Uso, eficiência e a economia da alvenaria estrutural. pesquisa comparativa de relação entre estruturas do sistema construtivo convencional**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil)-Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017. Disponível em: <https://riuni.unisul.br/handle/12345/4034>. Acesso em: 18 maio 2019.

ECO PRODUÇÃO. **Folder do sistema construtivo do tijolo ecológico**. Disponível em: <http://www.ecoproducao.com.br/look-book.php/>. Acesso em: 18 maio 2019.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

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

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese (livre Docência)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2000.

LAHORE, C. F. O. **Introducción a la educación comparada**. 2. ed. San José, C.R.: EUNED, 2008.

LIMA, T. V. **Estudo da produção de blocos de solo-cimento com solo do núcleo urbano da cidade de Campos dos Goytacazes- RJ**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes-RJ, 2006.

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. 2. ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2007.

MINKE, G. **Manual de construcción en tierra**. Montevideo: Fin de Siglo, 2005.

MOHAMAD, G. (coord.). **Construção em alvenaria estrutural**: materiais, projeto e desempenho. São Paulo: Blucher, 2015.

MOTTA, L. D. **A questão da habitação no Brasil**: políticas públicas, conflitos urbanos e o direito à cidade. 2010. Disponível em: http://conflitosambientaismg.lcc.ufmg.br/wp-content/uploads/2014/04/TAMC-MOTTA_Luana_-_A_questao_da_habitacao_no_Brasil.pdf. Acesso em: 01 jun. 2019.

MOTTA, C. J.; MORAIS, W. P.; ROCHA, N. G. **Tijolo de solo-cimento**: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. Belo Horizonte: E-xata, 2014.

NUNES, A. C. N.; RESENDE, S. S. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmica vermelha**. Belo Horizonte: Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG) e Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM), 2013. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/producao_sustentavel/GUIAS_TECNICOS_AMBIENTAIS/. Acesso em: 22 abr. 2019.

OLIVEIRA, F. E. M. d. **Acompanhamento da produção industrial em cerâmica da microrregião do Vale do Assu**: estudo de caso. Angicos, 2011.

PEREIRA, C. Alvenaria estrutural: vantagens e desvantagens. **Escola de engenharia**, 21/Maio/2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/alvenaria-estrutural>. Acesso em: 20 maio 2019.

PINHEIRO, G. S. **Alvenaria estrutural em blocos de concreto**. Projeto de Graduação (Engenharia Civil)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024413.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2019.

PISANI, M. A. J. **Um material de construção de baixo impacto ambiental**: o tijolo de solocimento. São Paulo, 2002.

RABELO, A. C. N. Dimensionamento de alvenaria estrutural segundo recomendações do Eurocode 6. 2004. Dissertação (Mestre em Engenharia de Estruturas)-Universidade Federal de Minas Gerais, 2004. Disponível em: <http://pos.dees.ufmg.br/defesas/124M.PDF>. Acesso em: 01 jun. 2019.

RIBEIRO, L. C. de Q.; PECHMAN, R. M. **O que é a questão moradia?** Coleção Primeiros Passos, n. 92. São Paulo: Brasiliense, 1983.

RODRIGUES, A. M. **Moradia nas cidades brasileiras**. São Paulo: Contexto, Edusp, 1998.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. do N.; ARAÚJO, H. N. de. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: Ufsc, 1999.

SAHARA. **O tijolo ecológico e o sistema construtivo modular**. São Paulo, Brick 2001. Disponível em: <https://www.sahara.com.br/pdf-sahara-tecnologia/brick.pdf>. Acesso em: 24 maio 2019.

SCHÜRMANN, B. **Problemas urbanos e conflitos sociais**. 1978. 103f. Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 1978.

SEBRAE; ESPM. **Cerâmica vermelha: estudos de mercado**. São Paulo: SEBRAE Nacional, 2008. Relatório completo.

SILVA, S.R. **Tijolos de solo-cimento reforçado com serragem de madeira**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas)-Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

SILVA, A. M.; COSTA C. G. **Alvenaria estrutural com bloco cerâmico**. Santa Catarina: UFSC, 2007.

SOUZA, A. G. de. *et al.* **Política governamental de habitação no Brasil: desafios e perspectivas**. 2009. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/paraonde/article/download/22103/12862>. Acesso em: 01 jun. 2019.

TAUIL, C. A; NESSE, F.J.M. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: PINI, 2010.

VENDRUSCULO, Y. L. **Projeto e dimensionamento de um edifício em alvenaria estrutural**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017. Disponível em: http://www.ct.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2017/TCC_YURI%20LOUREIRO%20VENDRUSCULO.pdf. Acesso em: 20 maio. 2019.

TRIANA FILHO. A. **Habitação popular no Brasil: análise do modelo operacional de financiamento pelas agências oficiais**. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)-Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2006. Disponível em: http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3489/1/2006_Antonio%20Triana%20Filho.pdf. Acesso em: 01 jun. 2019.

WENDLER, A. **Curso sobre projeto de alvenaria estrutural com blocos vazados de concreto**. São Paulo: ABCP, 2001.

_____. **Relatório sobre alvenaria estrutural: considerações econômicas**. Disponível em: <http://www.wendlerprojetos.com.br/frame.htm>. Acesso em: 17 maio 2019.

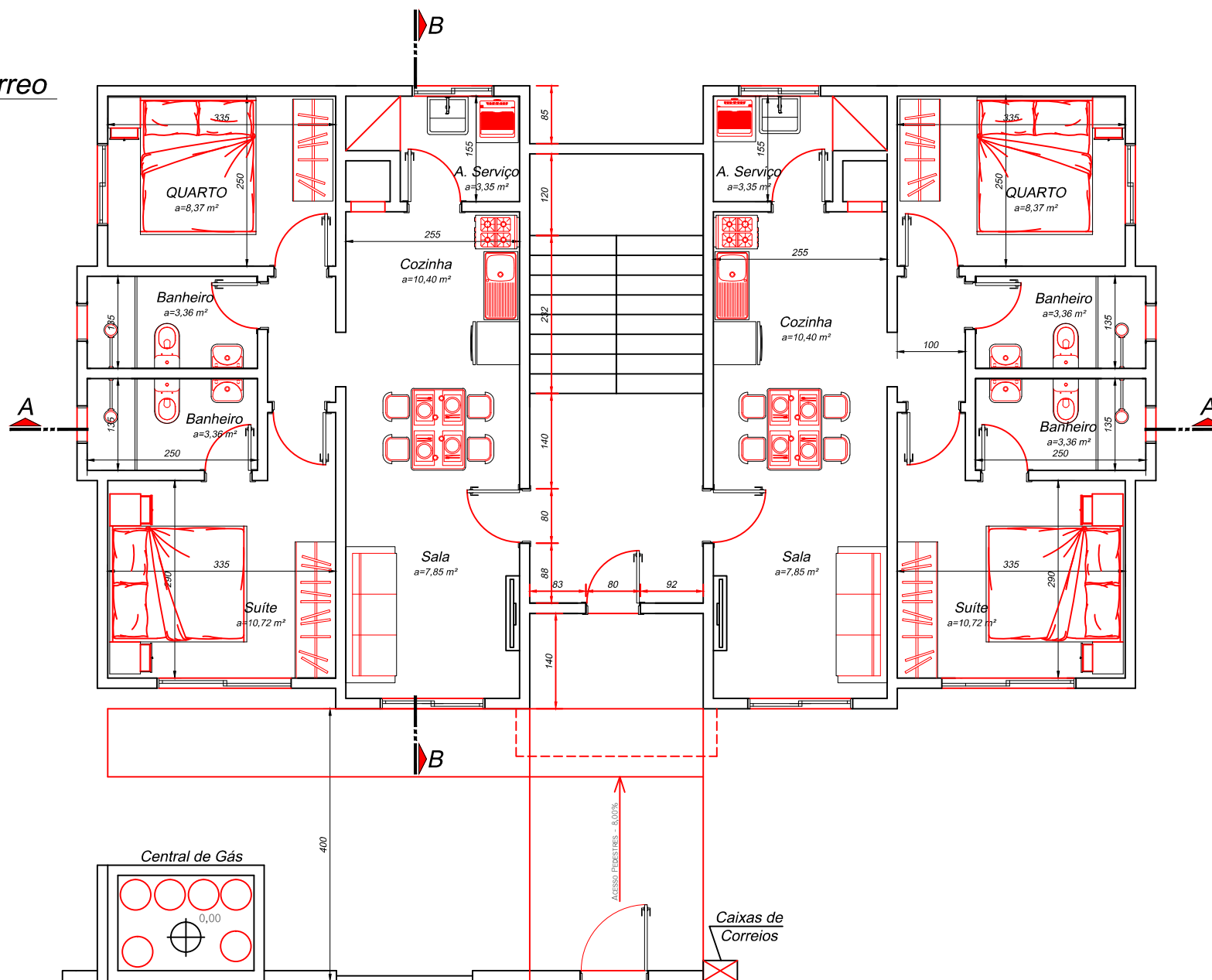
_____. **SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_848. Acesso em: 05 nov. 2019.

ANEXOS

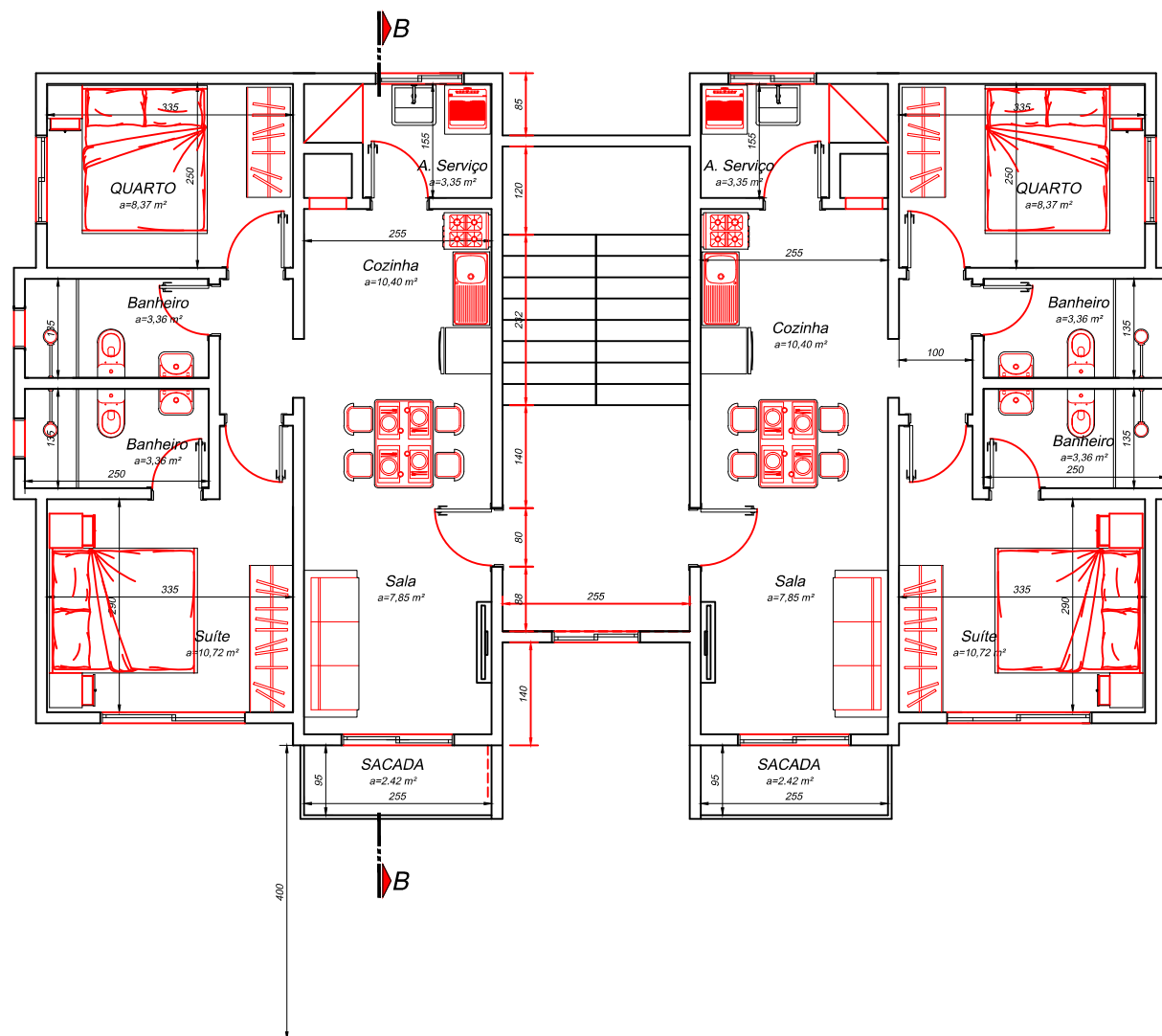
ANEXO I – Projeto Arquitetônico Habitações Populares

Planta Baixa Térreo

Escala 1/100



Planta Baixa Pavimento Superior
Escala 1/50



Corte AA
Escala 1/50

