SISTEMA CONSTRUTIVO UTILIZANDO TIJOLO DE SOLO-CIMENTO (TIJOLO ECOLÓGICO) EM CASAS RESIDENCIAIS – ESTUDO DE CASO

Matos (1), L. S.; Lôbo (2), M. S.; Couto (3), A. B. P.

Escola Politécnica e de Artes

Pontifícia Universidade Católica

Goiânia-GOIÁS-Brasil

RESUMO: Entre os novos materiais aplicados na construção civil encontra-se o Tijolo de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico), esse material é composto por solo (argilas), cimento e água, e possui resistência à compressão semelhante à do tijolo de bloco cerâmico. Além disso, esse material possibilita a redução do tempo de construção em 30% em relação à alvenaria convencional e distribuem melhor a carga de peso sobre as paredes devido aos seus encaixes e colunas embutidas nos próprios furos. Em relação as normas específicas para este sistema construtivo, utiliza-se a NBR 8491 (ABNT, 2012), a NBR 8492 (ABNT, 2013) e a NBR 16868 (ABNT, 2020), para construções onde o material é utilizado como elemento estrutural. Esse sistema construtivo apresenta como vantagens: isolamento termoacústico; menor impacto ambiental e redução do peso da estrutura sem reduzir a resistência da edificação; apresenta como desvantagens: necessidade de mão de obra e manutenção especializada e cuidados especiais em relação às instalações elétricas e hidraulicas. No comparativo de custo feito em relação à alvenaria convencional de tijolo cerâmico de 9 x 19 x 29 cm, há uma economia a cerca de 40%.

Palavras-chaves: Tijolo Ecológico, Sistema Construtivo, Custo Comparativo.

ABTRACT: Among the new materials applied in civil construction is Soil-Cement Brick (Ecological Brick), this material is composed of soil (clay), cement and water, and has compressive strength similar to that of ceramic block brick. Furthermore, this material makes it possible to reduce construction time by 30% compared to conventional masonry and better distribute the weight load over the walls due to its fittings and columns embedded in the holes themselves. Regarding specific standards for this construction system, NBR 8491 (ABNT, 2012), NBR 8492 (ABNT, 2013) and NBR 16868 (ABNT, 2020) are used, for constructions where the material is used as a structural element. This construction system has the following advantages: thermoacoustic insulation; lower environmental impact and reduced weight of the structure without reducing the building's resistance; Its disadvantages are: need for specialized labor and maintenance and special care in relation to electrical and hydraulic installations. In the cost comparison made in relation to conventional ceramic brick masonry measuring 9 x 19 x 29 cm, there is a saving of around 40%.

Keywords: Ecological Brick, Construction System, Comparative Cost.

(1) Orientando, (2) Orientando, (3) Orientador

1. Introdução

A habitação construída com qualidade tem o compromisso de priorizar o bem estar do meio ambiente, portanto, é muito importante que os profissionais da área da construção civil estejam sempre em busca de métodos construtivos mais sustentáveis para se obter uma construção mais limpa e minimizar possíveis impactos ambientais [1].

É estimado que a construção civil utiliza de 20 a 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade e assim é considerado o maior consumidor desses recursos. Devido isso, existem várias alternativas para incluir recursos sustentáveis na construção civil e assim minimizar os impactos ambientais e ao mesmo tempo satisfazer aos anseios de infraestrutura da população, alinhando baixo custo e qualidade [2].

Para isso, uma das alternativas para alcançar os propósitos citados anteriormente é a utilização do Tijolo de Solo-Cimento, conhecido também como Tijolo Ecológico. Esse material é composto por solo (argilas), cimento e água e possui resistência à compressão semelhante à do tijolo tradicional, porém a qualidade final é superior, devido suas dimensões regulares e faces planas e lisas [3]. Além disso, os tijolos ecológicos possuem ótimas propriedades térmicas e acústicas, proporcionando maior conforto térmico e com isso reduzindo a necessidade de utilizar sistemas de climatização e isolamento [4].

Ademais, os Tijolos Ecológicos possibilitam a redução do tempo de construção em em relação à alvenaria convencional, distribuem melhor a carga de peso sobre as paredes, devido aos seus encaixes e colunas embutidas nos próprios furos; reduzem o consumo de madeiras para fôrmas nas construções e ainda proporcionam uma economia de concreto e argamassa em cerca de 70% e de aço 50% em relação à estrutura de concreto armado [5]. Outro aspectos sobre o Tijolo de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico) é que o mesmo pode ser moldado através de prensas manuais ou hidráulicas, podendo também ser fabricado no próprio local da obra e dispensar o processo de queima em sua produção, evitando assim a emissão de dióxido de carbono (CO2) na atmosfera [4]; como dito anteriormente em relação a sua produção (Água X Cimento X Solo), estudos ainda estão sendo realizados para que se possa utilizar alguns materiais, como adições, durante a sua fabricação, como por exemplo, os resíduos da construção e demolição - RCDs, cascas de arroz e carvão ativado [6].

É importante ressaltar que a resistência dos Tijolos de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico) em construções de grande porte, como edifícios comerciais e pontes podem ser

limitadas. Nesses casos, podem ser necessárias medidas complementares, como o uso de estruturas de concreto armado, análises estruturais detalhadas para avaliar a adequação dos tijolos, garantindo a segurança e a durabilidade da construção [7].

O Tijolo de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico) está regularizado pelas normas: NBR 8491 (Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com utilização de prensa hidráulica), NBR 8492 (Tijolo maciço de solo-cimento - Determinação da resistência a compressão e da absorção d'água) e ainda baseado na NBR 16868 (Alvenaria Estrutural) para construções onde o material é utilizado como elemento estrutural.

O processo de fabricação do tijolo ecológico corresponde quatro etapas, quais sejam [8]:

A) Preparação do solo: é caracterizado por destorroar e peneirar o solo seco. A NBR 10833/2012 recomenda que 100% do solo utilizado na fabricação, deverá passar na peneira com abertura de malha de 4,75 mm (Nº4) e de 10% a 50% do material passar na peneira com abertura de 75 mm (Nº200); além disso o solo deverá apresentar um limite de liquidez de até 45% e um índice de plasticidade de até 18%;

B) Preparação da mistura: nesta etapa há a adição do cimento Portland ao solo, para se obter uma mistura homogênea com uma coloração uniforme, além disso nessa etapa, também, é adicionado água na mistura de modo gradativo para se obter uma umidade ideal de trabalho, variando entre 7% a 20% de água.

Vale ressaltar que a umidade da mistura é verificada através de procedimentos simples, pela massa fresca, tomando um punhado da mistura nas mãos e apertando-a entre os dedos, deixando-a com marcas perfeitas dos dedos ao abrir a mão; outra opção é deixar o bolo cair de uma altura de mais ou menos 1m, sobre uma superfície dura, com isso o bolo deverá esfarelar-se ao se chocar com a superfície, caso isso não ocorra com os procedimentos, deve- se adicionar mais água até obter uma umidade ideal de trabalho. De acordo com a NBR 10833/2012, a água deve estar isenta de impurezas nocivas à hidratação do cimento e o uso de aditivos é permitido, desde que o produto final atenda aos requisitos da Norma;

C) Moldagem dos Tijolos: segundo NBR 10833/2012, essa etapa compreende transferir, de modo imediato, a mistura elaborada na etapa anterior para o molde e executar a prensagem. Após a prensagem e formação dos blocos, empilhá-los até uma altura de 1,5 m

e deixar secar à sombra em uma superfície plana e lisa;

D) Cura e Armazenamento: de acordo com a NBR 10833/2012, é recomendado que, após a moldagem, os tijolos sejam mantidos úmidos por sucessivas molhagens e envolvidos por plástico (strech), levando à cura. Após a cura é recomendável o uso de páletes para fazer o armazenamento e transporte dos mesmos.

Já em relação ao acabamento das construções em Tijolo de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico), existem várias opções disponíveis, inclusive o próprio material ser utilizado para tal fim. Dentre os tipos de acabamentos, os mais utilizados são [9]:

Acabamento à vista: nesse tipo de acabamento, o próprio material (Tijolo de Solo-Cimento - Tijolo Ecológico) é utilizado e o proprietário vai somente fazer o uso do hidrofugante específico para evitar a umidade no mesmo; o rejunte deve cobrir todas as juntas e os vazios nos frisos que foram deixados no momento do assentamento;

Acabamento em revestimento cerâmico: é comum o uso de material cerâmico em paredes internas de áreas molhadas; esse tipo de revestimento pode ser utilizado nas construções com o Tijolo de Solo-Cimento sem nenhuma restrição. Os cuidados na execução devem ser os mesmos de construções comuns;

Acabamento em gesso: é um tipo de revestimento bastante econômico e de rápida execução para paredes internas; o único cuidado a ser tomado é com as paredes externas, pois estas devem ser impermeabilizadas, antes de se aplicar o gesso sobre a face interna, para evitar a umidade e, com isso, futuras patologias;

Acabamento Skin Coat: é uma argamassa de pouca espessura usada em superfícies lisas que pode ter acabamento liso ou texturado. É uma ótima opção pois é resistente a água e dispensa o chapisco.

O presente trabalho tem como objetivo fazer uma revisão bibliográfica do Sistema Construtivo em Tijolos de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico), em casas residenciais, analisando sua execução e apontando aspéctos importantes sobre esse sistema. Os objetivo específicos incluem definir as etapas e características do sistema; acompanhar sua eficiência e desempenho *"in loco"* e apresentar um comparativo de custo entre o Sistema Construtivo em Tijolos de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico) de 12,5 x 25 x 7 cm e o Sistema de Alvenaria Convencional (bloco cerâmico) de 9 x 19 x 29 cm e por fim apontar as vantagens e desvantagens

do método construtivo.

2. Materiais e Métodos

Para este trabalho, foi feito uma revisão bibliográfia sobre o Sistema Construtivo em Tijolo de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico) em Casa Residenciais, além do acompanhamento do processo executivo, analisando a eficiência e desempenho do sistema em questão segundo os principais aspectos construtivos. Foi realizado também um comparativo de custo com o sistema de alvenaria convencional (bloco cerâmico de 9 x 19 x 29 cm), apontando as vantagens e desvantagens do sistema. O acompanhamento dos serviços, passo a passo, *"in loco"*, foi feito em uma obra residencial no município de Senador Canedo, com área de 365 m², com uma fundação feita em estacas de concreto com Ø 40 cm de diâmetro e 12,5 m de profundidade, encabeçadas com blocos de concreto armado de 60 x 60 cm e com Fck de 25 MPa.

Em relação ao comparativo de custo proposto, foram utilizadas, para o Sistema de Alvenaria Convencional, composições do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) de MAI/2024 e para o Sistema Construtivo em Tijolo de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico), as composições utilizadas foram fornecidas pela Empresa, do objeto de estudo.

3. Resultados e Discussão

Vale ressaltar, como já mencionado anteriormente, que o Tijolo de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico), devido a sua composição, é um material que contribui muito para o meio ambiente, pois ele permite o reaproveitamento de insumos que seriam descartados e acabariam contaminando a natureza e além de, também, não gerar a liberação de dióxido de carbono na sua produção. O Sistema Construtivo utilizando esse material garante mais agilidade na obra quando comparado aos métodos construtivos convencionais, devido à sua facilidade de montar e unir suas peças; além disso, ele é mais durável e mais resistente do que os modelos tradicionais, reduzindo assim a manutenção do local e gerando economia de dinheiro [10].

A seguir será demostrado as etapas construtivas do método proposto:

3.1 Elaboração de Projetos

Vale salientar que a construção que utiliza o Tijolo de Solo-Cimento (Tijolo

Ecológico) é obrigatoriamente modular, ou seja, os comprimentos de todas as paredes dos cômodos devem ser múltiplos do tamanho do módulo, que é representado pela metade do tijolo. Desta forma, não é necessário fazer emendas e nem quebrar tijolos para construir a alvenaria, pois o último tijolo da fiada se encaixa perfeitamente ao lado do primeiro. Porém, para reduzir a chance de intercorrências, no decorrer da obra, é necessário a elaboração de plantas de modulação dos blocos antes do início da mesma, pois as instalações elétricas e hidráulicas são executadas simultaneamente com a alvenaria [11, 12 e 8].

3.2 Execução de Fundação

A fundação é uma etapa indispensável em qualquer construção, pois é ela que garante a estabilidade da mesma. Para o sistema construtivo em questão, a fundação deve ser feita de acordo com as características do terreno e as especificidades da parede a ser construída [13]. No estudo de caso em questão, foi utilizada a fundação em estacas de concreto com Ø 40 cm e 12,5 m de profundidade, encabeçadas com blocos de concreto armado de 60 x 60 cm e com concreto de Fck de 25 MPa.

3.3 Impermeabilização da Fundação

A impermeabilização da fundação, foi feita com manta asfáltica. Essa etapa é muito importante e deve ser feita antes do assentamento da primeira fiada de tijolos, para prevenir que a umidade que se encontra no solo infiltre na alvenaria, causando danos na estrutura, como: patologias, degradação da pintura ou revestimento, doenças respiratórias, entre outros prejuízos [13].

3.4 Assentamento da Primeira Fiada de Alvenaria

O assentamento da primeira fiada é uma etapa muito importante na elevação da alvenaria, pois é ela quem vai definir o alinhamento e nivelamento de toda a parede. Para facilitar a execução da mesma é elaborado o projeto de “planta de modulação da primeira fiada” no qual é indicado o posicionamento exato de cada tijolo, de cada coluna armada e sem armação (Foto 1) e também onde estarão localizadas as instalações elétricas (Foto 2) e hidráulicas (Foto 3). Dessa forma, deve-se seguir corretamente o que está indicado nessa planta de modulação dos tijolos, respeitando suas posições, aberturas das portas e janelas e cada uma das indicações contidas.

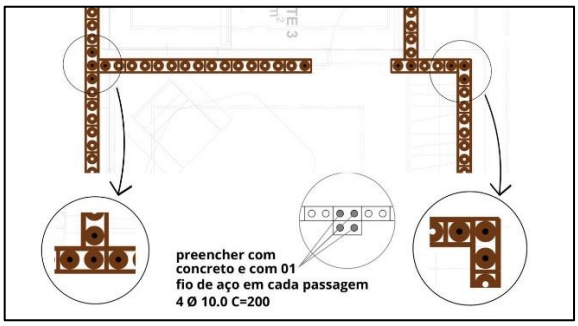

Foto 1 - Posicionamento das colunas armadas e não armadas na planta de modulação.
Fonte: GF Soluções em Engenharia.

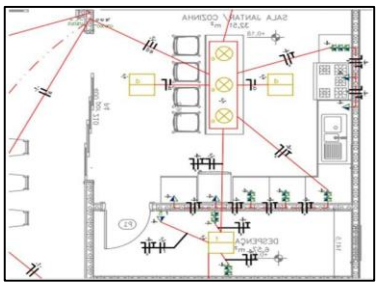

Foto 2 - Posicionamento das instalações elétricas.
Fonte: GF Soluções em Engenharia.

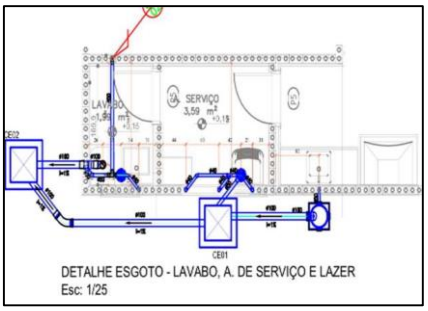

Foto 3 - Posicionamento das instalações hidráulicas.
Fonte GF Soluções em Engenharia.

Para o assentamento dessa primeira fiada, no estudo de caso em questão, foi utilizado argamassa de cimento e areia (1:3), acrescida por aditivos impermeabilizantes, seguindo uma proporção de 1 lata de cimento, para 3 lata de areia e 1 litro de impermeabilizante. Essa argamassa foi colocada sobre a fundação, de acordo com o projeto de modulação, formando uma camada de mais ou menos 3 cm e deixando apenas os vãos das portas livres; em seguida os tijolos dos cantos da fiada começaram a ser assentados, utilizando-se um nivelador para verificar se eles estavam posicionados corretamente transversal e longitudinalmente. Os tijolos foram posicionados em todo o seguimento da fiada, inclusive nos vãos das portas, apenas não assentando eles com argamassa nesse local, pois ao fim desse processo eles devem ser retirados (Foto 4) [11, 12 e 8].

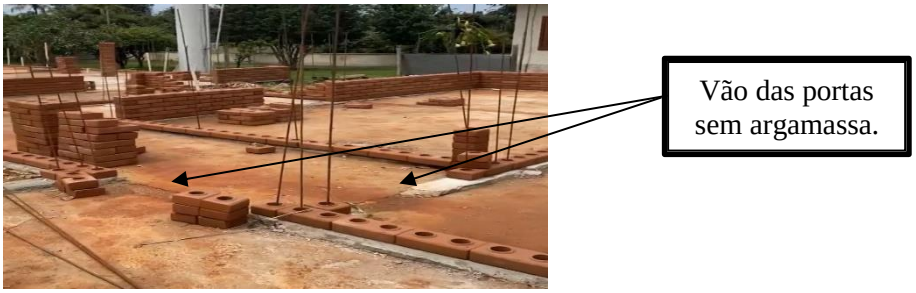

Foto 4 - Primeira fiada de alvenaria assentada.
Fonte: Próprio autor.

3.5 Fixação dos Aços das Colunas

A fixação dos aços (Fotos 5 e 6) é feita na viga baldrame, com o auxílio de uma

furadeira, sendo as brocas no diâmetro das barras de aço. A profundidade do furo, no estudo de caso em questão, foi entre 15 cm a 20 cm, com ferros de 8 mm; após feito o furo, foi utilizado o adesivo estrutural, tipo epóxi, no momento da inserção das ferragens; o adesivo é passado na ponta do aço, o qual é posicionado no furo e em poucos minutos é aderido ao concreto [9]. Vale ressaltar que para obras com portes maiores, para o cálculo da profundidade da inserção do aço na fundação, deve-se considerar a pronfundade do mesmo, 50 vezes o diâmetro do aço.

Foto 5 e Foto 6 - Fixação dos aços das colunas armadas na viga baldrame.
Fonte: Próprio autor.

3.6 Assentamento das Demais Fiadas

O assentamento das demais fiadas é feito de forma semelhante ao assentamento da primeira, sendo sempre necessário se atentar quanto ao nivelamento da alvenaria. À partir da segunda fiada, os tijolos podem ser assentados apenas sendo empilhados e encaixados, sem a necessidade da utilização de argamassa para juntá-los [11], porém há autores que afirmam que é muito importante a utilização de argamassa, cola acrílica PVA ou massa de solo-cimento (proporção de 1 kg de cimento x ½ kg de cola acrílica x 6 kg de solo), pois além de unir os tijolos, esses compostos garantem uma melhor distribuição de esforços e atribuem uma maior resistência à alvenaria quando se comparado às alvenarias feitas apenas com os tijolos empilhados [8]. No estudo de caso em questão, a argamassa foi utilizada no assentamento de todas as fiadas (Foto 7).

Foto 7 - Assentamento das fiadas de tijolo utilizando argamassa.
Fonte: Próprio autor.

Vale ressaltar que a argamassa de assentamento deve apresentar consistência mais líquida para que ela seja melhor distribuída na área do tijolo; ela deve ser aplicada formando

dois cordões sobre os blocos, para que eles tenham total contato com o bloco anteriormente fixado. Além disso, deve-se tomar cuidado com o excesso de argamassa na hora da aplicação para que ela não fique aparente na superfície da parede, atrapalhando assim uma das maiores características do Tijolo de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico), que é a não necessidade de se fazer acabamento nas alvenarias. Também, deve-se atentar a respeitar as juntas de dilatação e distribuí-las de forma uniforme durante a execução da alvenaria [9].

3.7 Amarração das Paredes

A amarração das paredes foi feita a cada 50 cm de altura e utilizou-se grampos de ferro no formato de "U" de 20 x 12,5 cm (Foto 8), encaixados em pequenos espaços feitos nos tijolos de modo que permitiu a entrada do concreto unindo as duas colunas, envolvendo todo o grampo. Além disso, as contra-vergas foram executadas com tijolos tipo canaletas, formando uma cinta de amarração na altura do peitoril da janela e sobre os vãos das portas. Maiores detalhes de amarração devem constar no projeto, elaborado por um responsável técnico.

Foto 8 - Grampos de ferro no formato de "U".
Fonte: Próprio autor.

3.8 Grauteamento

Nessa etapa é feita a concretagem das colunas dos tijolos utilizando-se o graute. O graute é um composto com alta fluidez formado por cimento, areia, pedriscos (brita zero) e água, que permite preencher as colunas, sem a necessidade da utilização de um vibrador para adensamento [11, 12 e 8]. No estudo de caso em análise, ele foi aplicado a cada 50 cm nos encontros T e L (Fotos 9 e 10), nas laterais das portas e das janelas, nas fiadas de canaletas e nos furos onde as ferragens se encontram.

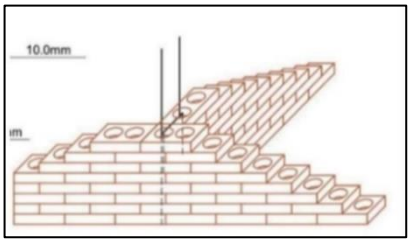

Foto 9 - Encontro T.
Fonte: GF Soluções em Engenharia.

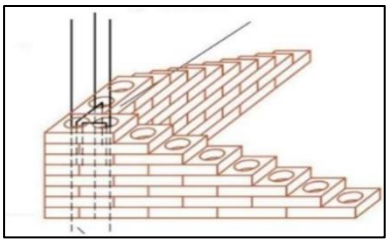

Foto 10 - Encontro L.
Fonte: GF Soluções em Engenharia.

Vale ressaltar que deve-se molhar o tijolo antes de sua aplicação, para evitar que ele absorva parte da água do concreto, afetando sua cura e a resistência final. Para facilitar o lançamento do graute foi utilizado um pedaço de tubulação para fazer o papel de funil (Foto 11) [9].

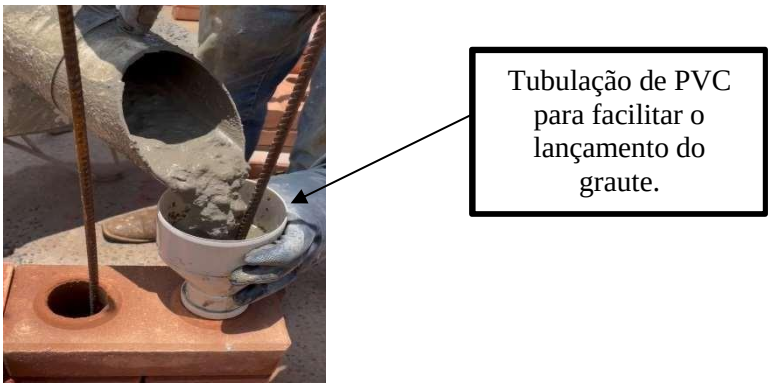

Foto 11 - Grauteamento dos pilares.
Fonte: Próprio autor.

3.9 Amarração das Estruturas

A amarração das estruturas é feita utilizando barras de aço e Tijolos de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico) no formato de canaletas, que são distribuidas por toda a parede, nas alturas das vergas, contra-vergas e última fiada (Foto 12). Os orifícios onde não possuem as ferragens foram tampados temporariamente com baguetes de polietileno para não serem preenchidos por graute (Foto 13), além disso, deve-se tomar cuidado para não tapar as tubulações e os eletrodutos na hora do grauteamento. Para fazer a estrutura de concreto armado, com o uso da canaleta, utilizou-se dois ferros, distribuídos horizontalmente, na parte interna da canaleta.

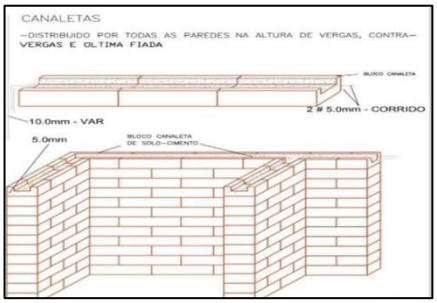

Foto 12 - Amarração das estruturas.
Fonte: Próprio autor.

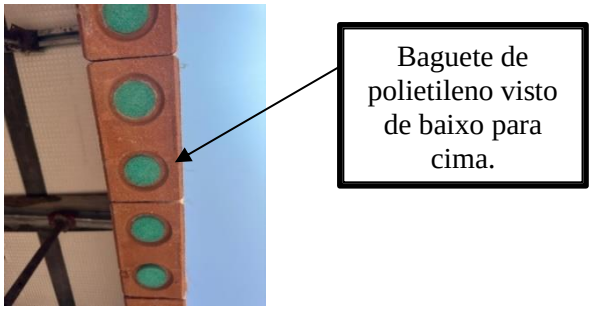

Foto 13 - Baguete de polietileno para o tamponamento.
Fonte: Próprio autor.

3.10 Instalações Elétricas e Hidráulicas

Nas instalações elétricas, aproveitam-se os furos dos tijolos para a passagem das tubulações, mas tendo o cuidado de evitar passar essas tubulações por uma mesma parede onde já exista a passagem de tubulações hidráulicas. A instalação de tomadas e interruptores foram feitas durante o assentamento das paredes e para isso foi feito um corte no tijolo,

utilizando um serra-copo, na altura onde estavam previstos para serem inseridos e no tamanho especifico das caixinhas dos conduítes. Da mesma forma, para as instalações hidrossanitárias, aproveitaram-se os vazios dos tijolos para descer as prumadas. Para os ramais e sub-ramais, são feitos “desgastes” na parte superior do tijolo que receberá o ponto onde ficará a peça sanitária e na parte inferior do tijolo da fiada acima, acrescenta-se o prolongador para fazer o encaixe da peça sanitária posteriormente. Ressalta-se que em construções com mais de um pavimento, deve-se construir shafts para a instalação de tubos de queda, pois os tubos de 100 mm não podem ser embutidos nas paredes [12].

3.11 Acabamentos Internos e Externos

No estudo de caso em questão, após a execução das etapas anteriores, as paredes externas e internas foram rejuntadas com argamassa industrializada própria para o material (Tijolo Ecológico) e foram lavadas e impermeabilizadas com hidrofugante. O acabamento interno das áreas molhadas foi feito em revestimento cerâmico, com os mesmos cuidados de uma obra convencional feita com bloco cerâmico; já o acabamento das áreas internas secas e das paredes externas, foi feito com o acabamento ”à vista”, onde o próprio material (Tijolo Ecológico) cumpriu sua função estética (Fotos 14, 15 e 16).

Fotos 14, 15, 16 - Residência executada com Tijolo Ecológico à vista.
Fonte: Próprio autor.

3.12 Vantagens e Desvantagens

Assim como qualquer método construtivo, o Sistema Construtivo em Tijolo de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico) possui vantagens e desvantagens. Como vantagens temos: matéria-prima abundante em todo o planeta; bom conforto térmico e acústico, pelo fato de possuir características isolantes [14]; textura e medidas regulares, reduzindo desperdícios e melhorando o acabamento; seu encaixe orienta o assentamento, mantendo as paredes alinhadas e evitando trincas; diminuição do peso da construção e do tempo de obra,

economizando mão de obra garantindo a organização do canteiro; furos internos que permitem a passagem das instalações hidráulicas e elétricas sem precisar de cortes, gerando assim pouco resíduo [8]; bom desempenho termo-acústico; redução de custos em 20 a 40% em comparação com a alvenaria tradicional [15].

Contudo, também possui desvantagens, quais sejam: as especificações hidráulicas e elétricas devem ser bem ajustadas para evitar mudanças de localização e assim não causar quebras durante a obra e futuros reparos; a necessidade de mão de obra especializada; a baixa resistência à impactos em áreas como quinas e cantos e os erros de dosagem no momento de sua fabricação podem causar o surgimento de patologias nas construções [16].

3.13 Comparativo de Custo do Sistema Construtivo em Tijolo de Solo-Cimento com o Sistema Convencional de Bloco Cerâmico

- **Bloco Cerâmico:**

I. Composição do sistema estrutural (pilar e viga) do sistema convencional em bloco cerâmico de 9 x 19 x 29 cm (m²).

PILARES					
MATERIAIS	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITÁRIO (R$)	VALOR M.O. (R$)	VALOR MATERIAL (R$)
CHAPA/MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA (MADEIRITE PLASTIFICADO) PARA FORMA DE CONCRETO, DE 2200X1100 MM, E = *17* MM	M2	1,336	R$ 89,96	-	R$ 120,19
PONTALETE 7,5X7,5CM EM PINUS, MISTA	M	2,308	R$ 10,25	-	R$ 23,66
SARRAFO 2,5X7,5CM EM PINUS, MISTA	M	9,237	R$ 3,58	-	R$ 33,07
ESPAÇADOR/DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL EM PLÁSTICO, PARA VERGALHÃO 4,2 A 12,5 MM, COBRIMENTO 20 MM	UND	0,543	R$ 0,22	-	R$ 0,12
ARAME RECOZIDO 16 BWG, D=1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D=1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,025	R$ 21,90	-	R$ 0,55
CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTÊNCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 190 +/- 20 MM	M3	1,103	R$ 350,00	-	R$ 386,05
MÃO DE OBRA	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITÁRIO (R$)	VALOR M.O. (R$)	VALOR MATERIAL (R$)
CARPINTEIRO DE FORMAS	H	1,18	R$ 21,36	R$ 25,20	-
ARMADOR	H	1,19	R$ 21,36	R$ 25,42	-
VALOR TOTAL/M2 (Material + M.O.)	R$ 614,25				

VIGAS					
MATERIAIS	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITÁRIO (R$)	VALOR M.O. (R$)	VALOR MATERIAL (R$)
CHAPA/MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA (MADEIRITE PLASTIFICADO) PARA FORMA DE CONCRETO, DE 2200X1100 MM, E = *17* MM	M2	1,146	R$ 89,96	-	R$ 103,09
PONTALETE 7,5X7,5CM EM PINUS, MISTA	M	0,166	R$ 10,25	-	R$ 1,70
SARRAFO 2,5X7,5CM EM PINUS, MISTA	M	6,952	R$ 3,58	-	R$ 24,89
ESPACADOR/DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL EM PLÁSTICO, PARA VERGALHÃO 4,2 A 12,5 MM, COBRIMENTO 20 MM	UND	0,543	R$ 0,22	-	R$ 0,12
ARAME RECOZIDO 16 BWG, D=1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D=1,25 MM (0,01 KG/M)	KG	0,025	R$ 21,90	-	R$ 0,55
CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTÊNCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 190 +/- 20 MM	M3	1,103	R$ 350,00	-	R$ 386,05
MÃO DE OBRA	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITÁRIO (R$)	VALOR M.O. (R$)	VALOR MATERIAL (R$)
CARPINTEIRO DE FORMAS	H	0,911	R$ 21,36	R$ 19,46	-
ARMADOR	H	1,19	R$ 21,36	R$ 25,42	-
VALOR TOTAL/M2 (Material + M.O.)	R$ 561,28				

II. Composição da alvenaria de vedação e do revestimento argamassado do sistema convencional em bloco cerâmico de 9 x 19 x 29 cm (m²).

ALVENARIA/CHAPISCO/REBOCO/EMBOÇO					
MATERIAIS	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITÁRIO (R$)	VALOR M.O. (R$)	VALOR MATERIAL (R$)
BLOCO CERÂMICO / TIJOLO VAZADO PARA ALVENARIA DE VEDAÇÃO, 8 FUROS NA HORIZONTAL, 9X19X29CM	UND	18,87	R$ 1,15	-	R$ 21,70
ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRAA 400L	M3	0,0077	R$ 1,23	-	R$ 0,01
ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (EM VOLUME DE CIMENTO E AREIA GROSSA ÚMIDA) PARA CHAPISCO CONVENCIONAL, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L	M3	0,0037	R$ 0,83	-	R$ 0,00
ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRAA 400L	M3	0,0314	R$ 1,23	-	R$ 0,04
MÃO DE OBRA	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITÁRIO (R$)	VALOR M.O. (R$)	VALOR MATERIAL (R$)
PEDREIRO - ALVENARIA	H	0,77	R$ 21,36	R$ 16,45	-
SERVENTE - ALVENARIA	H	0,385	R$ 13,40	R$ 5,16	-
PEDREIRO - CHAPISCO	H	0,0681	R$ 21,36	R$ 1,45	-
SERVENTE - CHAPISCO	H	0,0255	R$ 13,40	R$ 0,34	-
PEDREIRO - REBOCO/EMBOÇO	H	0,679	R$ 21,36	R$ 14,50	-
SERVENTE - REBOCO/EMBOÇO	H	0,679	R$ 13,40	R$ 9,10	-
VALOR TOTAL/M2 (Material + M.O.)	R$ 68,76				

SISTEMA CONVENCIONAL (PILARES + VIGAS + ALVENARIA/CHAPISCO/REBOCO/EMBOÇO)	
VALOR TOTAL/M2 (Material + M.O.)	R$ 1.244,29

- **Tijolo de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico):**

III. Composição da alvenaria e estrutura do Sistema Construtivo em Tijolo de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico) de 12,5 x 25 x 7 cm (m²).

ALVENARIA/ESTRUTURA					
MATERIAIS	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITÁRIO (R$)	VALOR M.O. (R$)	VALOR MATERIAL (R$)
TIJOLO ECOLÓGICO	UND	58	R$ 1,35	-	R$ 78,30
REJUNTE ACRÍLICO	KG	3	R$ 6,00	-	R$ 18,00
HIDROFUGANTE	L	0,8	R$ 20,26	-	R$ 16,21
VERGALHÃO 8 MM CA-50	M2	0,15	R$ 5,98	-	R$ 0,90
ARGAMASSA AC3	M2	5,8	R$ 1,99	-	R$ 11,57
VERGALHÃO 4.2 MM CA-60	M2	0,15	R$ 1,80	-	R$ 0,27
ESPUMA DE POLIETILENO	UND	2	R$ 4,31	-	R$ 8,62
MÃO DE OBRA	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITÁRIO (R$)	VALOR M.O. (R$)	VALOR MATERIAL (R$)
PEDREIRO	H	1	R$ 277,67	R$ 277,67	-
SERVENTE	H	1	R$ 174,66	174,66	-
VALOR TOTAL/M2 (Material + M.O.)	R$ 586,20				

IV. Composição da argamassa estrutural do Sistema Construtivo em Tijolo de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico) de 12,5 x 25 x 7 cm (m²).

ARGAMASSA ESTRUTURAL - GRAUTE					
MATERIAIS	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITÁRIO (R$)	VALOR M.O. (R$)	VALOR MATERIAL (R$)
CIMENTO CP2 F32	KG	3,63	R$ 0,68	-	R$ 2,47
BRITA 0	M3	0,0054	R$ 128,66	-	R$ 0,69
AREIA FINA	M3	0,15	R$ 145,00	-	R$ 21,75
MÃO DE OBRA	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITÁRIO (R$)	VALOR M.O. (R$)	VALOR MATERIAL (R$)
PEDREIRO	H	1	R$ 277,67	R$ 277,67	-
VALOR TOTAL/M2 (Material + M.O.)	R$ 302,58				

SISTEMA CONSTRUTIVO EM TIJOLO DE SOLO-CIMENTO (ALVENARIA/ESTRUTURA + ARGAMASSA ESTRUTURAL)	
VALOR TOTAL/M2 (Material + M.O.)	R$ 888,78

Observa-se que na composições do sistema convencional em bloco cerâmico de 9 x 19 x 29 cm com pilares e vigas, obteve-se um custo total de R$ 1.244,29/m² construído. Já no Sistema Construtivo em Tijolos de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico) de 12,5 x 25 x 7 cm tem-se um custo total de R$888,78/m². Desta forma, observa-se que o percentual de diferença entre os custos totais dos dois sistemas construtivos é de 40%.

4. Conclusão

Após estudo de caso realizado e de acordo com o objetivo proposto, conclui-se que o Sistema Construtivo em Tijolo de Solo-Cimento possui vantagens como rapidez na execução, redução de custos e menor impacto ambiental; e desvantagens como a necessidade de mão de obra especializada e a baixa resistência a impactos em quinas e cantos.

Observa-se ainda que, no sistema convencional, a estrutura somada à alvenaria e ao revestimento argamassado, ficou no valor de R$1.244,29/m² e já no sistema em tijolo ecológico (alvenaria/estrutura somada à argamassa estrutural), ficou no valor total de R$888,78/m², como mencionado anteriormente. Conclui-se, portanto, que há uma economia de aproximadamente 40% na escolha do Sistema Construtivo em Tijolo de Solo-Cimento (Tijolo Ecológico), devido às vantagens do sistema em questão, quais sejam: economia no tempo de execução; textura e medidas regulares que reduzem os desperdícios e melhoram o acabamento; encaixes que orientam o assentamento, mantendo as paredes alinhadas bem como os furos do material que permitem as passagens das instalações hidráulicas e elétricas; ainda vale ressaltar que os Tijolos Ecológicos são elementos únicos, com matéria prima abundante, melhor custo benefício e que podem ser usados em sua própria essência.

5. Referências Bibliográficas

1. FLORIM, L. C; QUELHAS, O. L. G. Gestão do projeto habitacional com foco em conceitos da construção sustentável. Vértices, Campos dos Goitacazes, RJ, v.7, n 1/3,p.71- 86, jan/dez, 2005.
2. JOHN, V. M. A Construção, o Meio Ambiente e a Reciclagem. 2004. Disponível em : < http://www.reciclagem.pcc.usp.br/a_construcao_e.htm >.
3. MOTA J. D., Oliveira D. F., De Sousa A. A. P., Laranjeira E., Monteiro M. R. S.. Utilização do resíduo proveniente do desdobramento de rochas ornamentais na confecção de tijolos ecológicos de solo cimento. 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólido, 2010.
4. SILVA, M. S. (2018). "Utilização de resíduos de construção e demolição na fabricação de tijolos ecológicos. "Revista de Engenharia Civil.
5. 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. 1
6. CARDOSO, R. R.; DETRO, S. P.; CANCIGLIERI JUNIOR, O. Uma Visão Tecnológica sobre o Desenvolvimento de produtos e a Sustentabilidade. Porto Alegre, 2011. Disponível em: < http://www.ufrgs.br/cbgdp2011/downloads/10215.pdf>.
7. LIMA, A. (2019). Contribuição dos tijolos ecológicos na sustentabilidade ambiental. Revista de Construção Sustentável.
8. GRANDE, F. M. Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa. 180f. Dissertação (mestrado). Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2003.
9. Instituto Eco Term Disponível : https://ecoterm.org
10. Ecomáquinas Disponivel : https://ecomaquinas.com.br/wp-content/uploads/2022/08/cartilha-eco-producao.pdf
11. ALVES, José Dafico - Construção Civil e Sustentabilidade. Goiânia: Ed. da PUC Goiás, p.73- 91, 2012.
12. FRAGA, Yuri Sotero Bomfim et al. Tecnologia dos materiais: a utilização do tijolo de solo-cimento na construção civil. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE, v. 3, n. 3, p. 11-11, 2016.
13. TIJOLO.ECO Disponivel : https://www.tijolo.eco.br/produtos/tijolo_ecologico/
14. PISANI, M. A. J. Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo- cimento. In: SINERGIA. v.6. n.1. 2005. São Paulo, 2005.
15. FIGUEROLA, V. Alvenaria de solo-cimento. Téchne, São Paulo: PINI, 2004, n.85, p.30- 35, Abril.
16. KLEINDIENST, Elisabeth. Você Conhece o Tijolo Ecológico?, São Paulo, jul. 2016. Disponível em: < http://arquiteturaek.com.br/voce-conhece-o-tijolo-ecologico/>.

PUC GOIÁS

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1069 • Setor Universitário
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3946.1000
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

A estudante Laura Soares Matos, do Curso de Engenharia Civil, matrícula 2020.1.0025.0001-9, telefone: (62)99391-9030, e-mail laurasoaresmatos@gmail.com, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Sistema Construtivo utilizando tijolo de solo-cimento (tijolo ecológico) em casas residenciais – estudo de caso, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 04 de dezembro de 2024.

Assinatura do autor: Laura Soares Matos

Nome completo do autor: Laura Soares Matos

Assinatura do professor–orientador: ABR

Nome completo do professor-orientador: Adriane Borges de Paula Couto

Digitalizado com CamScanner

PUC GOIÁS

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
GABINETE DO REITOR

Av. Universitária, 1069 • Setor Universitário
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3946 1000
www.pucgoias.edu.br • reitoria@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE

ANEXO I

APÊNDICE ao TCC

Termo de autorização de publicação de produção acadêmica

A estudante Mariana Sousa Lobo, do Curso de Engenharia Civil, matrícula 2020.1.0025.0022-1, telefone: (62)98431-2999, e-mail marianas.lobos@hotmail.com, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Sistema Construtivo utilizando tijolo de solo-cimento (tijolo ecológico) em casas residenciais – estudo de caso, gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto(PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 04 de dezembro de 2024.

Assinatura do autor: Mariana Sousa Lôbo

Nome completo do autor: Mariana Sousa Lôbo

Assinatura do professor–orientador: ABC

Nome completo do professor-orientador: Adriane Borges de Paula Couto

Digitalizado com CamScanner