



CENTRO UNIVERSITÁRIO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
UNIPAC - BARBACENA
ENGENHARIA CIVIL

ANA CARLA DA SILVA ARAUJO
AURÉLIO CHARLESTON DE PAULA

**ESTUDO COMPARATIVO DA APLICAÇÃO DO TIJOLO
CERÂMICO CONVENCIONAL E DO TIJOLO ECOLÓGICO SOLO-
CIMENTO: SUSTENTABILIDADE E ECONOMIA**

BARBACENA - MG
2020

ANA CARLA DA SILVA ARAUJO
AURÉLIO CHARLESTON DE PAULA

**ESTUDO COMPARATIVO DA APLICAÇÃO DO TIJOLO
CERÂMICO CONVENCIONAL E DO TIJOLO ECOLÓGICO SOLO-
CIMENTO: SUSTENTABILIDADE E ECONOMIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos de Barbacena, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Emanuel Bomtempo Matos.

BARBACENA - MG
2020

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, pelas nossas vidas e por nos ajudar a vencer todos os obstáculos encontrados ao longo do curso de Engenharia Civil.

Aos nossos familiares que cooperaram, nos incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam as nossas ausências enquanto dedicávamos à realização deste trabalho para que fosse finalizado com êxito.

Ao professor Emanuel Bomtempo Matos por ter sido nosso orientador, pelos ensinamentos e desempenho de sua função com dedicação e amizade.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta etapa decisiva, o nosso muito obrigado.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

JOSÉ DE ALENCAR

RESUMO

No Brasil, a Construção Civil tem inovado em técnicas e tecnologias, nas quais são capazes de reduzir as etapas e prazos da construção. Esta pesquisa demonstra um comparativo entre a duração das atividades e os orçamentos para dois métodos construtivos em um mesmo projeto arquitetônico – utilização de alvenaria convencional e a utilização do tijolo solo-cimento. A alvenaria convencional é utilizada em diversas obras de médio e grande porte e a construção com o tijolo solo-cimento, ainda pouco utilizada, vem ganhando espaço entre as tecnologias adotadas. De acordo com as pesquisas, é notório a variação dos custos e a análise das principais diferenças entre cada etapa da obra e o tempo de execução. Espera-se que o conteúdo apresentado contribua para a expansão do uso do tijolo solo-cimento, a fim de que haja um interesse da população por novos sistemas construtivos. Conclui-se que a construção de solo cimento é inovadora, de menor custo e apresenta facilidade na execução, porém se depara com os preconceitos e desinteresse por parte dos construtores e projetistas devido a acomodação no mercado.

Palavras-Chave: Alvenaria Convencional. Solo-Cimento. Sustentabilidade.

ABSTRACT

In Brazil, the Construction has been innovating in techniques and technologies, which can reduce the steps and deadlines of construction. This research shows a comparison between the duration of activities and the budgets of each constructive method using the same architectural project. Conventional masonry is used in several medium and large construction sites. The construction using soil-cement bricks, little used in the region, has been highlighted among the technologies adopted. According to the researches, it is noticeable the cost variations and the analyses of the major differences between the results. We expect that this research can contribute to the expansion of the use of soil-cement bricks so that there interest by the population in new constructive sites. It is concluded that the construction of soil cement is innovative, of lower cost and easy to execute, however it is faced with prejudices and disinterest on the part of builders and designers due to accommodation in the market.

Keywords: Conventional Masonry. Soil-Cement. Sustainability.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. DESENVOLVIMENTO.....	9
2.1. Tijolo cerâmico convencional	9
2.1.1. Fabricação.....	9
2.1.2. Qualidade	9
2.1.3. Mercado.....	10
2.1.4. Vantagens x Desvantagens	10
2.2. Tijolo de solo-cimento	11
2.2.1. Fabricação.....	11
2.2.2. Qualidade	15
2.2.3. Mercado	16
2.2.4. Vantagens x Desvantagens	16
3. ELEMENTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DE FORMA CONVENCIONAL VERSUS TIJOLOS ECOLÓGICOS.....	17
3.1 Fundação	17
3.2 Elementos Estruturais.....	19
3.2.1 Elementos da Construção Convencional.....	19
3.2.1.1 Concreto	19
3.2.1.2 Armaduras	20
3.2.1.3 Fôrmas	20
3.2.1.4 Assentamento dos blocos cerâmicos	20
3.2.1.5 Pilares	21
3.2.1.6 Vigas	21
3.2.1.7 Revestimento.....	21
3.2.1.8 Chapisco.....	22
3.2.1.9 Emboço.....	22
3.2.1.10 Reboco	22
3.2.2 Elementos da Construção com o Tijolo Solo-Cimento	23
3.3 Cobertura.....	25
4. BREVE ESTUDO COMPARATIVO ENTRE UM PROJETO EXECUTADO EM TIJOLO CONVENCIONAL VERSUS TIJOLO SOLO-CIMENTO	27
4.1. Projeto arquitetônico	28
4. 2. Simulação de linha de balanço (cronograma de obra).....	34
4.3. Tijolo cerâmico convencional versus tijolo solo-cimento: custos de construção	35
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38

1 INTRODUÇÃO

A inovação das tecnologias na Construção Civil evidencia-se em novas alternativas, produtos e sistemas construtivos que visam agilidade na obra, aliada ao custo baixo e proteção ambiental.

O tijolo solo-cimento em relação à alvenaria convencional é uma inovação no sistema construtivo. Devido ao aumento da produtividade, redução dos desperdícios, limpeza no canteiro de obras e agilidade na entrega, este método propicia obras limpas e sustentáveis.

Segundo Grande (2003), os tijolos solo-cimento demandam baixo consumo de energia na extração da matéria prima, não necessitam de queima, reduzindo o transporte, uma vez que os tijolos podem ser feitos com o próprio solo da obra.

Conforme Vieira (2006), o sistema construtivo convencional é de forma artesanal, com baixa produtividade, o qual ocasiona grandes desperdícios de insumos. A Construção Civil é uma das atividades que mais utilizam recursos naturais e energia de forma intensa, gerando grandes impactos ambientais.

A fim de minimizar tais degradações ambientais, o tijolo solo-cimento proporciona uma construção sustentável. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo comparar os dois métodos construtivos, analisando os projetos arquitetônicos, durações e custos de cada etapa da obra.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1. Tijolo cerâmico convencional

2.1.1. *Fabricação*

A fabricação do bloco cerâmico de vedação é originada pela matéria prima argilosa podendo conter ou não aditivos, logo após é queimado em altíssimas temperaturas (Bauer, 1994).

Segundo Bauer (1994) a produção dos tijolos cerâmicos de vedação é composta por cerâmica vermelha, na qual sofre várias etapas, tais como: extração do barro, preparo da matéria prima, moldagem, secagem, cozimento e resfriamento.

Uma etapa de extrema importância na produção é a queima, pois a argila quando passa por esse processo gera transformações estruturais, devido ao aquecimento e resfriamento (PETRUCCI, 1979). Este método ocasiona uma quantidade expressiva de combustível, lenha, devido ao mau aproveitamento do calor.

Bar (2003)¹ enfatiza em seu doutorado sobre Pilz(2015):

“É obrigatório que cada bloco cerâmico venha com a identificação do fabricante e do bloco, possuindo no mínimo caracteres de 5mm de altura, reconhecimento da empresa e dimensões de fabricações em centímetros, para que haja a distinção da largura (L), altura (H) e comprimento (C) na forma, a fim de não prejudicar o seu uso” (PILZ et al., 2015 p. 20).

Conforme a NBR 15270 (ABNT, 2005), os blocos cerâmicos possuem a unidade de comercialização em milheiro e a forma com geometria de um prisma reto, contendo diversas medidas para que o cliente escolha o melhor formato para sua obra.

2.1.2. *Qualidade*

É necessário que o bloco cerâmico não apresente defeitos aparentes, como exemplo: quebras, superfícies irregulares ou deformações, nas quais as funções a serem executadas posteriormente não sejam afetadas.

¹BAR, Adalberto. **Caracterização dos Tijolos e Blocos Cerâmicos utilizados na cidade de Ijuí**, 2003. 142 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2003. Cap. 5.

Segundo Milito (2004), os blocos com furos horizontais têm como função suportar o seu peso próprio e do revestimento. Tais ranhuras e saliências nos blocos proporcionam o aumento da aderência entre os mesmos.

2.1.3. Mercado

O mercado do tijolo cerâmico com medidas: 11,5cm(largura) x19cm(altura) x29cm(comprimento) é de fácil acesso em todas as regiões do Brasil, apresenta um custo relativamente baixo e seu transporte é através de caminhões (MILITO, 2004). A FIG.1 apresenta um exemplo típico de tijolo cerâmico.

Figura. 1- Apresentação do tijolo cerâmico 11,5 x 19 x 29 cm



Fonte: Cerâmica Imperial (2020) ²

2.1.4. Vantagens x Desvantagens

É notório que a aceitação do produto no mercado brasileiro é uma das suas maiores vantagens. Grande parte da população o utiliza, em suas construções, devido a facilidade de treinamento e profissionalização, baixo custo de produção, redução no custo com o transporte e armazenamento, possuindo bom desempenho térmico e acústico, durabilidade, quando revestido demonstra boa estanqueidade à água, resistente às infiltrações de água pluvial,

²Disponível em: <https://ceramicaimperial.com/loja/tijolo-6-furos-11-5cm-x-19cm-x-29cm/>

pressão do vento e mecânica ao fogo. Adequa e divide os ambientes proporcionando segurança para os usuários (PEREIRA, 2005).

A maior desvantagem dessa técnica é o tempo de execução juntamente com o peso da construção devido ao concreto armado. Observa-se que há pouca capacitação técnica ocasionando falhas, grandes desperdícios, poluição e degradação ambiental. Segundo Helene (1992) há maior consumo de material para execução de chapisco e emboço, maior probabilidade a erros durante a execução, possui redução na área útil e aparecimento de fissuras e trincas.

De acordo com o mesmo autor este método apresenta problemas patológicos, tais como: umidade devido à falta de revestimentos e armazenamento irregular. As manifestações externas patológicas podem ser analisadas de acordo com a sua natureza, a origem e os fenômenos envolvidos. Devido à deterioração dos materiais esses problemas podem evoluir no decorrer do tempo. Observa-se que as fissuras são comuns e sabendo-se os tipos facilita o tratamento das mesmas.

De acordo com Thomaz (1995) a impermeabilização das primeiras fiadas dos tijolos cerâmicos é muito importante, pois evita a capilaridade, onde a umidade ocorre de forma ascendente. A alvenaria de vedação não pode ficar exposta às intempéries, por isso é necessário que todas as etapas de revestimento sejam adequadas para que não haja umidade de fora para dentro.

2.2. Tijolo de solo-cimento

2.2.1. Fabricação

Segundo Sala (2006), o solo-cimento é um material fabricado a partir da mistura de solo, cimento e água, em quantidades testadas centenas de vezes até que se chegue ao traço ideal que, após a compactação em uma prensa específica e sua cura hídrica, resulta em um tijolo com característica diferenciada em durabilidade, resistência e beleza. Todos os tipos de solo podem ser utilizados para a fabricação do tijolo de solo-cimento, sendo que o ideal é o solo areno-argiloso na proporção 60 a 80% de areia e 20 a 40% de argila, outras dosagens podem ser aceitas desde que se faça a correção do material para se obter a liga ideal.

O Cimento *Portland* Composto com Escória (CP2E) é o mais comum a se utilizar como elemento ligante e de endurecimento das peças de tijolos, mas todos os tipos de cimentos são funcionais, sendo assim é melhor o emprego de menor custo local (SALA, 2006). Outro elemento que deverá ser precisamente dosado é o volume de água utilizado na

mistura, pois dele dependerá a resistência do tijolo. A umidade deve ser de forma gradativa, sem exceder a quantidade de água na mistura, uma vez que a umidade tem a função de proporcionar a melhor compactação do material sem que o tijolo fabricado grude nas paredes da caixa molde ou que se esfarele ao ser retirado. As FIG.2 e FIG.3 demonstram os formatos dos tijolos solo-cimento.

Figura 2- Apresentação do tijolo solo-cimento



Fonte: Tijolo Inteligente Cristal (2020)³

Figura 3- Formato do tijolo solo-cimento



Fonte: Reform Web - Sustentabilidade (2020)⁴

³Disponível em: <https://tijolointeligente.cristalgloss.com/>

⁴Disponível em: <https://reformweb.com.br/blog/post/105/Sustentabilidade>

De acordo com a Eco Máquinas (2019), a aquisição de matéria prima de qualidade depende de alguns fatores importantes a serem verificados: o solo deve estar isento de matéria orgânica e de resíduos minerais como grama, galhos, madeira, pedras e outras impurezas. Solos que contenham torrões naturais necessitam de trituração para desfazê-los, para que a mistura do solo com o cimento fique homogênea. Após este procedimento é necessário que se faça o peneiramento do solo, isso contribuirá para a total separação de possíveis resíduos contidos no material. Todo este trabalho evitará imperfeições nos tijolos e garantirá a resistência adequada a todas as peças. De acordo com as FIG.4 e FIG.5 observa-se os torrões vermelhos e os naturais.

Figura 4 - Foto dos torrões vermelhos



Fonte: Regiões de torrões de Porto Alegre e Santa Cruz do Sul (2020) ⁵

Figura 5 – Torrões naturais



Fonte: Portfólio Posts (2020) ⁶

Para a Eco Máquinas (2019), mistura-se o solo triturado e peneirado com o cimento na proporção média de 10 a 15% e umedece com água de tal modo que haja uma estabilização do

⁵ Disponível em: <http://rs.olx.com.br/regioes-de-porto-alegre-torres-e-santa-cruz-do-sul/>

⁶ Disponível em: <http://grupo500.com.br/portfolio-posts/saibro-claro/>

solo pelo cimento, melhorando as propriedades da mistura dando assim resistência e perfeito acabamento aos tijolos. A mistura pode ser feita de duas formas, por meio de máquina automatizada em que o carregamento é feito através de uma esteira transportadora, chegando os materiais a um misturador rotativo sextavado que faz a homogeneização de forma mais rápida, sem perda de tempo ou umidade e sem deixar criar grumos de massa na mistura, ou de forma manual, esta, mais trabalhosa e menos precisa. Neste caso, segue-se a sequência: esparrama-se o solo em forma de círculo (coroa), em uma superfície lisa e impermeável, formando uma camada de 20 cm a 30 cm de espessura, espalha-se o cimento sobre o solo e mistura-se bem, até que a mesma fique com uma coloração uniforme e sem manchas de solo ou de cimento. Novamente forma-se a coroa com a mistura e adiciona-se a água aos poucos sobre a superfície usando regador e misturando tudo até que se obtenha uma massa com aparência de farofa. Após esta mistura estar no ponto correto deve-se peneirá-la outra vez para que se desfaçam possíveis grumos garantindo a homogeneização. A FIG. 6 descreve o formato da prensa na qual dará a forma ao tijolo solo-cimento.

Figura 6 - Prensa que dará forma ao tijolo



Fonte: Alroma – máquina (2020)⁷

Para a Al Roma (2020), depois da mistura preparada, utiliza-se a prensa com a matriz escolhida, que dará forma ao tijolo. A força regular e constante da prensa proporcionará a compactação ideal nas peças, sua função, além de dar forma, compacta e elimina os vazios na mistura, proporcionando um tijolo firme, resistente e sem defeitos. O processo de cura dos tijolos é feito pelo controle da umidade, onde os lotes de tijolos passam por um processo de constante umidade para que aumente sua resistência e as peças não tenham perda de hidratação no período de 28 dias. A cura pode ser por aspersão manual, por aspersão

⁷Disponível em: <http://www.alroma.com.br/maquina-detalhes/9/prensa-autom%C3%A1tica#1-1>

mecanizada ou por imersão, o mais importante é que, independente da escolha do tipo de cura, as peças recebam umidade em todas por igual.

2.2.2. *Qualidade*

De acordo com a Eco Máquinas (2019), para que haja um produto de qualidade o controle técnico deve ser rigoroso, com prensagem das peças mantendo a mesma quantidade de material na fôrma por vez, e prensando uniformemente todas por igual. Esta etapa é facilitada por um dispositivo que calça a alavanca da prensa, evitando que a força ultrapasse a regulada inicialmente, assim todas as peças recebem a mesma pressão. A qualidade desejada inicia-se no empilhamento, logo após a retirada do tijolo ecológico da máquina, deve-se ter um cuidado especial na movimentação das peças a fim de evitar quebras e deformações. Os fabricantes utilizam vários métodos para o empilhamento, buscando a melhor forma de atender a sua necessidade em particular, de acordo com o espaço físico, número de funcionários, e até mesmo pela quantidade de tijolos produzidos diariamente. O mais indicado é que empilhem os tijolos em *pallets*, a fim de que os mesmos não fiquem em contato com o piso, evitando contaminação, facilitando a movimentação e o carregamento. Na hora da compra é bom verificar as pilhas de tijolos, pois peças bem feitas ficarão visíveis em volumes cúbicos perfeitos, niveladas e apumadas mesmo no pallet. A FIG.7 trata-se da esquematização de estocagem.

Figura 7 - Esquematização da estocagem em pallets



Fonte: Eco Máquinas (2020) ⁸

⁸Disponível em: <https://www.ecomaquinas.com.br/o-tijolo-ecologico/como-estocar/>

2.2.3. Mercado

Nota-se através de pesquisa de mercado realizada pelos autores no período de agosto a setembro de 2020, que o tijolo de solo-cimento não é muito utilizado, por essa razão não há fábricas com produção em larga escala, nem mesmo divulgação deste. É notório que os construtores em geral, preferiram trabalhar com métodos considerados convencionais, devido ao conhecimento adquirido por anos de construção básica, este fato desestimula clientes a buscarem novas técnicas construtivas. O pensamento em desenvolvimento sustentável vem crescendo cada vez mais, com isso a tendência é de que haja um crescimento de produtos diversificados no mercado devido às suas inúmeras vantagens, baixo custo e tendências de proteção ao meio ambiente. PEREIRA (2019)

Para enfatizar, Bellen⁹ cita: “A sustentabilidade é um conceito fundamentalmente normativo, ela implica a manutenção, para cada geração, de um nível socialmente aceitável de desenvolvimento humano” (BELLEN, 2005, p.68).

Diversas áreas perceberam a importância de se adequarem a essas novas demandas do consumidor, com isso começou a busca pelo desenvolvimento sustentável.

2.2.4. Vantagens x Desvantagens

Segundo Pereira (2019), são muitas as vantagens da construção modular ecológica em relação ao método construtivo convencional, porém a economia no final da obra, a praticidade, a rapidez, a limpeza e a beleza da construção fazem com que este método construtivo seja objeto de estudo em crescimento como forma alternativa para as atuais obras, construções e reformas. Observa-se algumas vantagens que se destacam.

Assentamento: os tijolos ecológicos de solo-cimento possuem encaixes perfeitos e podem ser aplicados com cola PVA, argamassa comum, argamassa polimérica, misturas artesanais ou apenas encaixando-os. O assentamento é rápido e prático gerando assim obras limpas, sem entulhos e desperdícios, com agilidade e facilidade na construção. (PEREIRA, 2019).

Economia com vigas e pilares: os dutos que se formam no assentamento são preenchidos com concreto formando os grautes, “tipo específico de concreto, indicado para preenchimento de espaços vazios dos blocos e canaletas, com o objetivo de solidarização da

⁹ BELLEN, Van, Hans Michel. **Indicadores de Sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.

armadura e aumentar a capacidade portante” (GEOFOCO BRASIL, 2014), que formarão as colunas estruturais por toda a obra. Os tijolos de modelo canaleta possuem formato em U e também são preenchidos com concreto formando cintas de amarração por toda a obra em fiadas indicadas em projeto. Tudo isso é feito sem a utilização de madeiras para as caixarias gerando economia e rapidez.

Conforto termo acústico: os dutos que são formados entre os furos dos tijolos e mantidos nos rejuntamentos, e os que não são concretados com graute, permitem que o ar fique em constante movimento dentro das paredes proporcionando um conforto térmico em dias quentes e frios, estes mesmos dutos também isolam e protegem a parede de ruídos externos (PEREIRA, 2019).

Pode-se destacar como desvantagens de construção com tijolos de solo-cimento a dificuldade de se encontrar o produto no mercado em algumas regiões do país. A venda deste tipo de produto geralmente é feita diretamente pelos fabricantes, não se encontra em lojas de materiais de construção, principalmente em cidades de pequeno e médio porte. A falta de profissionais especializados na execução do serviço também é um fator preponderante na escolha do método construtivo, como há pouca divulgação da forma de se construir com este tipo de tijolo poucos profissionais se arriscam em um método até então desconhecido (PEREIRA, 2019).

3 ELEMENTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DE FORMA CONVENCIONAL VERSUS TIJOLOS ECOLÓGICOS

3.1 Fundação

A fundação de uma construção tem a função de transmitir os esforços de solicitação da obra ao solo, sendo assim, são projetadas conforme a força da carga da edificação e o tipo de solo onde será executada a obra. Um dos tipos de fundações comumente usados é o radier, uma laje construída sobre o solo com a finalidade de suportar as cargas aplicadas através da tensão admissível. É um tipo de fundação rasa (superficial) que ocupa toda a extensão da construção, envolvendo todos os pilares da obra, que transmite uniformemente ao solo todas as cargas da edificação.

De acordo com a Revista Conexão Eletrônica (2017),¹⁰ o radier é utilizado em construções de obras de pequeno e médio porte, com poucos pavimentos. Deve possuir no

¹⁰Disponível em: <https://revistaconexao.aems.edu.br/wp-content/plugins/download-attachments/includes/download.php?jd=1582>.

mínimo 10 cm de profundidade, isso para se apresentar suficientemente rígido a fim de suportar as cargas sem haver rupturas e também evitar que a umidade a transpasse. Deve-se levar em conta a necessidade de se deixar uma inclinação de 5% para que permita o escoamento de água, o terreno a receber o radier deve ser nivelado e compactado adequadamente, recebendo uma camada de 7 cm de brita compactada, o que ajudará a evitar o contato da armadura com o solo.

A resistência adequada para o concreto do radier deverá ter no mínimo 25MPa. Por ser uma laje de grande dimensão, é possível que fissuras apareçam, o que necessitará ser corrigido e após a confecção da mesma, uma perfeita impermeabilização terá que ser feita, preferencialmente com manta asfáltica, que tem a característica de acompanhar os movimentos da fundação. Esta mesma manta possui a função de barrar a umidade do solo, para que não suba para a fundação por capilaridade. Os dois tipos de radier são o armado e o protendido (sendo o armado mais comumente utilizado), executado com concreto armado, feito com armadura passiva, telas ou barras de ferro na concretagem, para distribuir uniformemente os esforços.

São utilizados espaçadores para garantir o cobrimento da tela ou armadura e a posição dos arranques dos pilares. O concreto usinado é o mais indicado por sua homogeneidade e característica, o nivelamento deve ser feito com mestras e régua vibratória (REVISTA CONEXÃO ELETRÔNICA, 2017). As FIG.8 e FIG.9 correspondem às armações e finalizações do radier.

Figura 8 - Esquemática da armação do radier



Fonte: Radier em concreto armado (2020) ¹¹

¹¹ Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/radier-de-concreto-armado-e-opcao-competitiva-para-fundacoes-diretas/>

Figura 9 - Finalização do Radier



Fonte: AEC Web (2020) ¹²

De acordo com Souza (2014), como vantagens de se utilizar o radier como fundação destaca-se a redução dos custos, que podem chegar a 30 % de outros tipos de fundações, possui maior velocidade na execução, diminui os custos com mão de obra, elimina a fase de escavação, e a possibilidade de eliminação do contrapiso.

3.2 Elementos Estruturais

3.2.1 Elementos da Construção Convencional

3.2.1.1 Concreto

De acordo com Bastos (2006), o concreto é constituído de cimento, água, agregado miúdo, agregado graúdo e ar, contendo ou não adições e aditivos químicos, a fim de alterar as suas propriedades para as utilizações necessárias.

Segundo o mesmo autor, o concreto a ser utilizado no canteiro de obras para fins estruturais, no preenchimento de pilares, vigas e lajes, pode ser produzido de duas formas, misturando *in loco* (não sendo ideal, por não conseguir manter a homogeneidade da receita entre os traços), ou concreto usinado (este mais indicado por apresentar maior precisão na dosagem, maior produção, facilidade na aplicação e diminuição de insumos no estoque).

¹² Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materiais/radier-de-concreto-e-solucao-de-fundacao-rasa-para-varios-tipos-de-solo/17269>

3.2.1.2 Armaduras

Para Barros e Melhado (1998), a função primordial das armaduras é a absorção de tensões de tração e cisalhamento, obtendo maior capacidade de resistência às peças comprimidas. O processo de produção no canteiro de obras é dado pela estocagem adequada, cortes, dobras e pré-montagem de acordo com o projeto para que não haja desperdícios.

3.2.1.3 Fôrmas

É extremamente importante a utilização das fôrmas, pois são capazes de moldar, conter e sustentar o concreto, a fim de obter a resistência necessária para sustentação do mesmo. Segundo Araújo e Freire (2004), a inclusão das fôrmas na composição do custo estrutural pode variar de 30 a 60%.

3.2.1.4 Assentamento dos blocos cerâmicos

Segundo Pauluzzi (2019), as elevações das paredes devem ser alinhadas de acordo com o projeto, para que haja o mínimo de ajustes possíveis. É necessário que os blocos cerâmicos sejam posicionados enquanto a argamassa estiver plástica e trabalhável, caso seja preciso algum reajuste do bloco, a argamassa deve ser totalmente retirada e o componente colocado de forma correta.

Para verificação do nivelamento horizontal da primeira fiada, é necessária a fixação de uma linha nos cantos para que sirva de guia no encaixe dos tijolos. Uma boa acomodação das paredes se dá pelo desencontro das juntas de cada fiada. Os blocos são escalonados, nivelados e aprumados de acordo com a primeira fiada. A conferência do nivelamento e do prumo da parede se torna necessária a cada duas ou três fiadas para que se tenha uma execução perfeita (PAULUZZI,2019). A FIG.10 ressalta a importância das fôrmas para a execução dos pilares.

Figura 10 - Representação das fôrmas, tijolos cerâmicos e pilares



Fonte: Blogspot (2020) ¹³

3.2.1.5 Pilares

O pilar é um elemento linear, que resiste às cargas de compressão, e sua maior dimensão transversal não ultrapassa cinco vezes a de menor tamanho. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), as seções transversais dos pilares não podem apresentar dimensões inferiores a 19 cm e não é permitida seção transversal de área menor que 360 cm².

3.2.1.6 Vigas

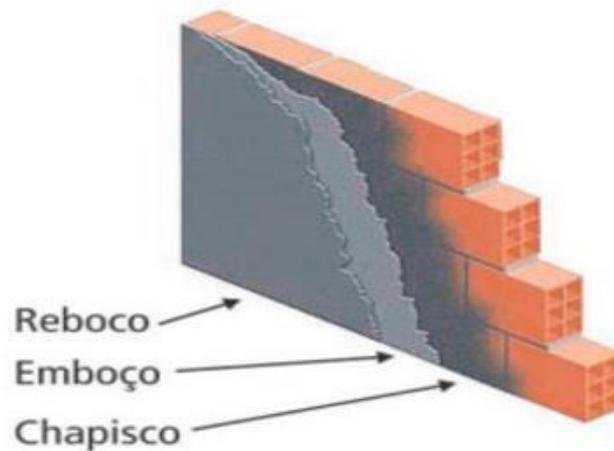
É essencial que o vão seja maior ou igual a três vezes a altura da seção transversal, para que resista à flexão de forma linear. Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), as vigas não devem apresentar larguras inferiores a 12 cm, e vigas-parede com medidas que não sejam menores que 15 cm.

3.2.1.7 Revestimento

Barbosa (2015) cita que o revestimento é dado como uma aparência visual agradável, devido à qualidade da camada externa que protege a alvenaria. A FIG. 11 apresenta as camadas necessárias para composição do revestimento de uma parede.

¹³Disponível em: <https://bowiebuddies.blogspot.com/>

Figura 11 - Apresentação das camadas para o revestimento



Fonte: Edificações – revestimentos (2020)¹⁴

3.2.1.8 Chapisco

Segundo Barbosa (2015), o chapisco é uma superfície porosa constituída da mistura de cimento, areia, água e aditivos. Aplica-se diretamente nos tijolos cerâmicos de forma manual, uniformizando a absorção da superfície e proporcionando melhor aderência para a camada seguinte.

3.2.1.9 Emboço

Gisah e Thompson (2013) citam que o emboço é a camada posterior ao chapisco, sendo necessária para sua execução a montagem de quatro taliscas por vez. Com a utilização de um prumo são fixadas as taliscas com pouca quantidade de argamassa, a fim de que o emboço seja nivelado e a parede quase finalizada. Ao aplicar a massa é essencial o emprego de uma régua, com o auxílio de um sarrafo e logo após o acabamento é feito com uma desempenadeira para redução do consumo do reboco. A espessura é 2,5mm em média sobre os tijolos.

3.2.1.10 Reboco

¹⁴Disponível em: <https://eduqc.com.br/concursos/engenharia/edificacoes-revestimentos/>

Refere-se à última camada antes da massa corrida ou gesso. Sua principal função é a regularização de quaisquer imperfeições que possam ter surgido durante a execução do emboço. Sendo necessário o uso da desempenadeira de madeira (GISAH; THOMPSON, 2013).

3.2.2 Elementos da Construção com o Tijolo Solo-Cimento

O tijolo ecológico tem segundo a NBR10834 (ABNT, 2012) uma média de resistência à compressão de no mínimo 2,0 MPa, valor bem maior se comparado ao tijolo cerâmico convencional (1,5MPa), mesmo com boa resistência ele não tem função estrutural. A estabilidade é dada por colunas de sustentação e cintas de amarração distribuídas ao longo das paredes. A estrutura vai consistir em uma malha de concreto armado embutida dentro dos furos dos tijolos, as colunas são executadas em intervalos fixos determinados pelo projeto estrutural (geralmente, a cada 1m, em edificações de pavimento único), com o uso de vergalhão e graute. Os grautes preenchem também furos nas quinas e no encontro das paredes, onde são amarradas por grampos. Nas FIG.12, FIG.13, FIG.14 e FIG.15 verificam-se os processos de execução com tijolo solo-cimento.

Figura 12 - Execução da alvenaria com tijolo solo-cimento



Fonte: Tijolo Ecológico (2020) ¹⁵

¹⁵Disponível em: <https://arch-palace.webnode.com/tijolo-ecologico-explicacao-2/>

Figura 13 – Detalhamento da alvenaria por outro ângulo



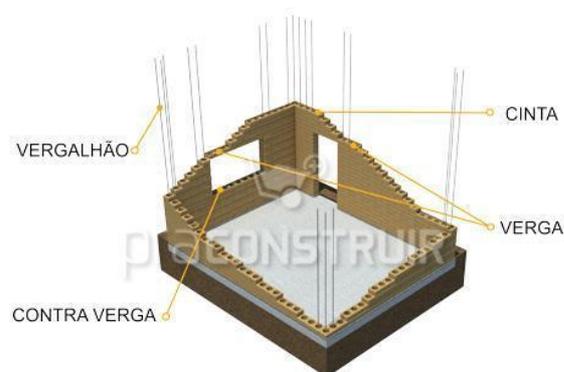
Fonte: Arch Palace (2020) ¹⁶

Figura 14 - Estrutura em solo-cimento (grautes e cintas)



Fonte: Arch Palace (2020) ¹⁷

Figura 15 - Modelo execução



Fonte: Blog pra construir (2020) ¹⁸

¹⁶Disponível em: <https://arch-palace.webnode.com/tijolo-ecologico-explicacao-2/>

¹⁷Disponível em: <https://arch-palace.webnode.com/tijolo-ecologico-explicacao-2/>

¹⁸Disponível em: <http://blogpraconstruir.com.br/etapas-da-construcao/tijolos-ecologicos/>

Para as cintas de amarração, são utilizados os tijolos canaleta, preenchidos com barras de ferro e concreto, formando assim vigas embutidas. As cintas são dispostas em toda a extensão da edificação da seguinte forma: nas fiadas de contraverga (nos peitoris de janelas), verga (acima de janelas e portas) e na última fiada de tijolos (respaldo). Cada projeto possui sua particularidade e, por isso, o sistema estrutural, com o quantitativo e a espessura das ferragens, deve ser indicado pelo responsável técnico da obra. Caso a construção disponha de mais de três pavimentos é necessário trabalhar com colunas de alvenaria tradicionais.

Conforme relatos de fabricantes e executores de obras de tijolos de solo-cimento a primeira fiada será de suma importância, já que ela é que determina o nivelamento e prumo das paredes, pois as próximas serão assentadas como encaixe, sendo assim, a primeira fiada será também o gabarito para toda a edificação. Pinatti (2016) ¹⁹detalha:

Sobre a fundação plana, os tijolos são arranjados delimitando paredes e abertura das portas. A montagem é como um quebra-cabeça. Com todos os encaixes acertados, passa-se à marcação das colunas com uma furadeira e broca de 15 cm. Os ferros são inseridos nas colunas e colados com adesivo Compound. A partir daí, é iniciado o assentamento dos tijolos.

A massa de assentamento dos tijolos deve ter traço 1:3 com hidrofugante na primeira fiada. Nas demais fiadas, o assentamento das peças é feito com cola PVA, ou argamassa AC1 ou ainda com mistura feita de cola, água e o próprio solo.

Após edificada a construção, faz-se necessário a impermeabilização de todas as paredes, a fim de proteger os tijolos de deteriorações causadas por intempéries, para que tenha um acabamento primoroso. Pode-se utilizar resinas a base de água ou solvente. Por dentro da edificação opta-se por resina, tintas PVA com coloração, podendo aplicar revestimentos tipo cerâmicas, régua de madeira, conforme projeto arquitetônico. A diversificação de acabamentos é infinitamente possível, o que não a diferencia de outros tipos construtivos.

3.3 Cobertura

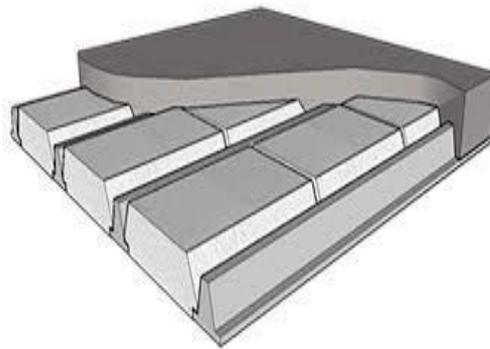
O sistema construtivo da cobertura pode ser feito de várias formas, o que não o difere de outras construções tradicionais, podendo ser coberta não apenas com telhado, mas com laje de variados tipos.

¹⁹PINATTI, Adriana. **8 Perguntas sobre tijolo ecológico**. 2016. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/8-perguntas-sobre-tijolo-ecologico_9601_0_1.

Como forma de sustentabilidade pode-se optar por lajes pré-moldadas com o uso de EPS (poliestireno expansível, mais conhecido por isopor), estrutura feita com vigotas de concreto e ferragem, criando suporte para o encaixe das placas do EPS.

Após a instalação das vigotas e placas, são posicionadas escoras em pontos determinados para dar sustentação à estrutura, pois será necessária a aplicação de uma camada de concreto sobre a laje. As FIG.16, FIG.17 e FIG.18 detalham o formato da laje pré-moldada em EPS.

Figura 16 - Modelo de laje pré-moldada com EPS



Fonte: Projete MMA (2020) ²⁰

Figura 17 - Exemplo de laje pré-moldada com EPS



Fonte: Manturi (2020) ²¹

²⁰Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/componente/laje-pre-moldada-eps-12-cm/>

²¹Disponível em: <https://www.manturi.com.br/laje-pre-moldada-com-eps/>

Figura 18 - Isopor juntamente com a estrutura em concreto



Fonte: Axial Engenharia (2020) ²²

Segundo PEREIRA (2016), percebe-se a necessidade de ser construído sob esta laje um telhado, que evitará acúmulo de água sobre ela, direcionando a vazão para calhas e condutores e dispensando o volume no solo ou mesmo para o reaproveitamento de águas pluviais. O telhado poderá ser coberto com telhas de fibrocimento, como forma de economia aliada à durabilidade e simplicidade de execução, com gradeamento feito de vigas de madeira ou vigas metálicas.

4 BREVE ESTUDO COMPARATIVO ENTRE UM PROJETO EXECUTADO EM TIJOLO CONVENCIONAL VERSUS TIJOLO SOLO-CIMENTO

Este tópico visa uma breve apresentação comparativa entre um pequeno projeto residencial executado em alvenaria convencional, utilizando-se o tijolo convencional, e entre um projeto executado em tijolo solo-cimento. As características comparativas discutidas foram o cronograma de obra (linha de balanço) e os custos das construções com cada tipo construtivo.

²² Disponível em: <https://axialengenharia.eng.br/2017/04/27/lajes-trelicadas-com-epsisopor-preco-vantagens-e-desvantagens/>

4.1. Projeto arquitetônico

Os projetos arquitetônicos visam demonstrar o modelo da residência com as suas respectivas medidas. Para o estudo comparativo dos métodos construtivos, foi elaborado pelos autores um projeto arquitetônico de uma residência com área construída de 164m² com as seguintes repartições: sala de jantar, cozinha, dois quartos, uma suíte, um banheiro social, uma área de serviço e uma área gourmet. As FIG.19, FIG.20, FIG.21, FIG.22, FIG.23 e FIG.24 apresentam as

plantas baixas, pilares, vigas e grautes juntamente com as perspectivas de cada método construtivo.

Figura 19 - Planta baixa e cortes A e B com o método tijolo convencional



Fonte: Os autores (2020)

Figura 21- Fachada e perspectiva do projeto com tijolos convencionais

MÉTODO POR TIJOLO CONVENCIONAL - PAG 03/03



Fonte: Os autores (2020)

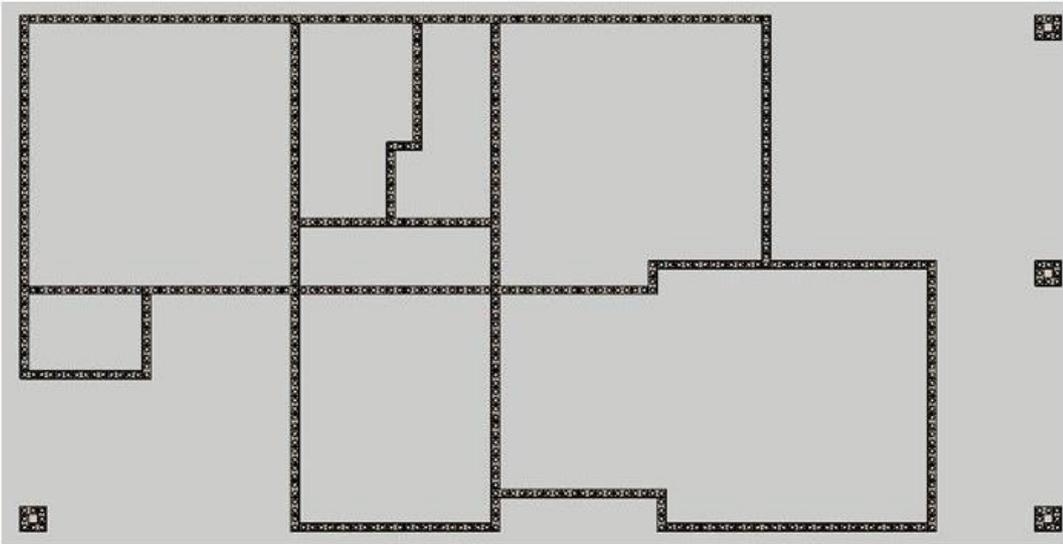
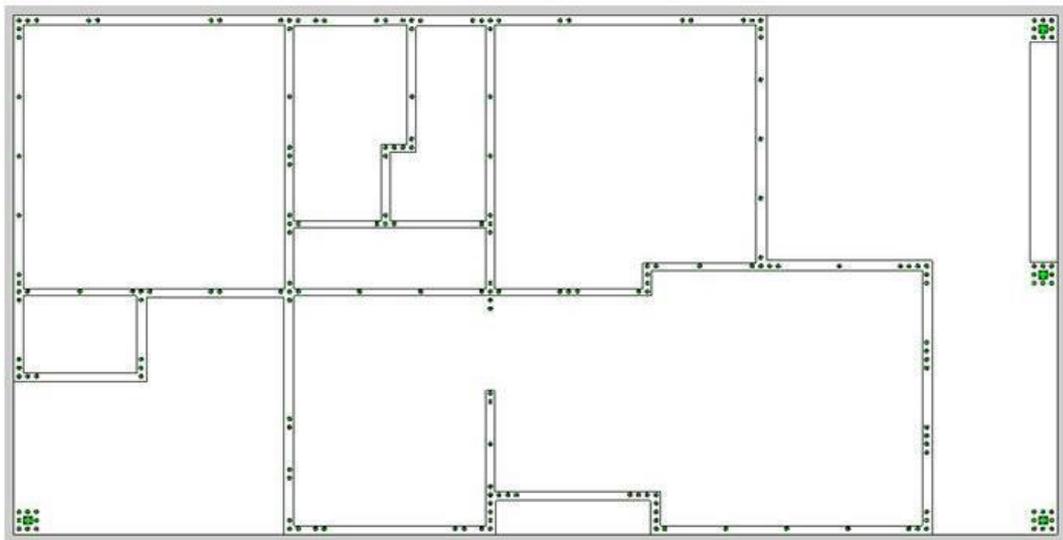
Figura 22- Planta baixa e cortes A e B com o método tijolo solo-cimento



Fonte: Os autores (2020)

Figura 23- Planta primeira fiada e posicionamento dos grautes

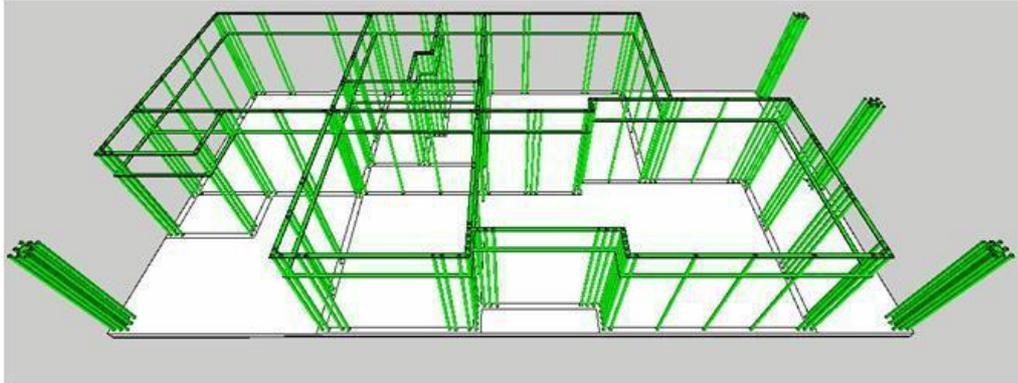
MÉTODO POR TIJOLO DE SOLO-CIMENTO - PAG 02/03

PLANTA DE PRIMEIRA FIADA
ESC: 1/100PLANTA DE POSICIONAMENTO DOS GRAUTES
ESC: 1/100

Fonte: Os autores (2020)

Figura 24- Modelagem dos pilares e vigas juntamente com a perspectiva da construção

MÉTODO POR TIJOLO DE SOLO-CIMENTO - PAG 03/03



GRAUTES DE PILARES E VIGAS
SEM ESCALA



PERSPECTIVA
SEM ESCALA

Fonte: Os autores (2020)

4. 2. Simulação de linha de balanço (cronograma de obra)

A técnica de planejamento e controle, conhecida como linha de balanço²³, leva em consideração a repetição de atividades dentro das fases da edificação. É vista como um elemento primordial no controle dos engenheiros civis. Através da linha de balanço é possível

²³Disponível em:<https://soluconeengenharia.com.br/fique-por-dentro/o-uso-da-ferramenta-linha-de-balanco-para-planejamento-de-obras-1>

analisar, de forma simplificada, a execução das atividades. Desta forma é considerada uma ferramenta muito útil, melhorando a produtividade e a qualidade nos canteiros de obras. Conforme Badra, (2014), engenheiro civil, criador da tabela Badra de Produtividade, que consiste numa tabela que apresenta índices de produtividade média de uma obra a partir da etapa dos serviços preliminares até a limpeza final da obra.

Adaptadas pelos autores para identificar os prazos de desempenho por dias trabalhados, destacam-se as etapas com seus respectivos tempos de execução das tarefas, identificados no QUADRO 1.

Quadro 1 – Tijolo convencional versus tijolo solo-cimento

ETAPAS	TIJOLO CONVENCIONAL	TIJOLO SOLO-CIMENTO
Serviços Preliminares	7 dias	7 dias
Fundação	31 dias	31 dias
Pavimentação do Piso	6 dias	6 dias
Impermeabilização	2 dias	2 dias
Planos Verticais	103 dias	60 dias
Chapisco e Reboco	10 dias	-
Cobertura	38 dias	38 dias
Esquadrias	3 dias	3 dias
Revestimento	90 dias	90 dias
Pintura	20 dias	20 dias
Louças e Metais	1 dia	1 dia
Limpeza da Obra	2 dias	2 dias
CheckList e Correções	1 dia	1 dia
Duração da Obra:	314 dias	261 dias

Fonte: BADRA (2014) adaptado pelos autores

4.3. Tijolo cerâmico convencional versus tijolo solo-cimento: custos de construção

O orçamento para a análise comparativa das construções foi elaborado a partir de dados atualizados da Tabela SINAPI não desonerada²⁴, referente ao mês de agosto de 2020. Baseando-se nesses dados é possível estimar a quantidade de insumos necessários. Os preços dos mesmos foram levantados em pontos de vendas de materiais de construção, bem como fornecedores locais de concreto usinado. As comparações dos elementos construtivos foram determinadas através dos quantitativos de cada etapa e demonstrados nos QUADRO 2 e QUADRO 3.

²⁴Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx>

Quadro 2 – Orçamento da construção com tijolo cerâmico convencional

DESCRIÇÃO	QUANT.	UNIDADE	CUSTO TOTAL
RADIER (concreto usinado)	33	m ³	R\$10.560,00
IMPERMEABILIZANTE	245	L	R\$1.608,60
FORMA DE PILARES E VIGAS	473	m (linear)	R\$4.568,00
PILARES (concreto usinado)	18	m ³	R\$5.760,00
ARMADURA (pilares e vigas)	515	Kg	R\$1.880,00
VIGAS (concreto usinado)	12	m ³	R\$1.406,72
TIJOLO CONVENCIONAL	4888	unid.	R\$4.790,24
LAJE PRÉ – MOLDADA (concreto usinado)	164	m ²	R\$6.724,00
INSTALAÇÃO ELÉTRICA PREDIAL			R\$8.545,11
INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS			R\$9.226,00
CHAPISCO E REBOCO (interno e externo)	24	m ³	R\$7.406,00
PORCELANATO (sala de jantar, cozinha e corredor)	47,35	m ²	R\$2.272,80
PORCELANATO ANTI-DERRAPANTE (área de serviço e gourmet)	50,05	m ²	R\$3.103,10
REVESTIMENTO LAMINADO DE MADEIRA (quartos)	41,2	m ²	R\$3.497,88
PORCELANATO (banheiros)	63	m ²	R\$2.639,70
PORCELANATO (parede da cozinha)	11,95	m ²	R\$476,80
JANELAS - ESQUADRIA DE ALUMÍNIO/VIDRO (quartos)	2	unid.	R\$1.450,00
JANELA - ESQUADRIA DE ALUMÍNIO/VIDRO (banheiro social)	1	unid.	R\$252,45
JANELA - ESQUADRIA DE ALUMÍNIO/VIDRO (suíte)	1	unid.	R\$210,00
JANELA - ESQUADRIA DE ALUMÍNIO/VIDRO (área de serviço)	1	unid.	R\$525,00
JANELA - ESQUADRIA DE ALUMÍNIO/VIDRO (cozinha)	1	unid.	R\$1.620,00
JANELA - ESQUADRIA DE ALUMÍNIO/VIDRO (sala)	2	unid.	R\$2.320,00
PORTA DE ENTRADA – MADEIRA	1	unid.	R\$749,90
PORTA BALCÃO - ESQUADRIA ALUMÍNIO/VIDRO (sala de jantar)	1	unid.	R\$1.182,00
PORTA - ESQUADRIA DE ALUMÍNIO/VIDRO (cozinha)	1	unid.	R\$810,36
PORTA - MADEIRA (corredor)	1	unid.	R\$629,90
PORTA - MADEIRA (quartos e banheiros)	4	unid.	R\$1.080,00
TELHADO - FIBROCIMENTO (2 águas)	135,63	m ²	R\$8.476,88
PINTURA (interna e externa)	680	m ²	R\$14.400,00
LOUÇAS E METAIS (geral)		unid.	R\$6.247,80
		TOTAL:	R\$114.459,24

Fonte: Os autores (2020)

Quadro 3 – Orçamento da construção com tijolo solo-cimento

DESCRIÇÃO	QUANT.	UNIDADE	CUSTO TOTAL
RADIER (concreto usinado)	33	m ³	R\$10.560,00
IMPERMEABILIZANTE	245	L	R\$1.608,60
TIJOLO SOLO-CIMENTO	15600	unid.	R\$20.124,00
GRAUTES (concreto)	2,45	m ³	R\$784,00
GRAUTES (armadura)	271	kg	R\$989,15
INSTALAÇÃO ELÉTRICA PREDIAL			R\$7.263,25
INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS			R\$9.266,00
ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO	4648	m (linear)	R\$5803,88
REJUNTAMENTO CERÂMICO FLEXÍVEL	327	kg	R\$1.511,00
LAJE PRÉ – MOLDADA (concreto usinado)	164	m ²	R\$6.724,00
PORCELANATO (sala de jantar, cozinha e corredor)	47,35	m ²	R\$2.272,80
PORCELANATO ANTI-DERRAPANTE (área de serviço e gourmet)	50,05	m ²	R\$3.103,10
REVESTIMENTO LAMINADO DE MADEIRA (quartos)	41,2	m ²	R\$3.497,88
PORCELANATO (banheiros)	63	m ²	R\$2.639,70
PORCELANATO (parede da cozinha)	11,95	m ²	R\$476,80
JANELAS - ESQUADRIA DE ALUMÍNIO/VIDRO (quartos)	2	unid.	R\$1.450,00
JANELA - ESQUADRIA DE ALUMÍNIO/VIDRO (banheiro social)	1	unid.	R\$252,45
JANELA - ESQUADRIA DE ALUMÍNIO/VIDRO (suíte)	1	unid.	R\$210,00
JANELA - ESQUADRIA DE ALUMÍNIO/VIDRO (área de serviço)	1	unid.	R\$525,00
JANELA - ESQUADRIA DE ALUMÍNIO/VIDRO (cozinha)	1	unid.	R\$1.620,00
JANELA - ESQUADRIA DE ALUMÍNIO/VIDRO (sala)	2	unid.	R\$2.320,00
PORTA DE ENTRADA – MADEIRA	1	unid.	R\$749,90
PORTA BALCÃO - ESQUADRIA ALUMÍNIO/VIDRO (sala de jantar)	1	unid.	R\$1.182,00
PORTA - ESQUADRIA DE ALUMÍNIO/VIDRO (cozinha)	1	unid.	R\$810,36
PORTA - MADEIRA (corredor)	1	unid.	R\$629,90
PORTA - MADEIRA (quartos e banheiros)	4	unid.	R\$1.080,00
TELHADO - FIBROCIMENTO (2 águas)	135,63	m ²	R\$8.476,88
RESINA (interna e externa)	680	m ²	R\$2.970,00
LOUÇAS E METAIS (geral)		unid.	R\$6.247,80
		TOTAL:	R\$99.925,45

Fonte: Os autores (2020)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para efeito de comparação entre as formas construtivas dos tijolos convencionais e tijolos de solo-cimento, percebe-se o quanto a construção com tijolos de solo-cimento é benéfica para a sociedade em vários quesitos.

O principal ponto positivo vem da utilização do tipo de solo, que pode ser reaproveitado de aterros do próprio local da obra ou retirado de outros locais. Havendo a necessidade de se corrigir a dosagem de areia-argila, facilmente se encontrará areia na região. Outro ponto positivo para o tijolo solo-cimento é a fabricação, ao contrário do tijolo convencional, não necessita de queima em fornos alimentados por lenha, fato este extremamente preocupante, pois há emissão de gás carbônico e causa degradação ao meio ambiente por meio de desmatamento.

No que diz respeito à sustentabilidade, a construção com este tijolo é adequada por conta dos encaixes que seu formato prevê, assim, o consumo de outros materiais como concreto, argamassa, madeira e aço são reduzidos, conseqüentemente, a redução na geração de entulho é consideravelmente maior, fazendo deste produto um sistema ecologicamente correto.

Quanto ao tijolo convencional é perceptível que apesar de ser um produto falho em qualidade, visto que sua fabricação é de baixa qualidade na padronização das peças, é ainda o mais utilizado, principalmente por ter custo mais acessível, e por preconceito e falta de interesse dos profissionais, que preferem trabalhar com o método que já conhecem, por comodismo ou por não aceitação de outras formas de se construir.

Para efeito de análise da comparação descritiva neste trabalho, percebe-se que a construção feita com tijolos de solo-cimento pode ser executada de forma mais ágil que a convencional. A respeito do projeto analisado, observa-se uma variação de 53 dias, obtendo como prazo previsto para construção convencional de 314 dias desde a fundação até a entrega da obra, enquanto para o mesmo projeto construído em tijolos de solo-cimento o tempo necessário estimado é de 261 dias.

Outro fator importante a se considerar é que mesmo o tijolo convencional sendo mais barato, o custo da obra em seu total será maior, pois necessita de construção de pilares e vigas, já que o mesmo não apresenta característica estrutural, dessa forma o tijolo de solo-cimento mais uma vez sobressai, com uma diferença percentual de 13%, pois haverá menor consumo de concreto. Sua estrutura é feita de tijolos mais resistentes, emprega menor quantidade de concreto em seu interior, dispensa a necessidade de revestir suas paredes, ficando os tijolos de forma aparente.

Sendo assim, conclui-se que o tijolo de solo-cimento apresenta vários fatores que o coloca em vantagem ao se construir, tornando um produto de mercado que merece atenção dos construtores e consumidores. A construção civil está em um patamar de grande valor na economia do país, apresentando um aumento no número de construções, o que favorece os investimentos, por isso a necessidade de estudar e conhecer outras maneiras mais econômicas, duráveis e rápidas de construir, agredindo o mínimo possível o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ALROMA, **Máquinas para Tijolos Ecológicos**, 2020. Disponível em: <https://www.alroma.com.br/home>. Acesso em: 19 de set. de 2020.
- ARAÚJO, L. O. C. de; FREIRE, T. M. Tecnologia e Gestão de Sistemas Construtivos de Edifícios. **Apostila da Disciplina de Tecnologia de Produção de Edificações em Concreto Armado**, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**. Projeto de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10834**. Blocos de solo-cimento sem função estrutural. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270**. Componentes cerâmicos – Parte 1. Rio de Janeiro, 2005.
- BADRA, P. A.L. **Tabela Badra de Produtividade**. São Paulo: Sistemática Badra de Dados & Associados, 2014.
- BAR, A. **Caracterização dos Tijolos e Blocos Cerâmicos utilizados na cidade de Ijuí**, 2003. 142 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2003. Cap. 5.
- BARBOSA, E. M. de L. Análise comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico de vedação e drywall. **Revista Especialize On-Line IPOG**, v. 1, n. 10, p. 841-861, 2015.
- BARROS, M. M. S.B. de; MELHADO, S. B. Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios. 1998. Disponível em: HTTP://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00004.pdf. Acesso em 19 de set. 2020.
- BASTOS, P. S. dos S. Fundamentos do concreto armado. **Bauru: UNESP**, 2006. Disponível em: <HTTP://www.ufsm.br/decc/ECC1006/Dowloads/FUNDAMENTOS.pdf>. Acesso em 25 de set. de 2020.
- BAUER, L. A. F. **Materiais de construção: 2**. Livros Técnicos e Científicos, 2005.
- BELLEN, V. H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. FGV editora, 2005.
- ECOMÁQUINAS. **Tijolo ecológico**, 2019. Disponível em: <https://www.ecomaquinas.com.br/o-tijolo-ecologico/como-produzir/>. Acesso em: 22 de set. de 2020.
- GEOFOCO, Brasil. **O que é Graute**, 2020. Disponível em: <HTTP://geofoco.com.br/o-que-e-grauteanchorgrout/#:~:text=Graute%20%C3%A9%20um%20tipo%20espec%C3%ADfico,e%20aumentar%20a%20capacidade%20portante>. Acesso em: 04 de out. de 2020.

GISAH, A. P; THOMPSON, R. V. **Comparativo de custos de sistemas construtivos**. Curitiba, PR, 2013. Universidade Federal do Paraná.

GRANDE, Fernando Mazzeo. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. Pini, 1992.

MILITO, J. A. de. Técnicas de construção civil e construção de edifícios. **Campinas: Faculdade de Ciências Tecnológicas da PUC Campinas**, 2013.

PAULUZZI. Blocos Cerâmicos, 2020. Disponível em: <https://www.pauluzzi.com.br/download/>. Acesso em: 7 de out. de 2020.

PEREIRA, M. F. P. **Anomalias em paredes de alvenaria sem função estrutural**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Minho, Guimarães, 2005.

PEREIRA, Caio. Telhados. Escola Engenharia, 2016. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/telhados/>. Acesso em: 1 de outubro de 2020.

PEREIRA, Caio. Tijolo ecológico: o que é, tipos, vantagens e desvantagens. **Escola Engenharia**, 2019. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/tijolo-ecologico/>. Acesso em: 18 de setembro de 2020.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de construção**. Globo, 1993.

PINATTI, A. **8 Perguntas sobre tijolo ecológico**, 2016. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/8-perguntas-sobre-tijolo-ecologico_9601_0_1. Acesso em: 24 de set. de 2020.

REVISTA Conexão Eletrônica. **Radier**, 2020. Disponível em: <http://revistaconexao.aems.edu.br/wp-content/plugins/download-attachments/includes/download.php?id=1582>. Acesso em: 04 de out. de 2020.

SALA, L. G. Proposta de Habitação Sustentável Para Estudantes Universitários. 2006. 86 f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Ijuí**, 2006.

SOUZA, F. A. de. **Radier de concreto e solução de fundação rasa para vários tipos de solo**, 2020. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/radier-de-concreto-e-solucao-de-fundacao-rasa-para-varios-tipos-de-solo/17269>. Acesso em: 04 de out. de 2020.

THOMAZ, E. Como construir alvenaria de vedação. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 15 – 16, 1995.

VIEIRA, H. F. **Logística aplicada à construção civil: como melhorar o fluxo de produção nas obras**. Pini, 2006. Disponível em: [HTTP://pt.slidshare.net/asccaldas/logistica-aplicada-a-construo-civil-hlio-flavio-vieira](http://pt.slidshare.net/asccaldas/logistica-aplicada-a-construo-civil-hlio-flavio-vieira). Acesso em: 22 de set. 2020.