

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL
JOEL DOS SANTOS JÚNIOR

**TIJOLOS ECOLÓGICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: TÉCNICAS CONSTRUTIVAS
PARA ALVENARIA APARENTE E PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO**

FORMIGA-MG

2022

JOEL DOS SANTOS JÚNIOR

TIJOLOS ECOLÓGICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: TÉCNICAS CONSTRUTIVAS
PARA ALVENARIA APARENTE E PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG, como
requisito para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Esp. Mariana Del Hoyo Sornas.

Coorientadora: Prof^a. Dra. Kátia Daniela Ribeiro.

FORMIGA-MG

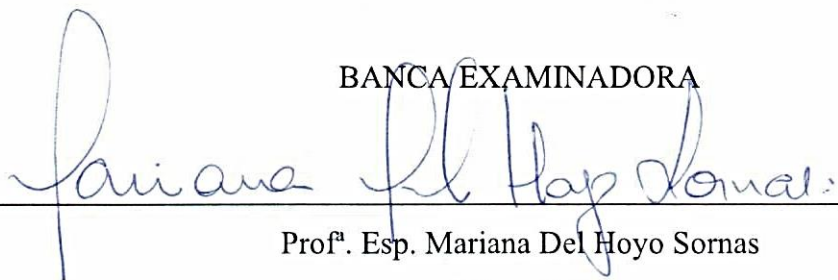
2022

Joel dos Santos Júnior

TIJOLOS ECOLÓGICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: TÉCNICAS CONSTRUTIVAS
PARA ALVENARIA APARENTE E PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil do UNIFOR-MG,
como requisito para obtenção do título de bacharel
em Engenharia Civil.

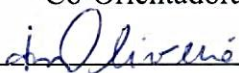
BANCA EXAMINADORA


Profª. Esp. Mariana Del Hoyo Sornas

Orientadora


Profª. Dra. Kátia Daniela Ribeiro

Co-Orientadora


Profª. Dra. Jussara Maria Silva Rodrigues Oliveira

UNIFOR-MG

Formiga, 23 de junho de 2022.

RESUMO

O planeta vem sofrendo cada vez mais com os impactos ambientais ocasionados pelo homem, e o setor da construção civil é responsável por boa parte desses efeitos. Sabendo disso, é essencial a criação de alternativas sustentáveis para minimizar tais efeitos e uma das soluções mais plausíveis no setor da construção civil é a utilização dos tijolos ecológicos cujo processo de fabricação não necessita passar pelo processo de queima, ou seja, não emitem gases na atmosfera, além de ser um material totalmente reaproveitável, possibilitando a reutilização dos resíduos gerados durante a execução de uma obra, o que o torna um material sustentável. Este trabalho aponta as vantagens e desvantagens do material em questão, proporcionando uma demonstração das técnicas construtivas para a realização de alvenarias aparentes com a utilização do tijolo ecológico e avalia o conhecimento de possíveis consumidores do material, através de uma pesquisa de opinião realizada com uma amostra aleatória de pessoas. Foi possível verificar que os tijolos ecológicos possuem características construtivas e sustentáveis relevantes para a construção civil, contudo, esse material ainda não obteve um grande espaço no mercado, sendo necessário disseminar para as pessoas as vantagens, os procedimentos executivos e a possibilidade de substituir os tijolos convencionais por esse material.

Palavras-chave: Solo-cimento. Sustentabilidade. Fabricação de tijolo ecológico.

ABSTRACT

The planet has been suffering more and more from the environmental impacts caused by man, and the construction sector is responsible for a large part of these effects. It is essential to create sustainable alternatives to minimize such effects and one of the most plausible solutions in the civil construction sector is the use of ecological bricks, whose manufacturing process does not need to go through the firing process. Then, ecological bricks do not emit gases in the atmosphere, in addition to being a reusable material, allowing the reuse of waste generated during the execution of a work, which makes it a sustainable material. This work points out the advantages and disadvantages of the material in question, providing a demonstration of the constructive techniques for the realization of apparent masonry with the use of ecological brick and evaluates the knowledge of potential consumers of the material, through an opinion survey carried out with a random sample of people. It was possible to verify that ecological bricks have constructive and sustainable characteristics relevant to civil construction, however, this material has not yet gained a large space in the market, and it is necessary to disseminate to people the advantages, executive procedures and the possibility of replacing the bricks conventional for this material.

Keywords: Soil-cement. Sustainability. Ecological brick manufacturing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dimensões da caixa de ensaio prático de triagem e uniformização do material	21
Figura 2 - Medição da retração do solo	22
Figura 3 - 1ª verificação da umidade da mistura	25
Figura 4 - 2ª verificação da umidade da mistura – queda sobre a superfície	26
Figura 5 - 2ª verificação da umidade da mistura – destorroamento	26
Figura 6 - 2ª verificação da umidade da mistura – água em excesso	27
Figura 7 - 2ª Verificação da umidade da mistura – Água insuficiente	27
Figura 8 - Inserção da mistura nos moldes da prensa hidráulica.....	28
Figura 9 - Prensagem manual dos moldes na prensa hidráulica.....	28
Figura 10 - Cura úmida: empilhamento e cobrimento dos tijolos	29
Figura 11 - Cura úmida: irrigação dos tijolos.....	30
Figura 12 - Cura úmida: cobrimento sem infiltração de ar.....	30
Figura 13 - Modelos de tijolos de solo-cimento	32
Figura 14 - Alvenaria de tijolo de solo-cimento com acabamento aparente	33
Figura 15 - Execução de vigas, pilares e passagem de tubulações hidráulicas e elétricas em tijolos de solo-cimento.	34
Figura 16 - Isolamento Termoacústico	34
Figura 17 - Planta Baldrame	38
Figura 18 - Planta de modulação ou primeira fiada.....	39
Figura 19 - Planta de independência de paredes	40
Figura 20 - Planta de Localização de grautes e aberturas (janelas e portas)	41
Figura 21 - Legenda de grautes e pilares	42
Figura 22 - Execução de gabarito	43
Figura 23 - Representação do lastro de brita	44
Figura 24 - Gabarito para execução das escavações e das fôrmas	44
Figura 25 - Fixação dos vergalhões de aço na fundação	45
Figura 26 - Altura dos vergalhões de aço em relação a sua fixação.....	45
Figura 27 - Impermeabilização dos elementos estruturais	46
Figura 28 - Execução da base de concreto do contrapiso.....	47
Figura 29 - Espaçamento para dilatação entre tijolos.....	48
Figura 30 - Fissuras ocasionadas pela diferença de temperatura.....	48
Figura 31 - Modulação e nivelamento dos tijolos ecológicos	49

Figura 32 - Assentamento dos tijolos com bisnaga preenchida por cola branca ou argamassa	49
Figura 33 - Excesso de argamassa ou cola de assentamento	49
Figura 34 - Criação de aberturas nos tijolos	50
Figura 35 - Processo de concretagem do pilar.....	51
Figura 36 - Espaços vazios que comprometem a estabilidade do pilar	51
Figura 37 - Transpasse entre vergalhões de aço e sua armação em arame de aço	52
Figura 38 - Execução de vergas e contra-vergas	52
Figura 39 - Execução das vigas de amarração.....	53
Figura 40 - Execução da instalação elétrica	54
Figura 41 - Execução da instalação hidráulica	54
Figura 42 - Colocação das caixas de passagem.....	55
Figura 43 - Colocação dos quadros de comando	55
Figura 44 - Formas para ligação entre alvenaria e laje pré-moldada.....	56
Figura 45 - Exemplo de escoras para lajes pesadas.....	56
Figura 46 - Ligação entre pilar e laje.....	57
Figura 47 - Ligação entre pilares e laje entre pavimentos	57
Figura 48 - Prolongamento dos furos na laje com cano de PVC.....	58
Figura 49 - Aplicação de impermeabilizante incolor	58
Figura 50 - Aplicação do rejunte nos tijolos	59
Figura 51 - Execução do acabamento sob o rejunte	59
 Figura A 1 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos	 76
Figura A 2 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos	77
Figura A 3 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos	78
Figura A 4 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos	78
Figura A 5 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos	79
Figura A 6 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos	79
Figura A 7 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos	80
Figura A 8 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos	80
Figura A 9 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos	81
Figura A 10 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação granulométrica dos solos.....	18
Tabela 2 - Subdivisão dos solos finos	19
Tabela 3 - Faixas granulométricas consideradas ideais para o tijolo de solo-cimento.....	19
Tabela 4 - Características adequadas do solo para a produção do tijolo de solo-cimento	20
Tabela 5 - Classificação de solos AASHTO	20
Tabela 6 - Tipos de Cimento <i>Portland</i>	23
Tabela 7 - Teor de cimento sugerido para a compactação do tijolo de solo-cimento	24

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Conhecimento das pessoas acerca dos tijolos existentes no mercado	61
Gráfico 2 - Entendimento quanto aos benefícios dos tijolos ecológicos.....	62
Gráfico 3 - Questionamento sobre a substituição dos tijolos convencionais pelos tijolos ecológicos	63
Gráfico 4 - Questionamento sobre a utilização dos tijolos ecológicos na construção da residência dos indivíduos	64
Gráfico 5 - Identificação de construção com a utilização de tijolos ecológicos.....	65
Gráfico 6 - Identificação de fábricas ou empresas produtoras de tijolos ecológicos	65

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

AASHTO – *American Association of State Highway and Transportation Officials*

ABCP – Associação Brasileira de Cimento *Portland*

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

cm – Centímetro

CP – Cimento *Portland*

h – Altura

HRB – *Highway Research Board*

LL – Limite de Liquidez

LP – Limite de Plasticidade

m – Metro

m² – Metro Quadrado

mm – Milímetro

MPa – Mega Pascal

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

PCA – *Portland Cement Association*

PVC – Policloreto de Polivinila

% – Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivo geral.....	13
2.2	Objetivos Específicos	13
3	JUSTIFICATIVA	14
4	TIJOLOS ECOLÓGICOS - CONTEXTUALIZAÇÃO	15
4.1	Um pouco de história.....	15
4.2	Tijolo ecológico – considerações iniciais	17
5	FABRICAÇÃO DO TIJOLO ECOLÓGICO	18
5.1	Matérias-primas básicas	18
5.1.1	Solo	18
5.1.2	Cimento.....	22
5.2	Elaboração do traço.....	24
5.3	Confecção.....	25
5.4	Cura	29
6	USO DO TIJOLO ECOLÓGICO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: VANTAGENS E DESVANTAGENS	32
6.1	Vantagens	32
6.2	Desvantagens	35
7	TÉCNICAS CONSTRUTIVAS DE ALVENARIA APARENTE COM A UTILIZAÇÃO DO TIJOLO DE SOLO-CIMENTO	37
7.1	Projetos	37
7.2	Locação da obra	42
7.3	Fundação e assentamento do contrapiso	43
7.4	Assentamento da alvenaria	47
7.5	Pilares e grampos	50
7.6	Vergas, contra-vergas e vigas de amarração	52
7.7	Instalações elétricas e hidráulicas	53
7.8	Amarração dos pilares de sustentação na laje pré-moldada	55
7.9	Aplicação de acabamentos e impermeabilização	58
8	TIJOLOS ECOLÓGICOS – PERCEPÇÃO DE POTENCIAIS CONSUMIDORES	61

9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	67
	REFERÊNCIAS	69
	ANEXO A.....	76

1 INTRODUÇÃO

A escassez dos recursos naturais em conjunto com as questões ambientais do planeta é um dos temas mais preocupantes para o homem, visto que afeta diretamente sua existência, sendo a principal justificativa para a busca de práticas sustentáveis.

Segundo Boff (2017), desde o início da industrialização, o homem vem gerando uma quantidade significativa de gases de efeito estufa, que naturalmente vão para a atmosfera e provocam o aquecimento global, desequilibrando lentamente o clima do planeta até alcançar um nível hostil.

O setor da construção civil possui uma elevada carência de recursos naturais para a fabricação de materiais, que, conseqüentemente, são processadas na indústria gerando a emissão de gases na atmosfera. Além desses impactos, o setor ainda é responsável por gerar uma enorme quantidade de resíduos sólidos que, na maioria das vezes, não são descartados corretamente.

Diante desse contexto, houve a necessidade de buscar soluções inovadoras para que se minimize ao máximo os impactos causados ao meio ambiente, justificando o presente trabalho. Uma dessas soluções, para o desenvolvimento sustentável do setor da construção civil, é a implementação dos tijolos ecológicos, que são confeccionados através da mistura de solo, cimento e água, a partir da prensagem em prensas manuais ou hidráulicas.

A importância da utilização do tijolo ecológico, também conhecido como tijolo de solo-cimento, está relacionado ao seu processo de fabricação. Por não passar pelo processo de queima, como os tijolos convencionais, não emitem gases na atmosfera e não contribuem para o aumento do efeito estufa. Concomitantemente, o tijolo ecológico é um material modular e totalmente reaproveitável, o que proporciona um baixo índice de desperdício na construção, ocasionando o incentivo à sustentabilidade.

Portanto, é evidente a necessidade de estudos que promovam o surgimento de materiais mais sustentáveis na construção civil, visto que é um setor que possui um impacto significativo sobre o meio ambiente. Sendo assim, o presente trabalho busca apresentar as vantagens e limitações dos tijolos ecológicos na construção civil, mostrando o uso das técnicas construtivas para a construção de alvenarias aparentes de tijolos ecológicos, bem como avaliar o conhecimento de possíveis consumidores do material por meio de uma pesquisa de opinião.

2 OBJETIVOS

Para a elaboração do presente trabalho, foram estabelecidos alguns objetivos que serviram de orientação para a exposição do tema proposto.

2.1 Objetivo geral

Informar sobre as características e utilizações de tijolos ecológicos no setor da construção civil por meio de uma revisão bibliográfica apoiada aos resultados de uma pesquisa de opinião.

2.2 Objetivos Específicos

- Apontar os benefícios e limitações da utilização dos tijolos ecológicos na construção civil;
- Apresentar o uso das técnicas construtivas relacionadas à alvenaria aparente com a utilização do tijolo ecológico;
- Avaliar o conhecimento de uma amostra aleatória de pessoas acerca do tijolo ecológico por meio de uma pesquisa *online* de opinião.

3 JUSTIFICATIVA

Para que o setor da construção civil funcione, é necessária a extração de alguns recursos naturais para a fabricação de materiais que, posteriormente, serão processados na indústria, gerando uma quantidade significativa de gases emitidos para a atmosfera. Além dessas emissões, a quantidade de resíduos sólidos gerados no setor é enorme e o seu descarte, muitas das vezes, não é realizado da maneira correta, o que contribui ainda mais para os impactos ambientais ocasionados pelo setor.

Sendo assim, é necessário que o setor implemente alternativas sustentáveis que busquem diminuir os gases gerados pela indústria e os resíduos sólidos produzidos pela construção civil, levando ao fator que justifica o presente trabalho.

E uma das soluções para o problema apresentado é a implementação dos tijolos ecológicos, cujo o processo de produção não gera gases de efeito estufa, além de ser um material modular e totalmente reaproveitável, buscando incentivar o setor da construção civil brasileira a adotar técnicas de construção sustentáveis.

Oliveira e Silva (2018) relatam que o sistema construtivo do tijolo ecológico é relevante para o Brasil, pois proporciona a diminuição do custo de uma construção, por utilizar o solo como principal matéria-prima, fazendo com que as populações carentes utilizem esse método construtivo, tornando-se um tema importante a ser tratado no meio acadêmico, visto que o futuro engenheiro influencia significativamente a decisão dos clientes ao lhes apresentar novas técnicas e práticas construtivas que tendam a ser mais econômicas.

4 TIJOLOS ECOLÓGICOS - CONTEXTUALIZAÇÃO

4.1 Um pouco de história

Por trás de todo conceito, sempre existe uma história e uma delas seria a criação de um material que fosse capaz de proteger o homem de fatores naturais que perturbariam sua existência, além disso, o material deveria ser resistente, abundante e de fácil manuseio. De acordo com Pereira (2010), o material encontrado pelo homem para a construção de abrigos foi justamente o solo, e a sua aplicação como um material de construção vem sendo amplamente utilizada há aproximadamente dez mil anos, sendo que algumas destas obras resistem até hoje, mantendo sua qualidade estrutural e sua estética. Um dos registros mais antigos é a descoberta de um tijolo adobe feito de terra crua, água, palha e com a utilização de algumas fibras naturais, encontrado na Mesopotâmia por volta de 5.000 a.C (DETHIER, 1993).

O solo possui uma grande importância na história da humanidade, foi através da mistura do solo com cinzas que se deu início à criação dos primeiros tijolos adobes. O surgimento de várias cidades de grandes civilizações antigas, como por exemplo, Catal Hoyuk, na atual Turquia, e Harada e Mohendo-Daro, no Paquistão só foi possível devido à utilização do solo como um aglomerante em suas construções (HEISE, 2004). E é quase impossível referir-se a construções antigas sem mencionar a grande muralha da China como exemplo do uso do solo estabilizado durante o século III, onde foi utilizada uma mistura de argila e cal na proporção 3:7 em sua composição (FIAIS et al., 2017).

Mais à frente, o surgimento de inovações tecnológicas no âmbito da construção civil com a Revolução Industrial de 1750, possibilitou ao homem materiais de construção mais duráveis e estáveis, como o cimento *Portland* descoberto por Joseph Aspdin, em 1824, o qual revolucionou o setor da construção civil (GURJÃO, 1994).

Por mais que os solos tenham uma boa capacidade térmica e notáveis características químicas, na maioria dos casos, eles não apresentam uma boa resistência à água e apresentam uma baixa durabilidade (GANDIA et al., 2019). Para que o solo se torne um material propício a resistir aos efeitos do intemperismo, introduz-se em sua composição materiais estabilizadores que modificam suas características físico-químicas, como é o caso da inclusão do cimento *Portland* no solo (ABIKO, 1988). Segundo Gurjão (1994), o termo estabilização refere-se aos procedimentos utilizados no solo com a finalidade de melhorar suas características físicas e mecânicas, principalmente sua resistência, sendo muito aplicado em solos que possuem grandes

deformações e que não atendem às exigências de serviços, tornando-se, em alguns casos, uma solução econômica.

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (1986), o solo-cimento é o resultado da mistura entre o solo, o cimento *Portland* e a água que, através de procedimento de compactação, sob teor ótimo de umidade e sob sua máxima densidade, em quantidades predefinidas, adquire resistência e durabilidade por meio das reações de hidratação do cimento.

De acordo com Pereira (2005), o solo-cimento surgiu devido à aplicação do produto em um tratamento de leito de estradas vicinais ao sul da Inglaterra, porém não haviam estudos concretos sobre a aplicação e dosagem do solo-cimento devido à falta de conhecimentos de Mecânica dos Solos que conseguissem prever o comportamento deste novo produto. Até que, em 1929, Proctor encontra em seus estudos a relação umidade/peso específico aparente na compactação de solos, onde foi possível aplicar a tecnologia do solo-cimento em diversos tipos de construções, estabilizações de taludes, pavimentação, revestimento de canais, barragens de terra, ladrilhos, blocos, tijolos, painéis, paredes monolíticas, reservatórios e diques (BAUER, 1995).

Ainda segundo o autor, pesquisadores americanos, realizaram os primeiros estudos de solo-cimento, em grande escala, em 1932. Tais estudos influenciaram a utilização do produto na confecção de bases e sub-bases de pavimentos no Brasil, em 1936, conforme relata a ABCP (1986).

Bauer (1995) relata que, no Brasil, a utilização do solo-cimento em edificações teve início em 1945, onde foi construída uma casa de bombas de 42 m² para abastecimento das obras do aeroporto de Santarém no Pará. Em seguida, em Petrópolis (RJ), foram executadas casas residenciais com paredes monolíticas de solo-cimento no Vale Florido. Da mesma forma, iniciou-se, em 1948, a construção do hospital Adriano Jorge, em Manaus-AM, ainda em atividade, uma construção de 10.800 m² onde o teor de cimento foi de 6%, resultando em uma resistência de 2,6 a 3,2 Mpa. O autor ainda relata que, até 1976, não foi executado qualquer tipo de reparo na edificação, mesmo após 26 anos da obra finalizada, ou seja, mantendo um bom estado de conservação.

Com o aumento das construções em solo-cimento no Brasil, surgiu a necessidade da criação de normas especializadas no assunto. A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT elaborou, então, A Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 8492/12: “Tijolos de solo-cimento” e a NBR 10833/13: “Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com utilização de prensa hidráulica”, que regulamentam a fabricação de tijolos de solo-cimento e seus respectivos ensaios, proporcionando aos engenheiros um conteúdo técnico.

4.2 Tijolo ecológico – considerações iniciais

O tijolo é um material essencial em uma obra, sendo responsável pelo formato da edificação e a matéria-prima básica da construção civil, pois é utilizado na maior parte das edificações. Porém, para a produção do tijolo convencional, é necessário um processo de cozimento em fornos de olaria, ocasionando grande queima de lenha que, consequentemente, gera elevado consumo energético, possibilitando a emissão de gás carbônico para a atmosfera, promovendo o aumento do efeito estufa (METZKER, 2019).

O tijolo de solo-cimento, também conhecido como tijolo ecológico, é um produto de suma importância para permutação do tijolo convencional e que busca minimizar o consumo energético, visto que o mesmo não precisa passar pelo processo de cozimento em sua etapa de cura, pois neste processo utiliza-se apenas a secagem natural (TORGAL; JALALI, 2011).

O tijolo de solo-cimento ou tijolo ecológico é um tijolo prensado, feito de uma mistura de solo, cimento e água. Os tijolos ecológicos não passam pelo processo de queima como os tijolos convencionais, consequentemente não utilizam combustíveis em sua produção, não tendo grande efeito sobre o meio ambiente (PROMPT, 2008).

Na composição do tijolo ecológico (solo-cimento), o solo está presente em maior proporção e o cimento é utilizado em menor quantidade com o intuito de estabilizar o solo (SOUZA; SEGANTINI; PEREIRA, 2007; LEONEL et al., 2017).

No processo de fabricação dos tijolos ecológicos, o solo é misturado ao cimento, sendo adicionada água em dosagens adequadas, a fim de se obter o nível ideal de umidade. Posteriormente, a mistura é colocada em uma prensa hidráulica, onde a mistura será prensada a mais de 1,5 MPa, obtendo seu formato (COSTA et al., 2018). Logo em seguida, ao invés de serem levados ao forno para que aconteça seu processo de cura, como é feito para os tijolos convencionais, os tijolos ecológicos são curados a frio, permanecendo por, no mínimo, sete dias na sombra, impedindo que trinquem, ficando prontos para serem utilizados (BAUER, 1995).

De acordo com Mota (2021), o tijolo ecológico possui resistência à compressão semelhante à do tijolo convencional, no entanto, a qualidade final é superior, com dimensões regulares e faces planas, além de ser considerado uma solução simples, prática e avançada para questões ambientais e sociais, visto que o mesmo usa o solo da própria obra e dispensa o uso de equipamento refinados.

5 FABRICAÇÃO DO TIJOLO ECOLÓGICO

5.1 Matérias-primas básicas

Para a fabricação do tijolo ecológico, é necessário entender o motivo de se utilizar cada matéria-prima presente no tijolo, além de compreender as porcentagens de cada uma.

5.1.1 Solo

O solo é proveniente de uma reação chamada intemperismo que ocorre nas rochas por meio da desagregação mecânica por ações físicas e químicas, do ar e da água (ou outro líquido) (BARBOSA, 2013). Portanto, a origem da formação dos solos é ocasionada por agentes atmosféricos, água, variações de temperatura e decomposições químicas, transformando as rochas em solo (PINTO, 1998; GUIMARÃES et al., 2021).

Dessa maneira, o solo assume características variáveis quanto ao tamanho e forma de suas partículas, resultando em diversos tipos de solo. A NBR 6502 (ABNT, 1995) estabelece que a classificação dos solos seja feita através de sua análise granulométrica, ou seja, segundo as dimensões de seus grãos e partículas, conforme apresenta a TAB. 1.

Tabela 1 - Classificação granulométrica dos solos

Descrição	Diâmetro das partículas (mm)
Argila	< 0,002
Silte	0,002 a 0,06
Areia fina	0,06 a 0,2
Areia média	0,2 a 0,6
Areia grossa	0,6 a 2,0
Pedregulho fino	2,0 a 6,0
Pedregulho médio	6,0 a 20,0
Pedregulho grosso	20,0 a 60,0
Pedra-de-mão	60,0 a 200,0
Matacão	200,0 a 1000,0

Fonte: NBR 6502 (ABNT, 1995).

Além desta classificação, existem peculiaridades relacionadas a solos finos (argila e silte) que podem ser subdivididos em dois grupos, conforme TAB. 2.

Tabela 2 - Subdivisão dos solos finos

Siltes	Argilas
Pouca ou nenhuma plasticidade	Partículas microscópicas
0,002 mm a 0,06 mm	0,002 mm
-	Contém sílica em sua forma coloidal
-	Óxidos de fórmula geral R_2O_3

Fonte: NBR 6502 (ABNT, 1995).

Conforme Souza, Segantini e Pereira. (2007), tijolos de solo-cimento fabricados com solos arenosos (isto é, aqueles que apresentam uma quantidade de areia na faixa de 60 a 80% da massa total da amostra) apresentam boa capacidade de resistência, estabilização e baixo consumo de cimento. Porém, em ambientes onde não se encontra solos arenosos com facilidade, é possível executar a amostra utilizando uma mistura de 70% de areia com 30% de silte ou argila peneirados, possibilitando chegar ao mesmo resultado.

Pinto (1980) já estabelece que o solo ideal deve possuir 15% de silte ou argila, 20% de areia fina, 30% de areia grossa e 35% de pedregulho, no qual os solos arenosos bem graduados e com ponderada quantidade de silte mais argila são os mais indicados.

Segantini (2000) determina as faixas de granulometria do solo estabelecidas como ideais para fabricação de tijolos ecológicos, conforme apresenta a TAB. 3.

Tabela 3 - Faixas granulométricas consideradas ideais para o tijolo de solo-cimento

Autores	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	Silte + Argila (%)	LL (%)
CINVA (1963) ¹	45 – 80	-	-	20 – 25	-
ICPA (1973) ²	60 – 80	10 – 20	5 – 10	-	-
MAC (1975) ³	40 – 70	<30	20 – 30	-	-
CEPED (1984) ⁴	45 – 90	-	< 20	10 – 55	45 -50
PCA (1969) ⁵	65	-	-	10 – 35	-

Nota: LL = Limite de liquidez.

Fonte: Segantini (2000).

É possível perceber a existência de uma variação de dados referente à porcentagem de areia ideal contida no solo, porém, com base na interpretação dos dados da TAB. 3, é possível indicar que a faixa ideal de areia deve estar entre 40 e 80%.

¹ CINVA – Centro Interamericano de Vivienda e Planeamento

² ICPA – Instituto del Cemento Portland Argentino

³ MAC – Ministère des Affaires Culturelles

⁴ CEPED – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento

⁵ PCA – Portland Cement Association

O solo é o ingrediente de maior proporção na mistura, devendo ser escolhido de maneira a necessitar-se de uma baixa quantidade de cimento. Dessa forma, além de determinar a quantidade de areia contida no solo, a definição dos mais adequados para a utilização em tijolos de solo-cimento depende ainda do atendimento às características apresentadas na TAB. 4.

Tabela 4 - Características adequadas do solo para a produção do tijolo de solo-cimento

Características	Valor de referência (NBR 10833)
% passando na peneira ABNT com abertura 4,75 mm	100 %
% passando na peneira ABNT 75 μ m (n° 200)	10 – 50 %
Limite de Liquidez	≤ 45 %
Índice de Plasticidade	≤ 18 %

Fonte: NBR 10833 (ABNT, 2013).

A classificação dos solos ainda deve ser feita segundo o método estabelecido pela *American Association of State Highway and Transportation Officials* – AASHTO (1973), conforme a TAB. 5. Essa classificação definirá, posteriormente, a quantidade de cimento a ser utilizada na fabricação do tijolo ecológico.

Tabela 5 - Classificação de solos AASHTO

Classificação Geral	Materiais granulares (35% ou menos passando na peneira nº 200)							Materiais siltosos e argilosos (mais de 35% passando na peneira nº 200)			
Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5/A-7-6
Peneiração % que passa:											
Nº 10	550 máx.										
Nº 40	330 máx.	50 máx.	551 mín.								
Nº 200 (p)	115 máx.	25 máx.	110 máx.	335 máx.	335 máx.	335 máx.	335 máx.	336 mín.	336 mín.	336 mín.	36 mín.
Características da fração que passa nº 40:											
Limite de Liquidez – LL (%)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidade – IP (%)	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Classificação Geral	Materiais granulares (35% ou menos passando na peneira nº 200)							Materiais siltosos e argilosos (mais de 35% passando na peneira nº 200)			
Materiais que predominam	Pedra britada, pedregulho e areia		Areia fina	Areia e areia siltosa ou argilosa				Solos Siltosos		Solos Argilosos	
Comportamento geral como subleito	Excelente a bom							Fraco a bom			

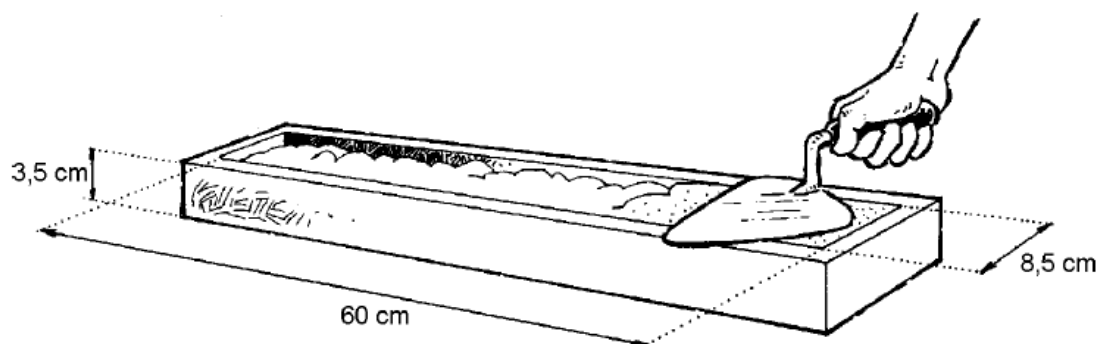
Fonte: AASHTO (1973)

A ABCP (2000) recomenda que seja feita uma triagem do solo a ser utilizado na fabricação do tijolo de solo-cimento por intermédio de ensaios laboratoriais utilizando uma amostra de cerca de 10 kg de solo, cujos métodos são descritos nas normas:

- NBR 6459: Solo – Determinação do limite de liquidez (ABNT, 2016a);
- NBR 7180: Solo – Determinação do limite de plasticidade (ABNT, 2016b);
- NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica (ABNT, 2016c);
- NBR 6508: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica (ABNT, 2014);
- NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização (ABNT, 2016d).

Contudo, se não for possível realizar a triagem do solo através de ensaios laboratoriais, aconselha-se a realização do ensaio prático da caixa. O ensaio da caixa consiste em destorroar aproximadamente 4,5 kg de amostra de solo, peneirando a amostra na peneira de 4,75 mm (nº 4). Em seguida, acrescenta-se água até que o solo atinja uma consistência semelhante à argamassa de reboco. Posiciona-se o material em uma caixa de madeira com dimensões internas de 60 cm x 8,5 cm x 3,5 cm, anteriormente lubrificada, distribuindo-o de maneira uniforme com uma colher de pedreiro até que toda a caixa seja devidamente preenchida, nivelando-se a superfície com uma régua de madeira, conforme FIG. 1 (ABCP, 2000).

Figura 1 - Dimensões da caixa de ensaio prático de triagem e uniformização do material

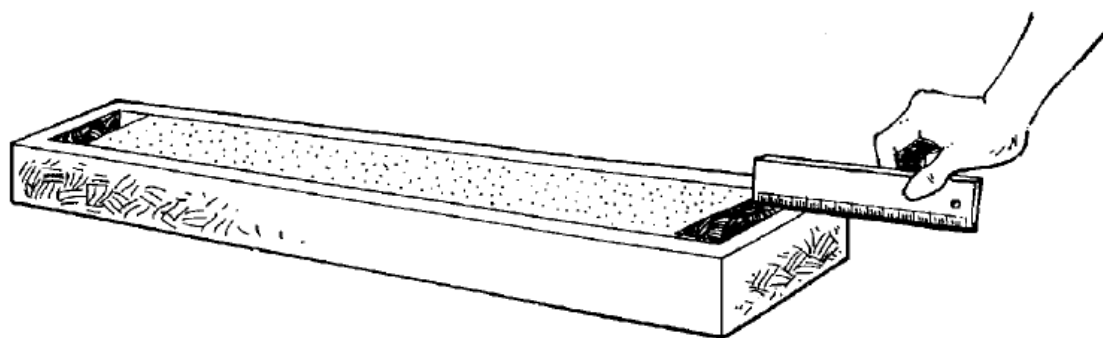


Fonte: ABCP (2000).

Ainda segundo a ABCP (2000), após a devida uniformização do material na caixa, é necessário levantá-la por aproximadamente 7 cm (quatro dedos) e deixar cair uma de suas extremidades dez vezes consecutivas, realizando-se o mesmo procedimento na outra extremidade. Feito o procedimento, guarda-se a caixa em um local livre do sol, chuva e vento por 7 dias corridos. Logo após, realiza-se a medição da retração do solo no sentido do

comprimento da caixa, conforme FIG. 2. Para a utilização do solo na confecção dos tijolos de solo-cimento, é necessário que a retração total não ultrapasse 2 cm e não apareçam trincas na amostra, caso contrário, pode adicionar-lhe areia até obter uma mistura que atenda à especificação estabelecida.

Figura 2 - Medição da retração do solo



Fonte: ABCP (2000).

5.1.2 Cimento

De acordo com a NBR 11172 (ABNT, 1990, p.1) o cimento é um “aglomerante hidráulico constituído em sua maior parte de silicatos e/ou aluminatos de cálcio.” Ainda segundo ABNT (1990, p.1), o cimento *Portland* é um “aglomerante hidráulico artificial, obtido pela moagem de clínquer *Portland*, sendo geralmente feita a adição de uma ou mais formas de sulfato de cálcio.”

O cimento *Portland* pode ser definido como um pó fino quimicamente ativo, considerado hidráulico pelo fato de que, ao entrar em contato diretamente com a água, reage formando uma pasta que, posteriormente, adquire pega e endurece (MENEZES et al., 2018). Sua resistência mecânica é obtida por uma reação exotérmica de cristalização (RIBEIRO; AGNELLI; MORELLI, 2013), o que o torna um material tanto quanto peculiar (OLIVEIRA, 2011).

Existem vários tipos de cimento *Portland* produzidos no Brasil atualmente, como o CP-I, CP-II, CP-III, CP-IV e CP-V. Depois da nomenclatura romana do tipo do cimento, vem os números que representam a resistência mínima à compressão após 28 dias de cura, como por exemplo, 25, 32 e 40 MPa, conforme TAB. 6 (ABCP, 2022).

Tabela 6 - Tipos de Cimento *Portland*

Tipos de cimento	Adições	Sigla	Utilização
Cimento Portland Comum	Escória, pozolana ou filer (até 5%)	CP I-32 CP I-S-40	Uso em construções de concreto em geral sem exposição a sulfatos do solo ou águas subterrâneas.
Cimento Portland Composto	Escória (6 – 34%) Pozolana (6 – 14%) Filer (6 – 10%)	CP II-E-32 CP II-Z-32 CP II-F-40	Recomendado para obras correntes de engenharia civil sob a forma de argamassa, concreto simples, armado e protendido e elementos pré-moldados.
Cimento Portland de Alto Forno	Escória (35 – 70%)	CP III-40	Aplicação geral na construção civil.
Cimento Portland Pozolânico	Pozolana (15 – 50%)	CP IV-32	Especialmente indicado em obras expostas à ação de água corrente e ambientes agressivos.
Cimento Portland de Alta resistência inicial	Materiais carbonáticos (até 5%)	CP V-ARI	Utilizado no preparo de concreto e argamassa em obras desde as pequenas construções até as edificações de maior porte, e em todas as aplicações que necessitem de resistência inicial elevada.
Cimento Portland Resistente aos Sulfatos	Cimento designado pela sigla RS	Ex: CP III-40 RS	Utilizado em locais onde é necessário resistência aos meios agressivos, sulfatados, como redes de esgotos de águas servidas ou industriais.

Fonte: ABCP (2022).

A utilização do cimento em tijolos ecológicos possui um objetivo simples e direto, que é ser responsável por melhorar o desempenho do material, estabilizando-o com suas funções ligantes hidráulicas (MERIEM et al., 2018). As vantagens obtidas pela sua adição ao solo permitem:

- A não deterioração do solo ao ser submerso em água;
- Ganho de resistência à compressão;
- Ganho de durabilidade pelo fato de possuir menor permeabilidade;
- Menores variações volumétricas.

A norma NBR 8491 (ABNT, 2012) estabelece que o tijolo de solo-cimento deve conter um valor médio maior ou igual a 2,0 MPa para resistência à compressão, sendo que seu valor individual não pode ser menor que 1,7 MPa.

O teor de cimento a ser utilizado na mistura do tijolo de solo-cimento está diretamente relacionado com a classificação HRB (TAB. 5) citada pela *American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO* (ABCP, 1986), conforme TAB. 7.

Tabela 7 - Teor de cimento sugerido para a compactação do tijolo de solo-cimento

Classificação HRB	Teor de cimento em massa (%)
A-1-a	5
A-1-b	6
A2	7
A3	8
A4	10
A5	10
A6	12
A7	13

Fonte: ABCP (1986).

Segundo Presa (2011), o cimento tem se tornado um material muito importante para estabilização do solo, além de protegê-lo contra a ação do intemperismo. De um modo geral, quanto maior a quantidade de argila no solo, maior deverá ser a quantidade do elemento estabilizante a fim de adquirir níveis adequados de resistência.

5.2 Elaboração do traço

Para que os tijolos apresentem características físico-químicas estabelecidas por normas, o traço volumétrico básico de cimento:solo pode ser estabelecido como 1:10 (ABCP, 2000), ressaltando-se que, conforme Salmar (2016), há a necessidade de hidratar o solo com água, uma vez que, no tijolo de solo-cimento, utiliza-se o solo com estado de consistência semissólido (friável).

Segundo a ABCP (2000), para produção em grande escala, cerca de 10.000 tijolos por dia, recomenda-se a preparação de três traços volumétricos de 1:10, 1:12 e 1:14 (cimento:solo) sendo que, para cada traço, devem ser moldados seis amostras de tijolos, das quais três amostras serão utilizadas no ensaio mecânico de ruptura à compressão e as três amostras restantes serão utilizadas no ensaio de determinação do teor de absorção de água. Após o resultado, seleciona-se a proporção que demonstra um menor consumo de cimento e que atinja os requisitos de

resistência à compressão e absorção de água, conforme estabelecido na NBR 8491 (ABNT, 2012).

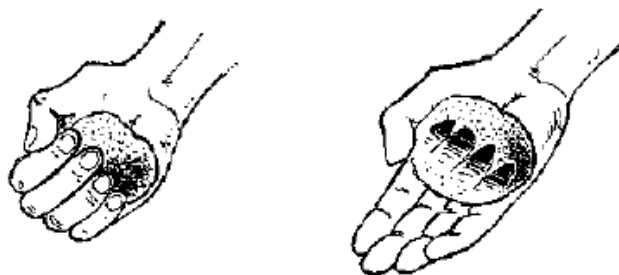
5.3 Confeção

No processo de fabricação dos tijolos de solo-cimento, o solo extraído da jazida é transportado até alguma fábrica ou depósito, devendo ser armazenado em um local de baixa umidade. Em seguida, o mesmo sofre a desagregação dos torrões e a remoção do material retido na peneira de 4,75 mm (nº 4), conforme o método estabelecido na NBR 10833 (ABNT, 2013). Após o peneiramento, o solo passante na peneira deve ser preparado para a mistura (ABCP, 2000).

ABCP (2000) e Pedral (2020) relatam que a quantia de solo e cimento deve ter volume suficiente para a fabricação dos tijolos na prensa. O procedimento utilizado para a mistura é o de forma manual, em que o solo preparado anteriormente é colocado sobre uma superfície cimentada lisa e limpa, na qual é devidamente espalhado em uma camada não superior a 20 cm de espessura. Posteriormente, o cimento é colocado sobre a camada de solo para que ambos sejam devidamente misturados, com o auxílio de pás e enxadas, até atingir uma tonalidade única. Se necessário, acrescenta-se água lentamente até obter a umidade ideal para a mistura.

Após a preparação da mistura, Salmar (2016), em conformidade com a ABCP (2000), estabelece técnicas práticas de verificação da umidade da mistura, onde a mesma é verificada por meio da coesão manifestada pela mistura fresca. A prática consiste em apanhar uma porção da mistura fresca com a mão, moldá-la em um formato arredondado e posteriormente apertá-la entre os dedos e a palma da mão, em que, ao abrir a mão, a porção da mistura deverá ter a marca deixada pelos dedos. Caso o que foi descrito não aconteça, significa que a mistura está muito seca, sendo necessário adicionar mais água na mistura e repetir a técnica novamente até que a marca dos dedos se forme perfeitamente, conforme FIG. 3.

Figura 3 - 1ª verificação da umidade da mistura



Fonte: ABCP (2000).

Ainda segundo os autores supracitados, outra técnica estabelecida para a verificação da umidade da mistura corresponde em apanhar uma porção da mistura fresca com a mão, moldá-la em um formato arredondado e posteriormente deixá-la cair de uma altura de aproximadamente 1 m sobre uma superfície rígida (FIG. 4), onde a mesma deverá se desfazer em vários pedaços (FIG. 5), indicando que a mistura se encontra com uma umidade ótima (SALMAR, 2016; ABCP, 2000).

Figura 4 - 2ª verificação da umidade da mistura – queda sobre a superfície



Fonte: ABCP (2000).

Figura 5 - 2ª verificação da umidade da mistura – destorroamento



Fonte: Salmar (2016).

No entanto, ao deixar a porção cair e a mesma não se desfazer, significa que a mistura possui água em excesso e deverá ser acrescentada uma nova medida de solo e cimento até atingir a umidade ótima, conforme FIG. 6 (JORDAN et al., 2019).

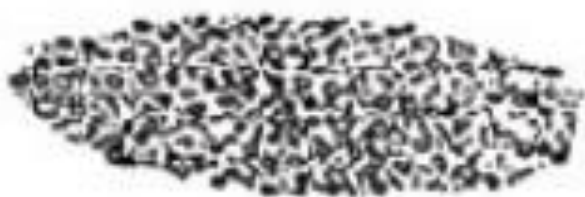
Figura 6 - 2ª verificação da umidade da mistura – água em excesso



Fonte: Salmar (2016).

Por outro lado, ao deixar a porção cair e a mesma se desfazer por completo, significa que a mistura possui água insuficiente, devendo ser acrescentado água até alcançar a umidade ótima, conforme FIG. 7 (ABCP, 2000; SALMAR, 2016).

Figura 7 - 2ª Verificação da umidade da mistura – Água insuficiente



Fonte: Salmar (2016).

No processo de fabricação dos tijolos de solo-cimento, os mesmos precisam ser compactados, ou seja, aplicam-se cargas em suas partículas, reduzindo os espaços vazios preenchidos por ar presente no solo. A compactação é necessária pois, quanto menos vazios no solo, melhor será sua interação com o aglomerante, isto é, sua resistência aumenta resultando em um melhor desempenho físico-mecânico (MILANI; FREIRE, 2006).

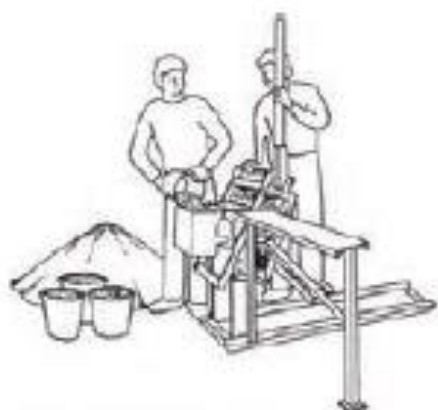
Costa et al. (2018) relatam que, para a fabricação dos tijolos de solo-cimento, é utilizada uma prensa hidráulica, aplicando cargas significativas na mistura do tijolo até que o mesmo adquira características físico-mecânicas semelhantes aos tijolos convencionais.

Logo após a realização dos testes de verificação da umidade da mistura, a mesma se encontra em um estado ideal para ser moldada na prensa hidráulica. Porém, antes da inserção da mistura na prensa, é necessário realizar uma regulagem na prensa com o intuito de se obterem as dimensões adequadas para a fabricação dos tijolos com o adensamento apropriado (BEUTLER, 2017).

Na fase de regulagem, recomenda-se que alguns tijolos sejam feitos com o objetivo de se obter uma melhor exatidão ao regular as dimensões adequadas para os tijolos. Desse modo, os tijolos que se apresentarem fora do padrão especificado poderão ser destorroados e reaproveitados para uma nova prensagem (ABCP, 2000; SALMAR, 2016).

Posteriormente à regulagem da prensa, coloca-se a mesma quantidade de mistura dentro dos moldes para todos os tijolos a serem fabricados, conforme FIG. 8 (SILVA, 2016).

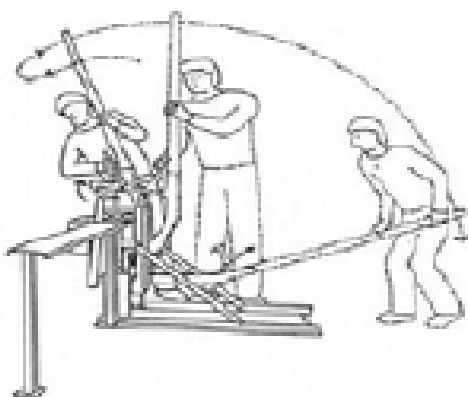
Figura 8 - Inserção da mistura nos moldes da prensa hidráulica



Fonte: Salmar (2016).

Em seguida, realiza-se a prensagem manual, conforme FIG. 9 (SILVA, 2016).

Figura 9 - Prensagem manual dos moldes na prensa hidráulica



Fonte: Salmar (2016).

E logo após, é feita a remoção dos tijolos produzidos na prensa, onde os mesmos devem ser retirados com cuidado, evitando a quebra de suas arestas, e transportados em bandejas para

uma área onde deverão ser colocados à sombra, em uma superfície plana e empilhados até uma altura máxima de 1,5 m para que os mesmos passem pelo processo de cura (SILVA, 2016).

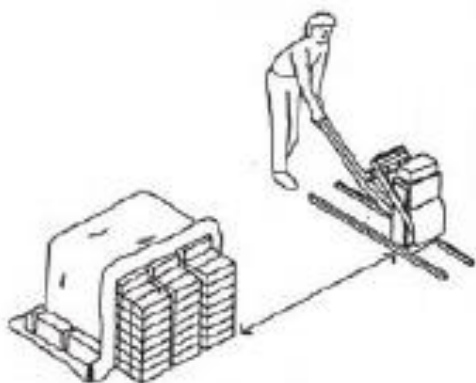
Caso o solo utilizado na mistura seja muito arenoso e não for possível empilhar os tijolos após a confecção, pode-se deixá-los na bandeja e realizar o empilhamento no dia seguinte (ABCP, 2000; SALMAR, 2016).

5.4 Cura

Campos, Nascimento Junior e Brito (2019) apresentam duas maneiras de realizar a cura do tijolo, sendo elas seca e úmida. A cura seca consiste em armazenar os tijolos em um local úmido e exercer sobre eles irrigações sucessivas após as primeiras 6 horas de moldados e por, pelo menos, 7 dias, de modo que o cimento presente na mistura possa ser hidratado (ABCP, 2000; SALMAR, 2016). A água utilizada na mistura de fabricação dos tijolos de solo-cimento apresenta-se em baixas proporções, devido a isso, os tijolos devem permanecer em um ambiente úmido e impossibilitar a evaporação da água dos tijolos, por isso a necessidade de irrigações sucessivas. Cessadas as irrigações, é necessário que os tijolos sejam armazenados em um ambiente seco por no mínimo 2 semanas (CAMPOS; NASCIMENTO JUNIOR; BRITO, 2019).

Já a cura úmida consiste em colocar os tijolos frescos próximos da prensa e realizar o cobrimento dos mesmos com uma lona plástica e, à medida que a pilha avança, desenrola-se a lona, conforme FIG. 10 (ABCP, 2000; SALMAR, 2016).

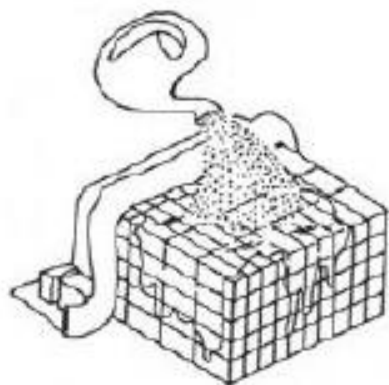
Figura 10 - Cura úmida: empilhamento e cobrimento dos tijolos



Fonte: Salmar (2016).

Em locais cujo o ambiente seja muito seco, é necessário retirar a lona e realizar a irrigação de vez em quando, conforme FIG. 11 (ABCP, 2000; SALMAR, 2016).

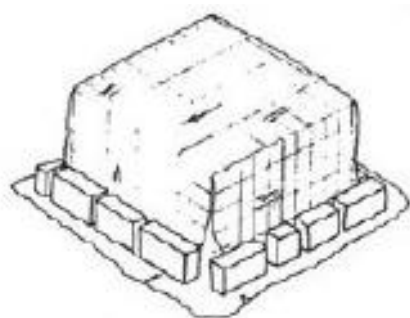
Figura 11 - Cura úmida: irrigação dos tijolos



Fonte: Salmar (2016).

Em seguida, executa-se o cobrimento imediatamente com a lona e assegura-se que não ocorra a entrada de ar, conforme FIG. 12 (ABCP, 2000; SALMAR, 2016).

Figura 12 - Cura úmida: cobrimento sem infiltração de ar



Fonte: Salmar (2016).

Os tijolos devem estar abrigados do sol e do vento, impossibilitando sua secagem rápida, e já no terceiro dia, os mesmos podem ser transportados para um local distante da prensa, porém a cura úmida deve continuar por mais 7 dias (PINTO, 2016).

Os tijolos de solo-cimento necessitam de 28 dias para sua cura total, sendo mais sensato utilizar os tijolos após este período (FERNANDES JUNIOR, 2017). É conveniente verificar a qualidade dos tijolos antes e após sua cura completa. Para tanto, 5 de cada 100 tijolos prensados devem ser submetidos a ensaios característicos estabelecidos pela NBR 6457 (ABNT, 2016d).

Para um melhor controle dos lotes, recomenda-se fazer pilhas com o equivalente a um dia de produção e marcar de modo explícito a data de produção, objetivando um melhor controle do tempo de cura úmida (ABCP, 2000; SALMAR, 2016).

Transcorrida a cura completa, seja seca ou úmida, o tijolo ecológico (de solo-cimento) está pronto para ser usado, apresentando, assim como qualquer outro material de construção, vantagens e desvantagens que precisam ser analisadas e consideradas para fins de projeto.

6 USO DO TIJOLO ECOLÓGICO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: VANTAGENS E DESVANTAGENS

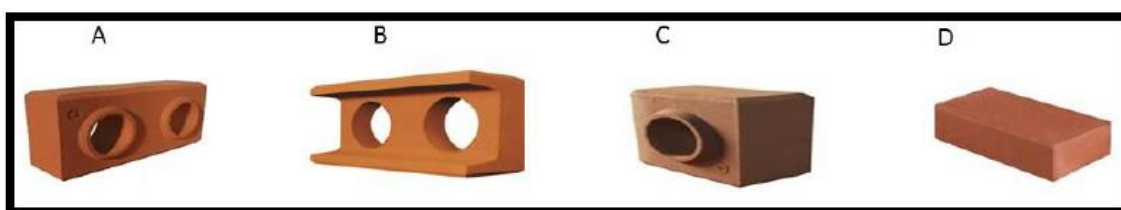
6.1 Vantagens

Todo material físico encontrado na natureza ou criado pelo homem possui características e propriedades únicas que proporcionam ao ser humano certos benefícios, assim como algumas desvantagens. Com o tijolo de solo-cimento não é diferente.

Fiais et al (2017) relatam que sua resistência à compressão é semelhante à do tijolo tradicional, porém sua qualidade final é melhor devido às suas dimensões regulares e faces planas.

Portela e Amaral (2019) descrevem que suas proporções são variáveis e que podem ser encontrados com dimensões de 25 cm de comprimento, 12,5 cm de largura e 7 cm de altura, possuindo forma de maciços com 2 furos, canaletas com 2 furos, o meio maciço com 1 furo e o totalmente maciço, conforme FIG. 13, sendo que o tijolo com 2 furos é o mais utilizado para paredes e o meio maciço com 1 furo é bastante utilizado para correção de paredes sem a necessidade da quebra do tijolo com 2 furos. Seus furos possuem um determinado diâmetro e saliência, permitindo um bom encaixe entre os tijolos, o que garante um auto alinhamento na construção da alvenaria.

Figura 13 - Modelos de tijolos de solo-cimento



Nota: A - maciço com 2 furos; B - canaleta com 2 furos; C - meio maciço com 1 furo; D - totalmente maciço.
Fonte: Sousa e Barbosa (2017).

Por ser de encaixe, o tijolo modular de solo-cimento proporciona maior agilidade na execução da construção, devido ao seu intertravamento, e uma menor quantidade de material utilizado em relação à alvenaria de tijolo cerâmico convencional (SILVA et al., 2021).

Conforme Sousa e Barbosa (2017), em seu processo produtivo são utilizados equipamentos e maquinários de baixo custo e de pequeno porte, que não precisam de mão de obra qualificada e permitem fácil processo de fabricação, com produção de um quantitativo

considerável em poucas horas de trabalho. Adicionalmente, os tijolos ecológicos não passam pelo processo de cozimento convencional, sendo uma atividade que poupa o meio ambiente, não liberando o gás carbônico (CO_2) que é um gás de efeito estufa e contribui para o aquecimento global (PORTELA; AMARAL, 2019).

O tijolo de solo-cimento, por ser maciço, pode ser utilizado de maneira aparente sem a necessidade de se aplicar na alvenaria as camadas de revestimentos (chapisco, emboço e reboco), sendo necessária somente a impermeabilização das paredes, o que proporciona um aspecto visual satisfatório ao acabamento, conforme FIG. 14 (FIAIS et al., 2017), reduzindo expressivamente o custo da alvenaria.

Figura 14 - Alvenaria de tijolo de solo-cimento com acabamento aparente



Fonte: Portal Virtuhab (2022).

Outro aspecto positivo relacionado ao uso de tijolos ecológicos na construção civil é a possibilidade de se controlar perdas, pois a alvenaria modular evita o desperdício, sendo assim, o material pode ser triturado e moldado novamente, não produzindo entulhos (PORTELA; AMARAL, 2019).

Na execução de pilares, em uma construção de tijolo de solo-cimento, pode-se diminuir, ou até mesmo eliminar, o uso de madeira para a realização de formas. Isso ocorre devido à execução das vigas e pilares serem feitos dentro do próprio tijolo, através de seus furos e valas, distribuindo melhor o peso sobre as paredes. Ademais, toda a instalação elétrica e hidráulica é executada por meio dos furos dos tijolos, agilizando o processo construtivo, como pode ser visualizado na FIG. 15 (FIAIS et al., 2017).

Figura 15 - Execução de vigas, pilares e passagem de tubulações hidráulicas e elétricas em tijolos de solo-cimento.



Fonte: Blog Solo-Cimento (2013).

Ao ser executada a alvenaria, são formadas câmaras de ar dentro dos furos presentes nos tijolos, possibilitando o isolamento acústico da edificação. Os tijolos ecológicos viabilizam também um isolamento térmico, devido às câmaras de ar formadas e às propriedades naturais do solo presente no tijolo, fazendo com que, nos dias mais quentes, o ambiente interno permaneça com uma temperatura inferior e, em dias mais frios, o ambiente interno permaneça com uma temperatura superior, conforme FIG. 16 (MOTTA et al., 2014).

Figura 16 - Isolamento Termoacústico



Fonte: Fiais et al. (2017).

Outra vantagem da alvenaria em tijolo de solo-cimento é proporcionar uma economia de concreto, aço e revestimento. Devido à alvenaria de tijolo de solo-cimento ser estrutural, os pilares e vigas são feitos dentro dos furos dos tijolos, não sendo necessária a realização de

elementos de concreto armado, além de ser possível a execução da alvenaria de tijolo de solo-cimento sem a necessidade de utilizar chapisco, emboço e reboco, podendo ser totalmente aparente. A esse respeito, Portela e Amaral (2019) compararam os custos da alvenaria de tijolo convencional com a alvenaria de tijolo ecológico, encontrando os valores de R\$226,47 e R\$105,34, respectivamente, por metro quadrado de alvenaria.

A alvenaria de tijolo convencional é composta por tijolo cerâmico, cintamento, chapisco, reboco, emassamento e pintura, enquanto a alvenaria aparente de tijolo ecológico é composta por tijolo de solo-cimento, aplicação de impermeabilizante e aplicação de verniz. Ou seja, há a necessidade da realização de mais serviços, com o uso de mais materiais para realização da alvenaria com tijolo convencional em comparação com a alvenaria aparente em tijolo ecológico, o que justifica a diferença nos custos apresentados anteriormente, evidenciando a vantagem econômica da alvenaria aparente em tijolos de solo-cimento.

Por fim, tem-se ainda a vantagem de o assentamento de azulejos em áreas molhadas poder ser executado direto sobre a alvenaria de tijolo de solo-cimento, sem a necessidade da aplicação de emboço ou reboco (MILANI; DIAS, 2018).

6.2 Desvantagens

Apesar de todas as vantagens já apresentadas, Portela e Amaral (2019) descrevem alguns problemas em relação aos tijolos de solo-cimento, problemas estes identificados, possivelmente, pela má execução da alvenaria e devido às características do tijolo.

O tijolo de solo-cimento absorve bastante umidade, precisando de uma maior atenção em sua impermeabilização, o que pode ocasionar um maior custo da obra (HEISE, 2004). O uso incorreto das técnicas construtivas de impermeabilização da alvenaria pode ocasionar uma série de manifestações patológicas na edificação (PORTELA; AMARAL, 2019).

Outra questão é que a alvenaria possui grandes limitações quanto a reformas e novas construções por tratar-se de uma construção estrutural, o que aumentaria o risco de fissuras e acarretando até em perda de resistência em sua estrutura (HEISE, 2004). As manutenções e reparos em paredes de tijolos aparentes ficam evidentes, sendo necessário encontrar tijolos com tonalidades semelhantes aos existentes para repor os danificados, algo que não é tão simples (FIAIS et al., 2017). Além disso, Portela e Amaral (2019) citam também a possibilidade de haver insetos e pequenos roedores nos furos dos tijolos em locais desprotegidos.

A falta de padronização entre os fabricantes de tijolos de solo-cimento pode significar uma desvantagem também devido à não uniformidade entre modelos semelhantes no mercado (HEISE, 2004).

De acordo com Fiais et al (2017), outra grande desvantagem é seu peso próprio elevado, inviabilizando edificações de grande porte por necessitar de fundações mais caras. Consequentemente, grandes vãos e vigas em balanço devem ser evitados.

Em relação aos projetos hidráulicos e elétricos, os mesmos precisam de uma atenção maior em possíveis manutenções e eventuais ampliações, evitando-se sempre que possível, mudanças de tomadas, interruptores, torneiras, registros e outros, impedindo a ocorrência de quebras e reparos futuros (VIEIRA; TAVARES, 2019).

Por ser um tijolo muito poroso, uma vez manchado, manchado para sempre, além de apresentar baixa resistência a impactos, principalmente em quinas e cantos (FIAIS et al., 2017).

Apesar de todas as limitações aqui apresentadas, as vantagens predominam sobre as desvantagens, principalmente quando se trata da utilização dos tijolos ecológicos em alvenaria aparente. Sendo assim, conhecer as técnicas construtivas para esse tipo de alvenaria com esse tipo de tijolo, faz-se importante para a redução das limitações apresentadas.

7 TÉCNICAS CONSTRUTIVAS DE ALVENARIA APARENTE COM A UTILIZAÇÃO DO TIJOLO DE SOLO-CIMENTO

7.1 Projetos

Conforme Sousa e Barbosa (2017), as construções de edificações com a utilização de tijolos de solo-cimento apresentam algumas particularidades de projeto, devido ao método construtivo usado para a execução da obra. Sendo assim, além das plantas comumente elaboradas para alvenaria com tijolo convencional (planta baixa e planta de paginação), é necessária a elaboração de mais quatro plantas de projeto, sendo elas: planta baldrame, planta de modulação, planta de independência de paredes e planta de aberturas e grautes⁶ dos tijolos.

A planta baldrame é um projeto onde é possível identificar as vigas baldrame, cujas medidas devem estar de acordo com as medidas impostas pelos tijolos, conforme FIG. 17 (DINIZ, 2017).

A planta de modulação é um projeto onde se pode identificar o posicionamento exato onde cada tijolo será assentado, dando ênfase na primeira fiada que irá servir de orientação ao colaborador que construirá a parede, conforme FIG. 18 (SOUSA; BARBOSA, 2017).

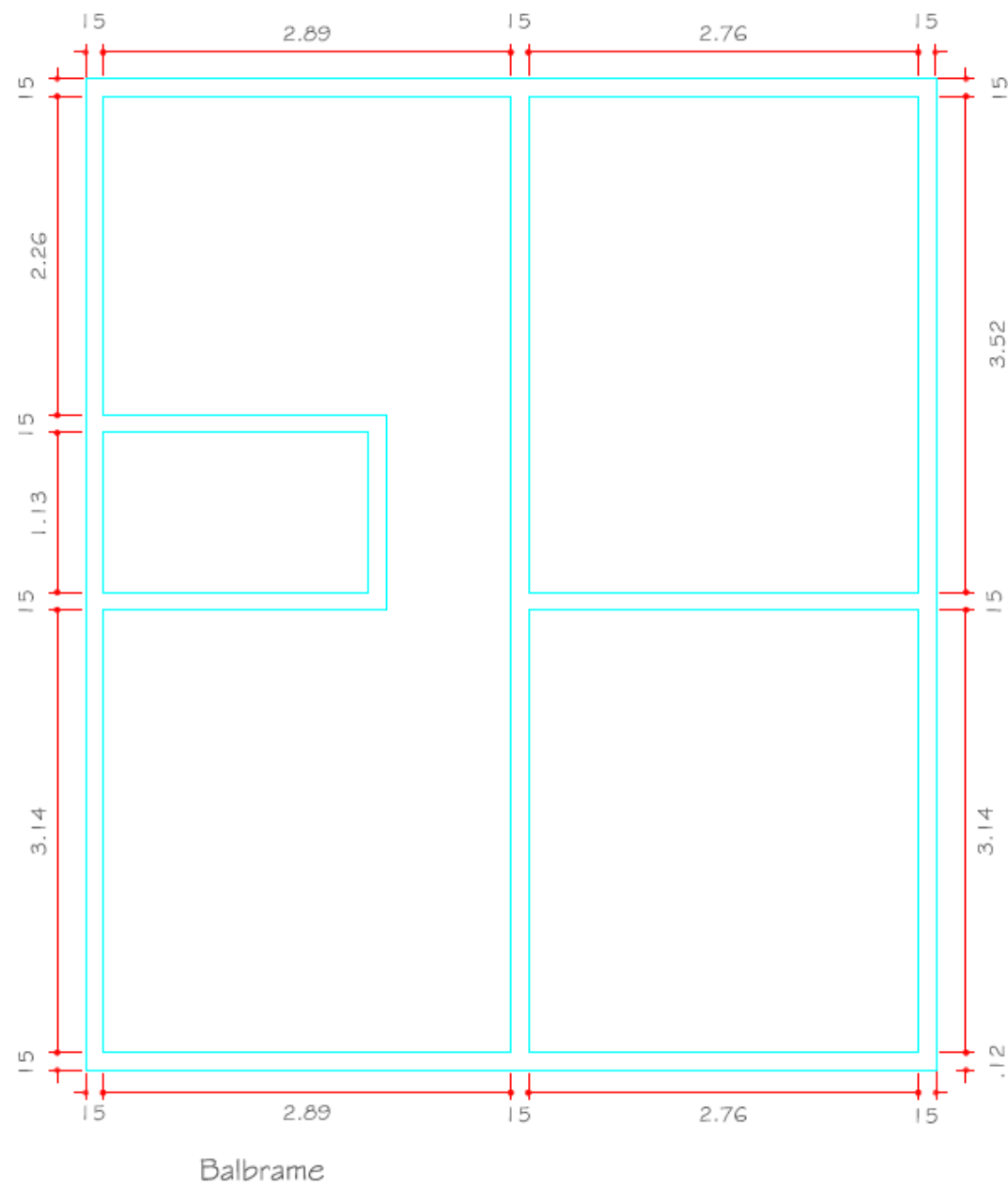
A planta de independência de paredes é responsável pelo aspecto estético padrão do tijolo à vista, ou seja, sua paginação, conforme FIG. 19 (COSTA; TIBA, 2017).

E por fim, a planta de grautes e aberturas mostra a localização de ancoragem dos vergalhões de aço que são instalados em pontos específicos, onde farão o trabalho de pilares e vigas, além de orientar também o posicionamento das portas e janelas de acordo com a modulação, conforme FIG. 20 (SOUSA; BARBOSA, 2017).

As esquadrias são fabricadas em dimensões divisíveis pelo tamanho do tijolo com o intuito de não haver diferença de tamanhos entre a abertura e o espaço disponível para a instalação dos tijolos, conforme FIG. 21 (OLIVEIRA; SILVA, 2018).

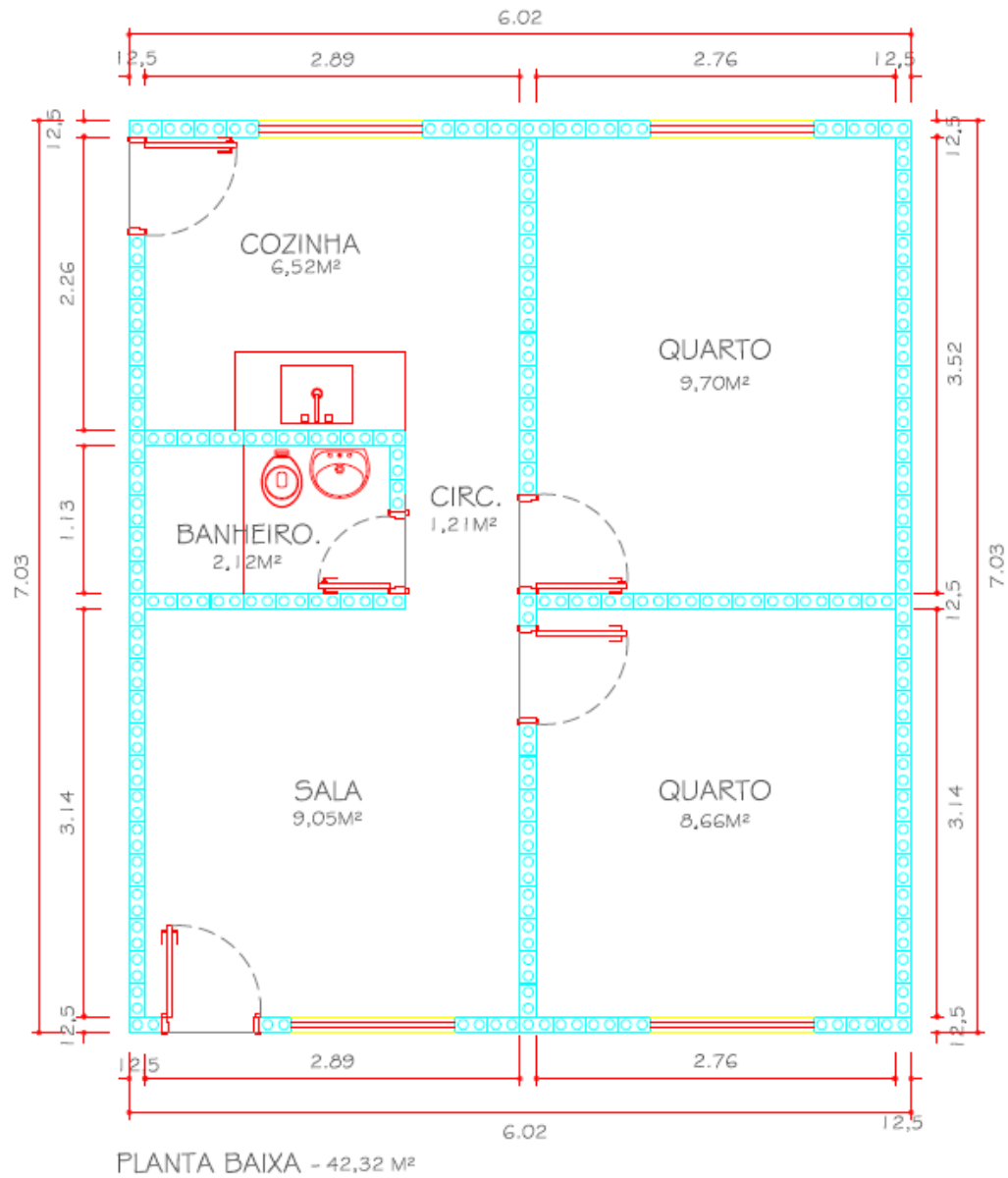
⁶ Graute – Definido como um microconcreto, cujos agregados possuem dimensões pequenas, não ultrapassando 9,5 mm. Possui alta fluidez, permitindo o preenchimento completo dos furos dos tijolos sem que haja segregação.

Figura 17 - Planta Baldrame



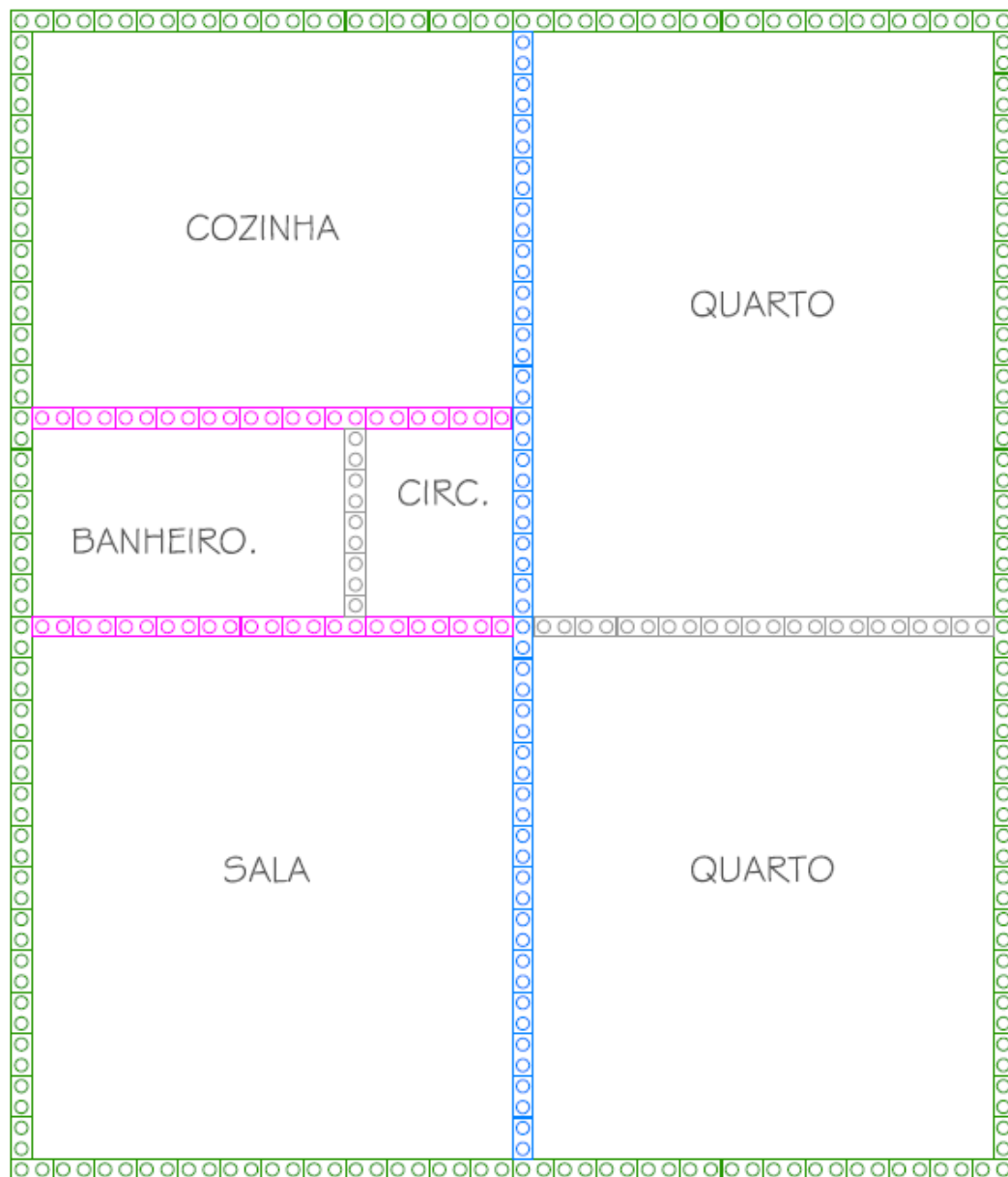
Fonte: Eco Produção (2022).

Figura 18 - Planta de modulação ou primeira fiada



Fonte: Eco Produção (2022).

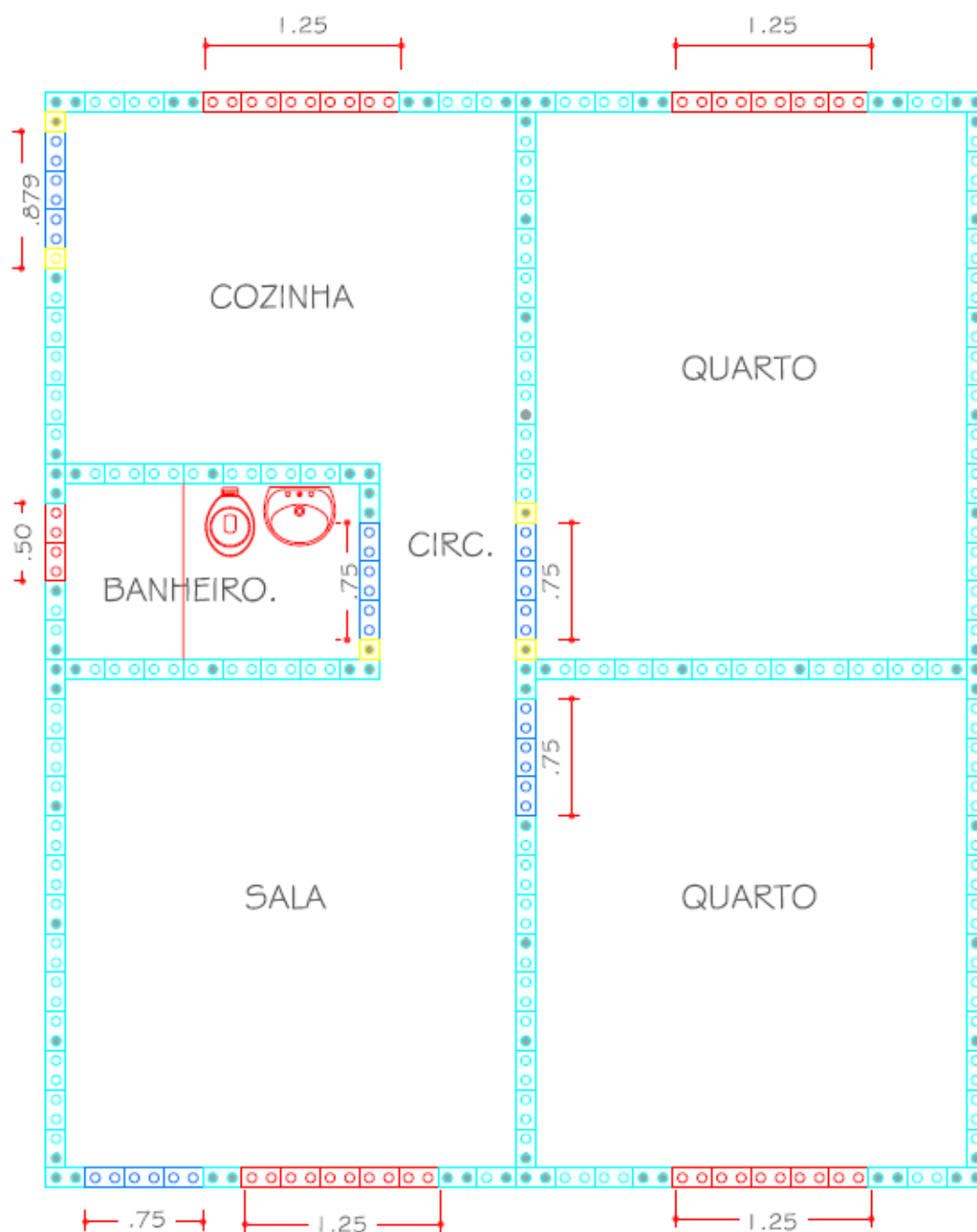
Figura 19 - Planta de independência de paredes



Independência de Paredes

Fonte: Eco Produção (2022).

Figura 20 - Planta de Localização de grautes e aberturas (janelas e portas)



Grautes e Aberturas

OS TIJOLOS NA COR AZUL REPRESENTAM AS PORTAS E OS VERMELHOS AS JANELAS, ESTES DEVERÃO SER COLOCADOS APENAS COMO GALGA, SENDO RETIRADOS ANTES DO ASSENTAMENTO.
OS AMARELOS SÃO MEIOS TIJOLOS, QUE ESTARÃO NAS PORTAS E INICIO DE PAREDES.

Figura 21 - Legenda de grautes e pilares



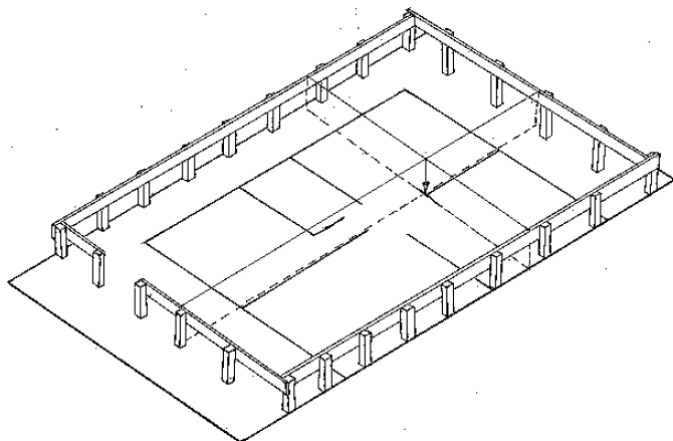
Fonte: Oliveira e Silva (2018).

7.2 Locação da obra

De acordo com Buson (2007), a elaboração de uma planta de locação é indispensável em qualquer obra, pois é responsável por direcionar e informar o local exato da execução das fundações, vigas, pilares e paredes da edificação, ou seja, todas as dimensões, afastamentos, distâncias entre paredes e limites do terreno, utilizando-se, como meio de locação, o gabarito.

Ainda segundo o autor supracitado, o gabarito consiste em uma marcação realizada dentro do terreno, feita com estacas, tábuas de madeira e linhas de pedreiro ao redor de onde a edificação será construída, trabalhando sempre com referências cruzadas para identificar pontos relevantes para a obra, como fundação e vigas baldrame, conforme ilustra a FIG. 22.

Figura 22 - Execução de gabarito



Fonte: Buson (2007).

7.3 Fundação e assentamento do contrapiso

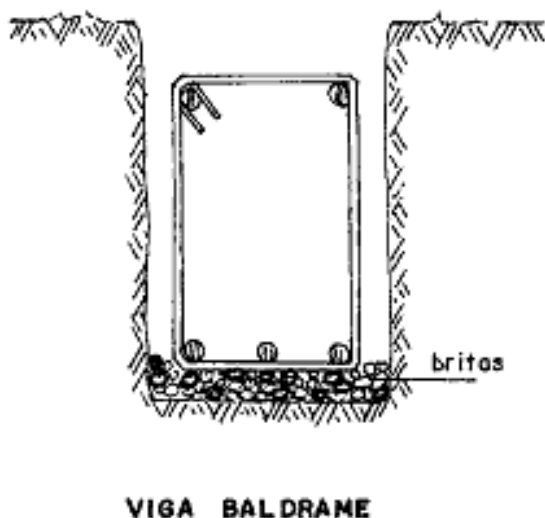
Oliveira e Silva (2018) relatam que a fundação é inicialmente executada através da locação da obra, de acordo com a planta de locação projetada, logo, realiza-se a colocação dos gabaritos juntamente com as linhas de nylon para a demarcação da fundação.

Com a utilização do tijolo de solo-cimento, as fundações podem ser do tipo radier ou viga baldrame, sendo possível o acréscimo de estacas e sapatas isoladas (RODRÍGUEZ-DIAS et al., 2014). Se a fundação não for do tipo radier, é recomendada a execução da base de concreto do contrapiso em conjunto com seu nivelamento para que os tijolos fiquem próximos dos pedreiros na hora da execução (PEDRAL, 2020).

Inicia-se o processo de escavação da fundação a partir do terreno limpo, nivelado e gabaritado, respeitando de maneira fiel as demarcações estabelecidas em projeto. Após a escavação, é necessário aplicar uma camada de lastro de brita compactada (ou concreto magro ou lona) sob a área escavada para proteger a fundação de uma possível manifestação patológica envolvendo o contato direto do elemento estrutural de concreto com o solo, conforme a FIG. 23 (PORTELA; AMARAL, 2019).

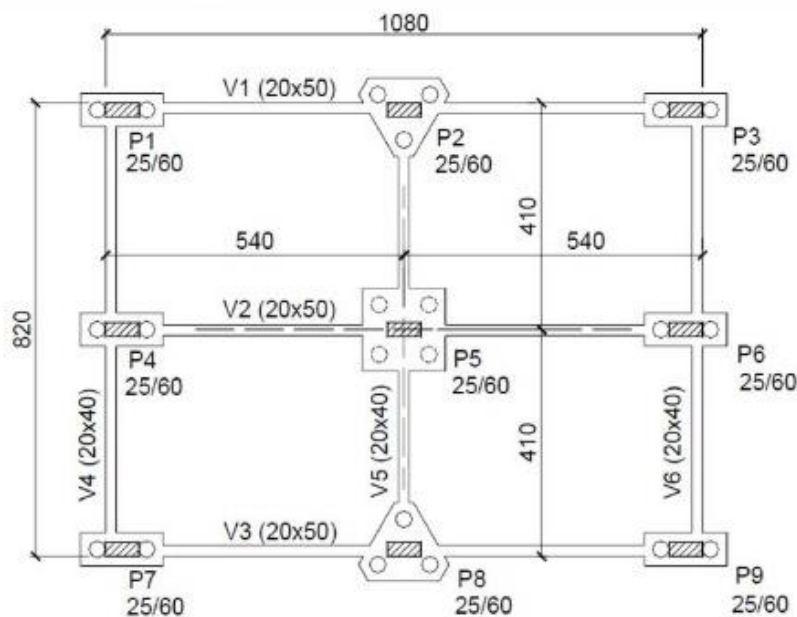
Posteriormente, utilizam-se estruturas de madeira provisórias (caixarias ou formas) para a execução da concretagem dos elementos estruturais da edificação, para que, dessa forma, não aconteçam vazamentos, conforme FIG. 24 (PEDRAL, 2020).

Figura 23 - Representação do lastro de brita



Fonte: Construção Civil (2012).

Figura 24 - Gabarito para execução das escavações e das fôrmas



Fonte: Guidi e Gavini (2019).

Portanto, é necessário que as formas estejam devidamente fixadas, respeitando os espaçamentos da camada de cobertura do concreto sob a armadura e adequar suas localizações de projeto com o intuito de manter sua posição em relação ao projeto (PEDRAL, 2020).

Em seguida, com todas as formas e armaduras fixadas e posicionadas, realiza-se o lançamento de concreto (sendo ele pastoso e homogêneo) nas estruturas de madeira provisórias,

respeitando-se o processo de cura do concreto das fundações que varia entre 7 a 28 dias. Posteriormente ao lançamento do concreto, fixam-se os vergalhões de aço na fundação, com base no posicionamento estabelecido em projeto, sendo estes chumbados na fundação ou viga baldrame com a aplicação de grautes, conforme FIG. 25 (PORTELA; AMARAL, 2019).

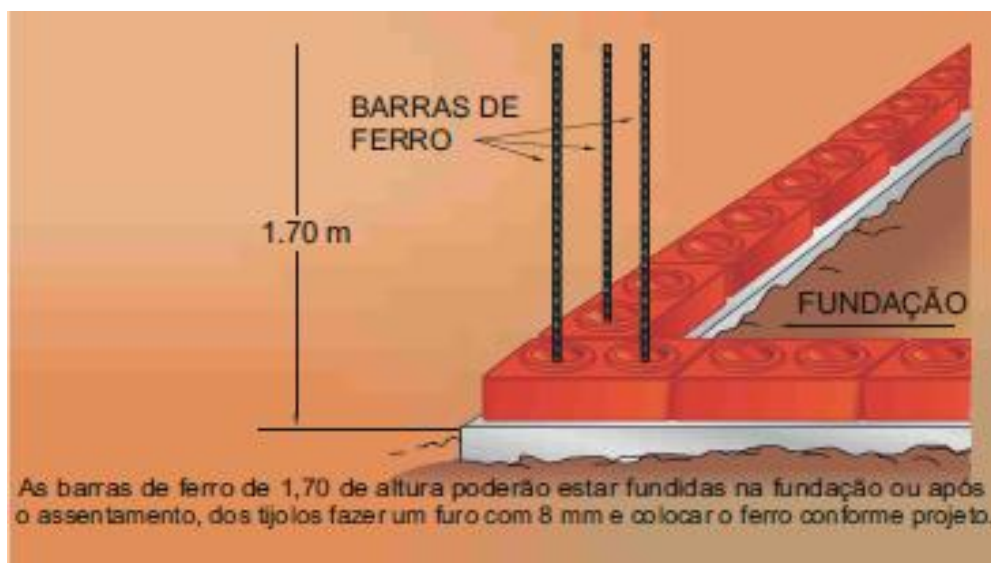
Figura 25 - Fixação dos vergalhões de aço na fundação



Fonte: Eco Produção (2020).

Os vergalhões devem ter uma altura de 1,70 m com relação ao radier ou à viga baldrame e seus furos deverão ser posicionados conforme projeto, de acordo com a FIG 26. Os vergalhões serão as armaduras dos pilares da edificação em tijolo de solo-cimento, pilares estes que ficarão embutidos na alvenaria (PEDRAL, 2020).

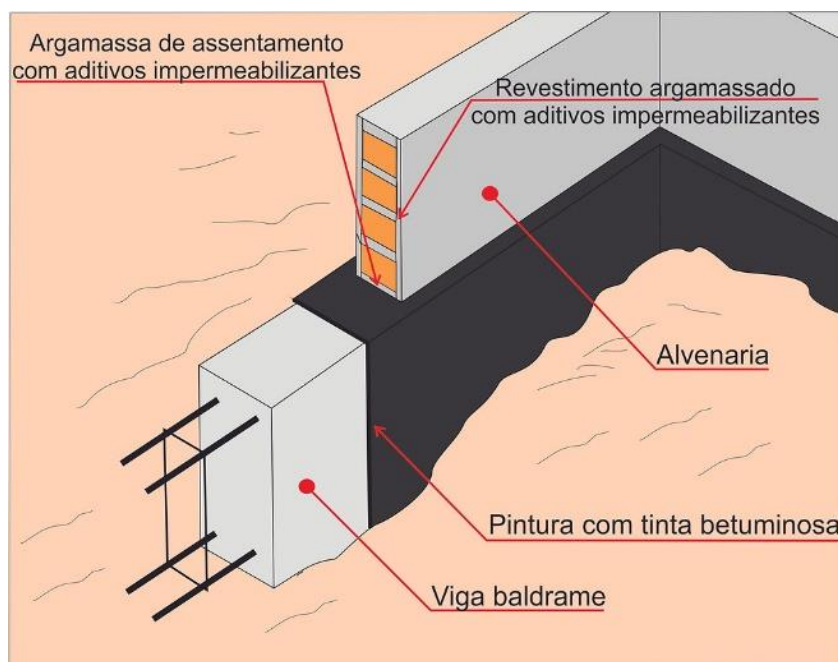
Figura 26 - Altura dos vergalhões de aço em relação a sua fixação



Fonte: Eco Produção (2020).

Após a realização da fundação, da viga baldrame (se houver) e a fixação dos vergalhões de aço, é necessário realizar a impermeabilização desses elementos para que não ocorram manifestações patológicas relacionadas com a umidade do solo nos elementos estruturais, ou seja, a impermeabilização da fundação e da viga baldrame é essencial para a vida útil da estrutura da edificação. Desse modo, a impermeabilização deve ser feita nas laterais e na parte superior dos elementos, uma vez que não se consegue impermeabilizar a parte de baixo do elemento e, devido a esse empecilho, é que se utiliza o lastro de brita compactada antes da execução dos elementos, conforme FIG. 27 (BUSON, 2007).

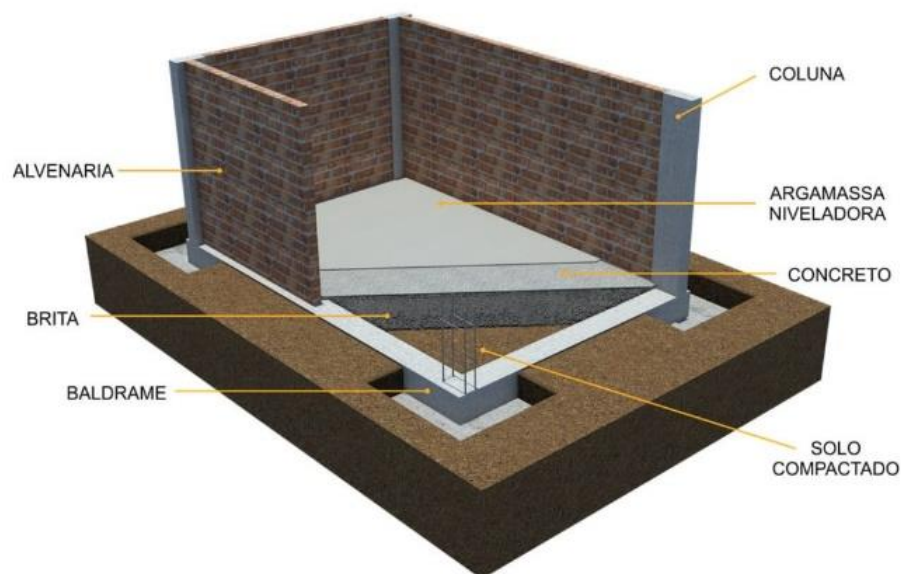
Figura 27 - Impermeabilização dos elementos estruturais



Fonte: JM Engenharia Diagnóstica (2020).

Por fim, antes de iniciar a alvenaria, é necessário realizar a regularização e compactação do solo para a base de concreto que receberá o contrapiso (para edificação cuja fundação não seja do tipo radier). A regularização é feita através da adição de solo e compactação por meio de soquetes. Após a regularização, é colocada uma camada de brita que protegerá o piso da edificação contra possíveis manifestações patológicas advindas da umidade e, após a camada de brita, realiza-se a base para o contrapiso em concreto, conforme a FIG. 28. A realização da base de concreto do contrapiso tem por objetivo manter o nível da edificação, proteger os materiais contra umidade do solo e possibilitar que os tijolos fiquem mais próximos dos pedreiros e do local de assentamento (PEDRAL, 2020).

Figura 28 - Execução da base de concreto do contrapiso



Fonte: Construindo Casas (2021).

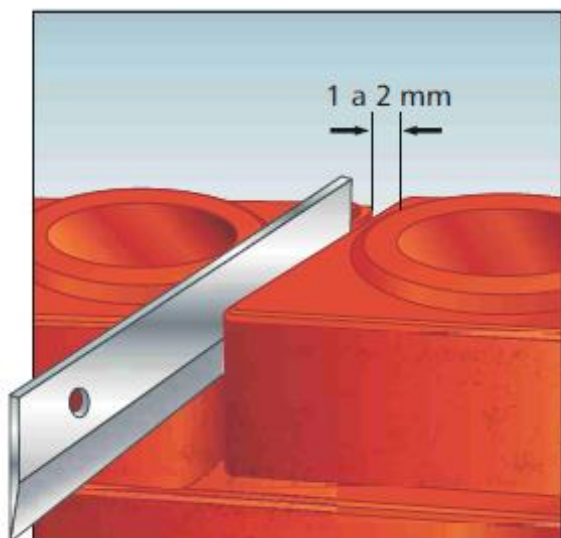
7.4 Assentamento da alvenaria

Uma vez executada a base de concreto para o contrapiso, inicia-se o assentamento da primeira fiada de tijolos de solo-cimento. Primeiramente, é necessário aplicar uma camada de argamassa forte convencional com aditivo impermeabilizante, composta por areia, cimento, aditivo e água, a fim de proteger os tijolos. É importante evidenciar que as primeiras fiadas sejam bem niveladas, visto que elas são as responsáveis por definir uma boa precisão de esquadro e prumo das paredes da edificação (ECO PRODUÇÃO, 2020).

O assentamento da primeira fiada de tijolos deverá ser de acordo com a planta de modulação, a qual informa como os tijolos devem ser colocados. À medida em que os tijolos vão sendo assentados, é necessária a preservação de uma distância de 1 a 2 mm (espessura de uma régua) entre um tijolo e outro, conforme FIG. 29 (MOTA, 2021).

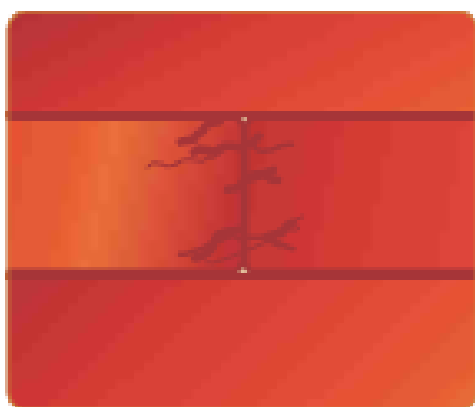
Com esse espaçamento evitam-se pequenas fissuras ou rachaduras entre os tijolos provocadas pela diferença de temperatura (retração ou dilatação), conforme FIG. 30, sendo que essas pequenas aberturas entre os tijolos serão cobertas por rejunte. Caso ocorra alguma retração ou dilatação, essas fissuras ocorrerão no rejunte que poderá ser facilmente trocado (BUSON, 2007).

Figura 29 - Espaçamento para dilatação entre tijolos



Fonte: Eco Produção (2020).

Figura 30 - Fissuras ocasionadas pela diferença de temperatura

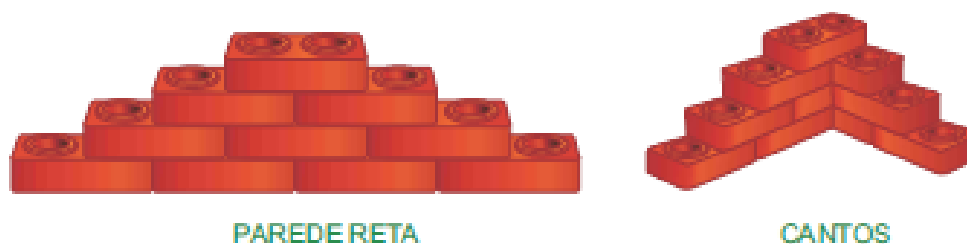


Fonte: Eco Produção (2020).

A partir da primeira fiada, as próximas serão devidamente executadas e devem estar de acordo com a planta de independência entre paredes. É importante destacar um maior cuidado no nivelamento dos cantos e na junção entre paredes perpendiculares, visto que os mesmos devem estar devidamente no esquadro, conforme FIG. 31 (ECO PRODUÇÃO, 2020).

O encaixe entre os tijolos de solo-cimento pode acontecer por meio da aplicação de finas camadas de cola branca ou de argamassa polimérica ou de argamassa convencional, que são aplicadas utilizando uma bisnaga com bico dosador, conforme FIG. 32. Essas camadas servem para consertar as possíveis irregularidades dos tijolos e, principalmente, para fixar um tijolo no outro. Além disso, as fiadas da alvenaria devem ser assentadas de 50 em 50 cm, devido à necessidade de concretar as colunas (grautes) no local onde foi fixado os vergalhões de aço (PEDRAL, 2020).

Figura 31 - Modulação e nivelamento dos tijolos ecológicos



Fonte: Eco Produção (2020).

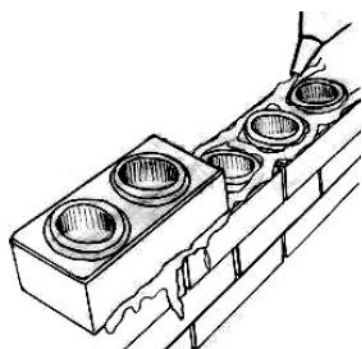
Figura 32 - Assentamento dos tijolos com bisnaga preenchida por cola branca ou argamassa



Fonte: Eco Produção (2020).

Desse modo, a espessura da argamassa de assentamento não deve possuir variações consideráveis, visto que pode prejudicar a estabilidade das paredes, provocando fissuras e promovendo um aspecto desalinhado aos tijolos. Ainda vale ressaltar que o excesso de argamassa ou cola branca resulta em um significativo desperdício de material, além do exagero poder ocasionar manchas permanentes nos tijolos, o que pode atrapalhar sua estética na alvenaria aparente, conforme FIG 33 (BUSON, 2007).

Figura 33 - Excesso de argamassa ou cola de assentamento



Fonte: Buson (2007).

7.5 Pilares e grampos

Os tijolos de solo-cimento não são estruturais, ou seja, para estabilizar suas alvenarias é necessária a adição de pilares que distribuirão as cargas da edificação (CORRAL, 2008). Quando a edificação possuir um ou dois pavimentos, pode-se utilizar o próprio tijolo como fôrma para os pilares. Desse modo os pilares ficarão embutidos na alvenaria. Os pilares de sustentação para edificações de um e dois pavimentos devem estar alocados, no máximo, a cada 1,0 m e a cada 80 cm, respectivamente, conforme a planta de localização dos grautes (BUSON, 2007).

Em todos os cantos ou encontro de paredes, recomenda-se ter, no mínimo, de dois a três pilares de sustentação a fim de garantir uma melhor estabilidade da edificação, além de ser necessário colocar um pilar nas laterais dos vãos das janelas e portas. Nos pilares próximos uns aos outros, deve-se adicionar grampos a cada 50 cm de parede erguida a fim de melhorar a estabilidade da alvenaria. Esses grampos devem ser utilizados principalmente nos cantos e em paredes perpendiculares, sendo que, para sua colocação, é necessário fazer algumas aberturas nos tijolos com o auxílio de uma serra circular ou um formão, conforme FIG. 34 (ECO PRODUÇÃO, 2020).

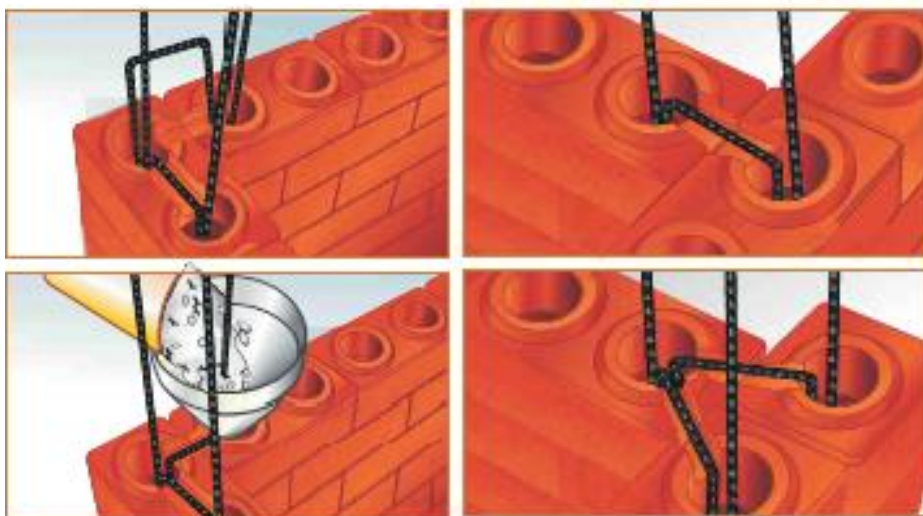
Figura 34 - Criação de aberturas nos tijolos



Fonte: Eco Produção (2020).

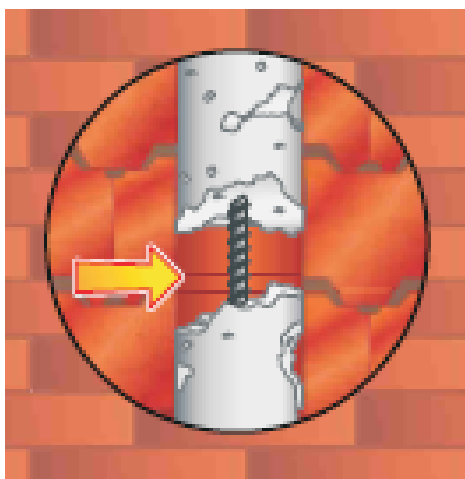
Após a confecção das aberturas e da colocação dos grampos, inicia-se o processo de concretagem dos pilares com o auxílio de um funil, conforme FIG. 35. A concretagem é realizada a cada 50 cm de alvenaria executada para evitar possíveis vazios na parte interior dos pilares, o que pode comprometer a estabilidade da estrutura, conforme FIG. 36 (BUSON, 2007).

Figura 35 - Processo de concretagem do pilar



Fonte: Eco Produção (2020).

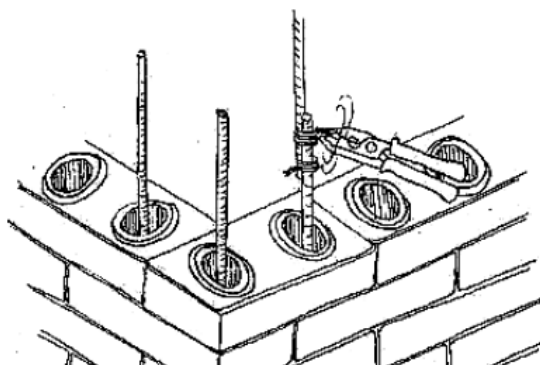
Figura 36 - Espaços vazios que comprometem a estabilidade do pilar



Fonte: Eco Produção (2020).

Os vergalhões de aço dos pilares devem chegar até a laje de cobertura, porém, os vergalhões de espera não chegam até a altura final, sendo fixados na fundação com aproximadamente 1,70 m de altura, conforme mencionado anteriormente. Portanto, é preciso completar a armação com outros vergalhões até completar sua altura final. Esse complemento deve ser realizado com um transpasse de 20 cm e sua armação deve ser com arame de aço, conforme FIG. 37 (CICERI, 2016).

Figura 37 - Transpasse entre vergalhões de aço e sua armação em arame de aço



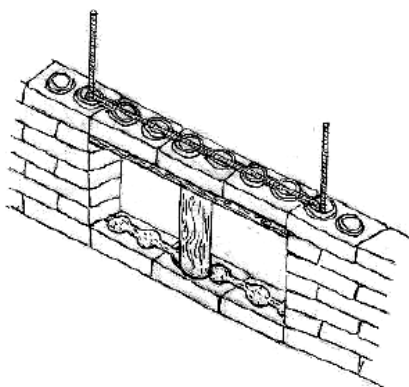
Fonte: Buson (2007).

7.6 Vergas, contra-vergas e vigas de amarração

Quando se tem uma abertura cuja a alvenaria continua acima desse vão, é necessário ter um elemento estrutural chamado verga, a fim de suportar o peso dessa área de alvenaria. Já as contra-vergas são elementos estruturais colocadas na parte inferior das aberturas, com o intuito de evitar rachaduras nos cantos da alvenaria devido à diferença de carga. Portanto, as vergas e contra-vergas proporcionam uma maior estabilidade no ponto no qual executou-se a abertura (BUSON, 2007).

No método construtivo da alvenaria aparente com tijolos de solo-cimento, utilizam-se tijolos tipo canaleta para vergas e contra-vergas ou fazem-se os rasgos com uma serra circular, em conjunto com o concreto armado e fôrmas para evitar possíveis vazamentos nos furos dos tijolos, conforme FIG. 38 (OLIVEIRA; SILVA, 2018).

Figura 38 - Execução de vergas e contra-vergas



Fonte: Buson (2007).

Prioritariamente, tanto a verga como a contra-verga devem iniciar e terminar em um pilar de sustentação, com o intuito de dissipar a carga do elemento estrutural. Em construções cujo tamanho do vão, a carga da alvenaria ou a carga da esquadria acima da verga for elevada, pode-se executar uma segunda fiada para a execução da verga. Para vãos de até 1 m de comprimento, utiliza-se uma fiada, já para vãos maiores, é necessário usar duas fiadas para sustentação. Além disso, para a estabilização da verga e contra-verga, é preciso dobrar e transpassar aproximadamente 20 cm nos pilares de sustentação (BUSON, 2007).

Ainda segundo o mesmo autor, os vergalhões são posicionados na contra-verga e, antes da concretagem, deve-se tapar os furos dos tijolos com canos de PVC para a realização da concretagem. Posteriormente, com a contra-verga já concretada, sobe-se o restante da alvenaria até o alinhamento da verga, sendo assim, são posicionadas as fôrmas de madeira e seu escoramento. Por fim, executa-se a verga assentando os tijolos, posicionando as armaduras e realizando a concretagem.

A fim de manter uma boa estabilidade estrutural da edificação, é necessário realizar o travamento da estrutura por intermédio das vigas de amarração. O travamento é feito na metade do pé-direito da construção e no final da alvenaria através de tijolos do tipo canaleta por onde deverão passar os vergalhões de aço ao redor da construção. É importante utilizar o tijolo convencional recortado de solo-cimento nas quinas da alvenaria e utilizar um transpasse nas quinas de aproximadamente 30 cm. Além disso, ao preencher os tijolos tipo canaleta da viga de amarração, é preciso isolar os furos dos tijolos a fim de impedir que o concreto vaze, utilizando-se canos de PVC ou copos plásticos para a vedação dos furos, conforme FIG. 39 (BUSON, 2007; ECO PRODUÇÃO, 2020).

Figura 39 - Execução das vigas de amarração



Fonte: Eco Produção (2020).

7.7 Instalações elétricas e hidráulicas

Os furos dos tijolos de solo-cimento permitem a passagem dos conduítes e das tubulações, evitando quebras na alvenaria. A passagem é feita na medida em que as fiadas vão

sendo executadas, de acordo com suas localizações previstas nos projetos elétricos e hidráulicos, conforme FIG. 40 e 41, com o auxílio de furadeira e serra circular (PEDRAL, 2020).

Figura 40 - Execução da instalação elétrica



Fonte: Pedral (2020).

Figura 41 - Execução da instalação hidráulica



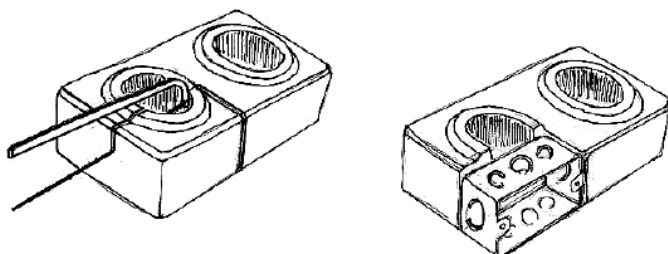
Fonte: Eco Produção (2020).

As passagens das tubulações verticais sofrem interrupções nas vigas de amarração, portanto, a fim de proporcionar uma melhor manutenção na edificação, a tubulação nesses pontos é envolvida por uma tubulação com diâmetro maior para desobstruir a passagem da tubulação hidráulica ou elétrica. Já para a passagem horizontal das tubulações, é necessária a utilização dos tijolos tipo canaleta, que permitem embutir tubulações de até 35 mm de diâmetro (FRAGA et al., 2016).

Para a colocação das caixas de passagem e os quadros de comando na alvenaria de tijolo ecológico, é necessário cortar, com um arame de tungstênio (específico para corte de materiais abrasivos), nas dimensões exatas, os tijolos de maneira que sua área de contato não seja

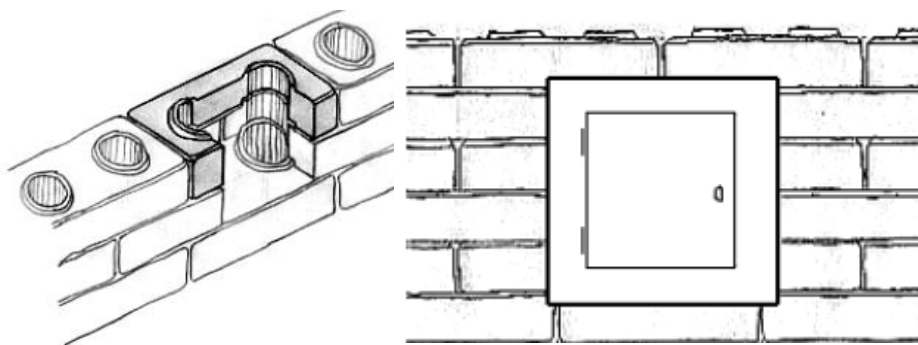
diminuída. Após o corte, deve-se fixar a caixa de passagem ou o quadro de comando com argamassa no centro do vão cortado, conforme FIG. 42 e 43 (BUSON, 2007).

Figura 42 - Colocação das caixas de passagem



Fonte: Buson (2007).

Figura 43 - Colocação dos quadros de comando



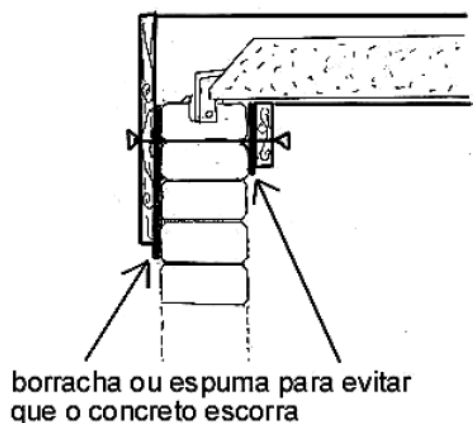
Fonte: Buson (2007).

7.8 Amarração dos pilares de sustentação na laje pré-moldada

Para garantir maior segurança na edificação, deve ser realizada a ligação entre a laje e a alvenaria, com o objetivo de distribuir as cargas da laje até os pilares de sustentação. Para essa finalidade, utilizam-se as vigas de amarração na parte superior da alvenaria (LIMA JÚNIOR; WILLRICH; BARBOSA, 2003).

Para a execução da laje, é necessária a realização de sua concretagem, portanto, executam-se as fôrmas, com o auxílio de arames e pregos, as quais serão responsáveis por garantir a espessura da laje, a altura da viga de amarração e auxiliar na concretagem, evitando vazamentos e possíveis manchas nos tijolos. A fim de evitar que o concreto escorra pela fôrma, utilizam-se espumas ou borrachas entre a fôrma e os tijolos, conforme FIG. 44 (BUSON, 2007).

Figura 44 - Formas para ligação entre alvenaria e laje pré-moldada

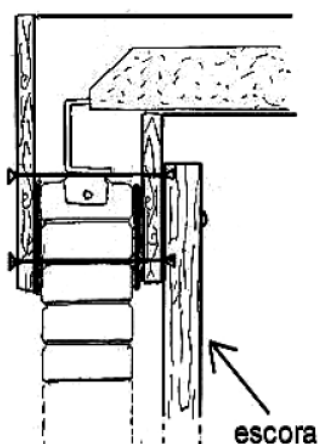


Fonte: Buson (2007).

Após a execução das formas, executa-se a armação e a concretagem das vigas de amarração. Como a viga de amarração é feita com tijolos tipo canaleta, pode-se apoiar as vigotas da laje sobre os tijolos, dispensando o uso de escoras (MÁXIMO, 2019).

Em edificações cuja a carga da laje seja elevada, é preciso ter alturas maiores para as vigas de amarração, sendo assim, utilizam-se escoras e tábuas para apoiar as vigotas da laje, conforme FIG. 45 (BUSON, 2007).

Figura 45 - Exemplo de escoras para lajes pesadas

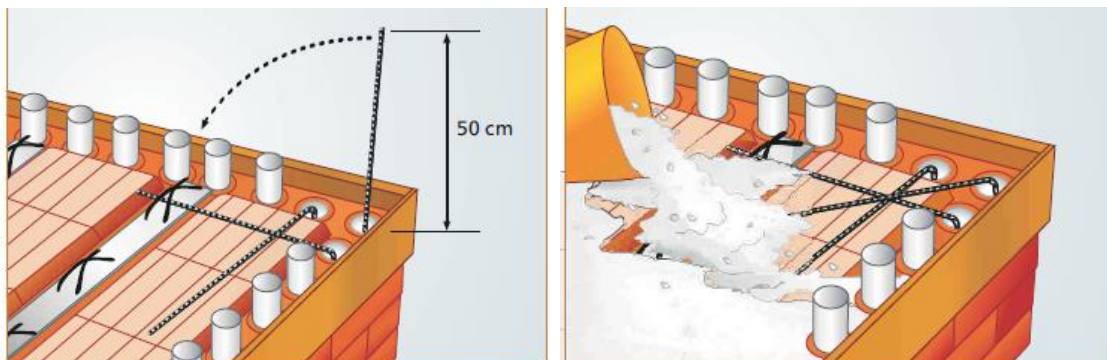


Fonte: Buson (2007).

Após a concretagem das vigas de amarração, inicia-se o processo de ligação dos pilares de sustentação com a laje. Assim, deve-se dobrar os 50 cm de vergalhões que sobraram acima da viga de amarração na camada de concreto a ser lançada na laje, conforme FIG 46. É

importante evidenciar que os furos dos tijolos devem ser isolados com canos de PVC, com o intuito de evitar possíveis vazamentos de concreto (ECO PRODUÇÃO, 2020).

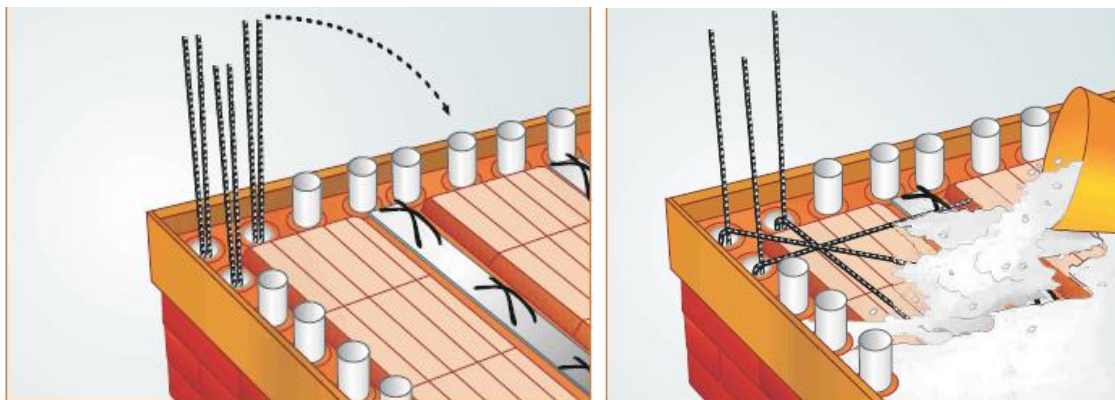
Figura 46 - Ligação entre pilar e laje



Fonte: Eco Produção (2020).

Nos casos em que a edificação possua mais de um pavimento, são adicionados mais vergalhões nos pilares de sustentação (desde o início da alvenaria). Logo, uma parte deles permanece embutida na laje e a outra parte de 50 cm permanece em espera para uma nova etapa dos pilares, conforme FIG. 47 (BUSON, 2007).

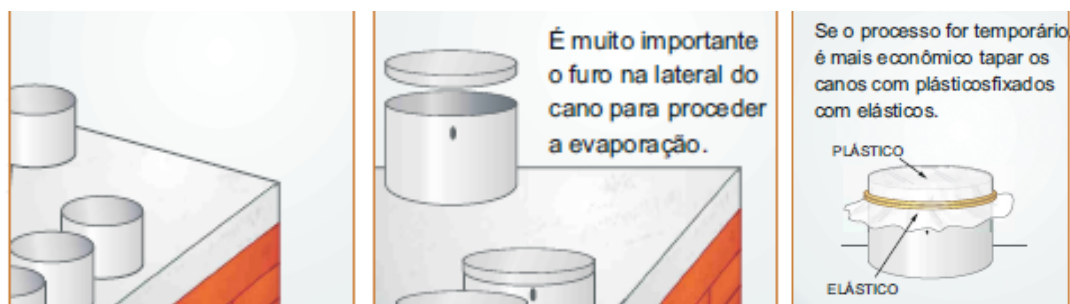
Figura 47 - Ligação entre pilares e laje entre pavimentos



Fonte: Eco Produção (2020).

Após a concretagem da laje, é necessária uma maior atenção aos furos que permaneceram, portanto, no topo da laje, os furos devem ser prolongados com canos de PVC e serem devidamente tampados, evitando assim, a entrada de água. Além disso, é necessário realizar um furo na lateral do cano para que o processo de evaporação aconteça, conforme FIG. 48. Esse processo evita a retenção da umidade nas paredes que podem ocasionar problemas de saúde e danos materiais (ECO PRODUÇÃO, 2020).

Figura 48 - Prolongamento dos furos na laje com cano de PVC



Fonte: Eco Produção (2020).

7.9 Aplicação de acabamentos e impermeabilização

Com a alvenaria devidamente executada, inicia-se o processo de acabamento, onde podem ser utilizados diversos materiais e produtos para proteger as paredes contra a umidade. De fato, todos os tijolos sofrem com problemas de umidade excessiva e com os tijolos ecológicos não é diferente. Eles absorvem água da chuva, do ar e do solo e essa absorção pode ser equivalente a 20% do seu peso total, sendo considerada uma quantidade elevada. Por esta razão, deve-se proteger os tijolos, impermeabilizando-os, seja com revestimentos argamassados, tintas, vernizes ou resinas impermeabilizantes (BUSON, 2007).

Primeiramente, protege-se a alvenaria de tijolos ecológicos com impermeabilizante. Já que um dos objetivos desse trabalho é apresentar as técnicas construtivas de alvenaria aparente de tijolos de solo-cimento, o impermeabilizante deve ser incolor, ou seja, transparente. Sendo assim, aplica-se uma demão do produto impermeabilizante sob a alvenaria com o auxílio de rolo de pintura, pincel ou pulverizador, conforme FIG. 49 (OLIVEIRA; SILVA, 2018).

Figura 49 - Aplicação de impermeabilizante incolor

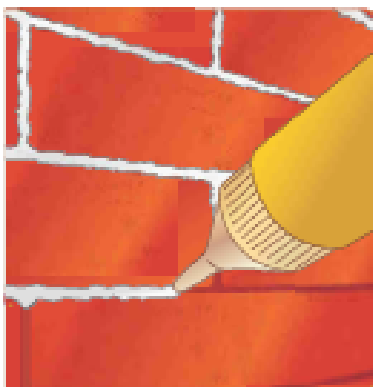


Fonte: FerreteriaWeb (2022).

Após a secagem da primeira demão do impermeabilizante, deve-se cobrir as juntas entre os tijolos. Para isso, pode-se utilizar argamassa de rejuntamento para azulejos e pisos ou a mesma mistura que se usa para a fabricação do tijolo ecológico, porém com mais água (BUSON, 2007).

Antes de aplicar o rejunte, deve-se umedecer um pouco o local onde será aplicado, a fim de evitar que a água do rejunte não seja absorvida pelos tijolos, o que pode ocasionar a má aderência do rejunte com o tijolo, ou seja, ele pode soltar. Após umedecer o local, deve-se aplicar o rejunte apenas nas juntas entre os tijolos com o auxílio de uma bisnaga ou um saco plástico, conforme FIG. 50 (ECO PRODUÇÃO, 2020).

Figura 50 - Aplicação do rejunte nos tijolos



Fonte: Eco Produção (2020).

Posteriormente à aplicação do rejunte, realiza-se o acabamento, eliminando-se os excessos, o que é feito através de uma espátula ou bastão de ponta arredondada, conforme FIG. 51.

Figura 51 - Execução do acabamento sob o rejunte



Fonte: Eco Produção (2020).

É importante ressaltar que o rejuntamento deve ser feito em partes, tanto na parte interna quanto na parte externa da edificação, sendo aplicado o rejunte e posteriormente executado seu acabamento com o intuito de evitar que o rejunte endureça, o que pode prejudicar a execução do acabamento final (PEDRAL, 2020).

Ao término do rejuntamento, aplicam-se mais duas demãos de impermeabilizante para o devido acabamento e impermeabilização da alvenaria de tijolo ecológico (OLIVEIRA; SILVA, 2018).

8 TIJOLOS ECOLÓGICOS – PERCEPÇÃO DE POTENCIAIS CONSUMIDORES

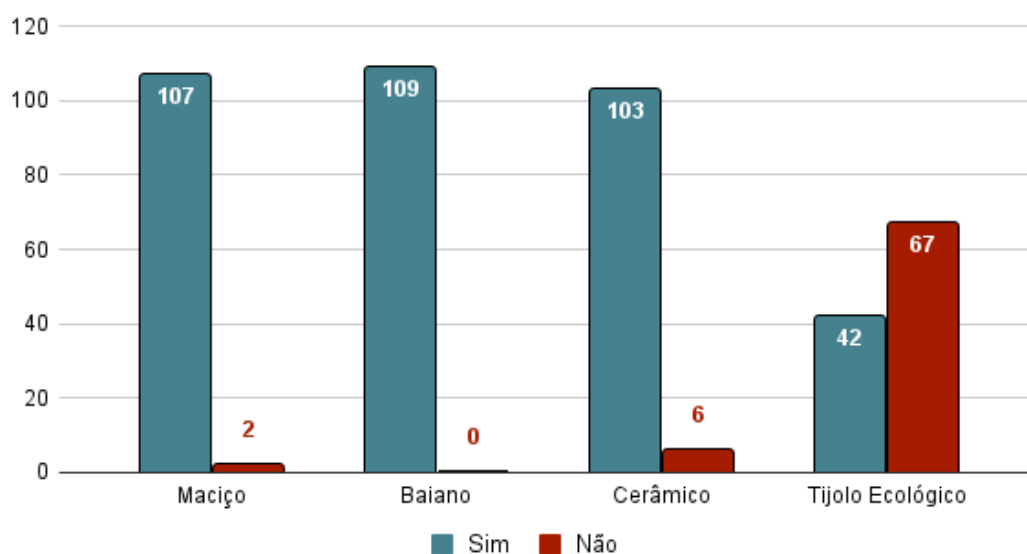
No intuito de conhecer o ponto de vista de pessoas que poderão ser potenciais consumidoras do tijolo ecológico, foi realizada uma pesquisa de opinião através da aplicação de um questionário elaborado via *Google Forms* (ANEXO A) e publicado livremente por meio de contatos e grupos de *whatsapp*, via *e-mail* e redes sociais do autor.

O questionário ficou disponível para resposta no período de 21 de abril a 21 de maio do ano de 2022. A participação na pesquisa foi totalmente voluntária, preservando-se a identidade do respondente, sendo disponibilizados canais de comunicação com o autor do trabalho para que os participantes pudessem sanar quaisquer dúvidas em relação ao trabalho e também ter acesso ao resultado final, caso quisessem.

O questionário não teve como foco indivíduos do setor da construção civil, uma vez que proposta dessa pesquisa de opinião foi a de se obter o ponto de vista da sociedade no geral acerca dos tijolos ecológicos. Sendo assim, a pesquisa contou com a participação de 109 pessoas aleatórias, com idades superiores a dezessete anos, e os dados obtidos possibilitaram ter uma visão quantitativa dos principais pontos relacionados ao uso do tijolo ecológico na construção civil, que são discutidos a seguir.

Iniciou-se a pesquisa averiguando o entendimento dos indivíduos em relação aos tipos de tijolos existentes no mercado, mais especificadamente quanto aos tijolos maciços, tijolos baianos, tijolos cerâmicos e os tijolos ecológicos, obtendo-se os resultados apresentados no GRÁF. 1.

Gráfico 1 - Conhecimento das pessoas acerca dos tijolos existentes no mercado



Fonte: Próprio autor, 2022.

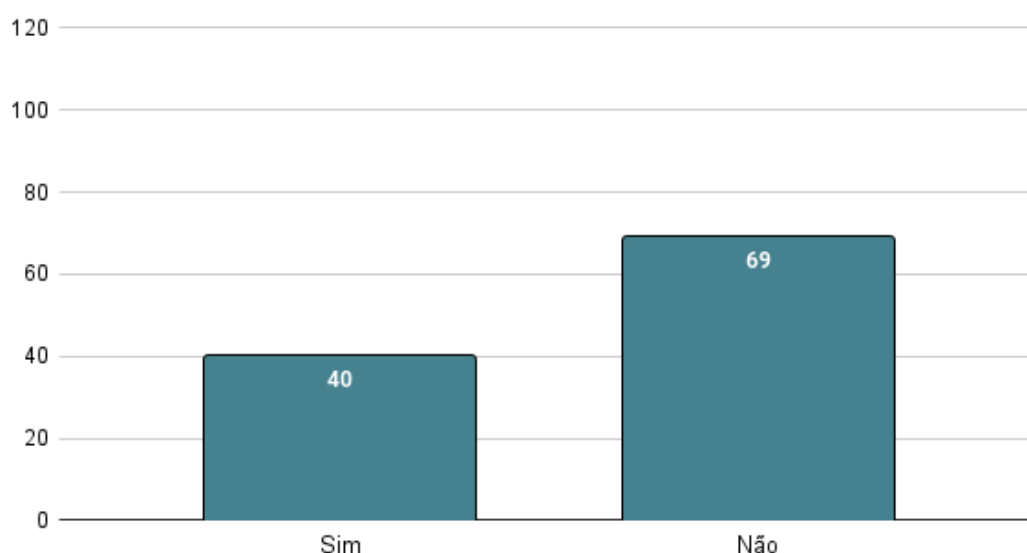
Observa-se que, para os tijolos maciços, cerca de 98% das pessoas conhecem ou já viram serem utilizados na construção civil. Para os tijolos baianos, 100% dos respondentes possuem conhecimento do mesmo e de sua utilização em construções. Já para os tijolos cerâmicos, aproximadamente 95% dos indivíduos já tiveram algum contato. E por fim, para os tijolos ecológicos, objeto de estudo deste trabalho, cerca de 32% das pessoas conheciam e aproximadamente 68% não tinham nenhum conhecimento sobre o mesmo.

Apesar de todas as vantagens elencadas nesse trabalho para a fabricação e uso de tijolos ecológicos na construção civil, falta estender o conceito à comunidade, para que se tornem potenciais consumidores deste insumo.

Através de práticas extensionistas relacionadas à difusão de informações de cunho explicativo sobre o tijolo de solo-cimento, sua viabilidade técnica, econômica e ambiental, é possível que o mercado da construção civil abra portas para a inserção do produto, ampliando a sua utilização e tornando-o conhecido para todos os agentes da comunidade: profissionais da área e potenciais consumidores (FONSECA et al., 2018).

De acordo com o GRÁF. 2, quando foi questionado sobre o conhecimento acerca dos benefícios que os tijolos ecológicos proporcionam, aproximadamente 63% dos indivíduos não os conheciam e cerca de 37% possuíam alguma percepção dos benefícios.

Gráfico 2 - Entendimento quanto aos benefícios dos tijolos ecológicos



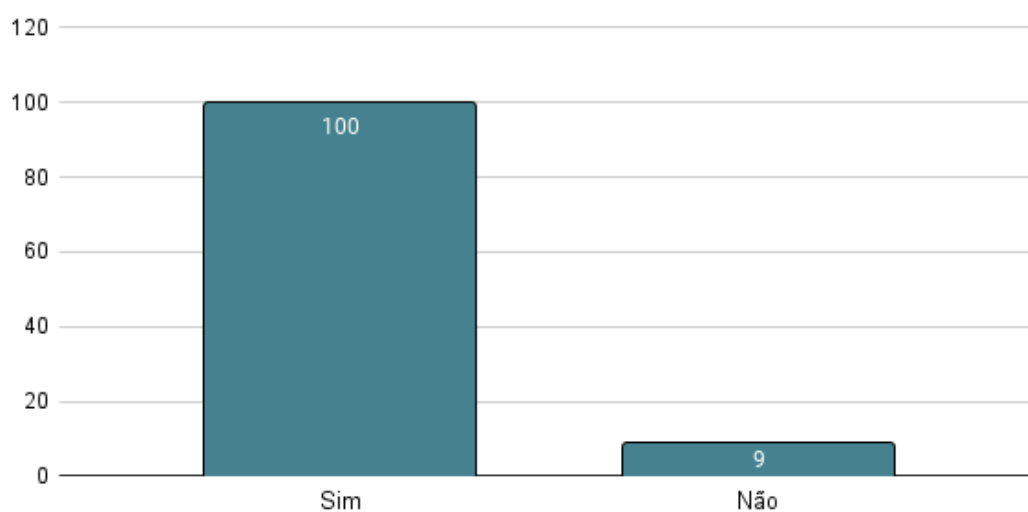
Fonte: Próprio autor, 2022.

A comunidade mostrou um baixo conhecimento quanto aos benefícios dos tijolos ecológicos, sendo perceptível que a cultura dos potenciais consumidores está atrelada a outro tipo de material utilizado nas construções, sendo necessária a divulgação do tijolo ecológico.

A inserção de eventos relacionados ao tijolo ecológico se torna necessária para a divulgação de seus benefícios e características entre os potenciais consumidores, sendo assim, é provável que a comunidade da construção civil dê oportunidade para a introdução deste insumo (FONSECA et al., 2018).

Quando perguntados sobre a substituição dos tijolos convencionais (maciço, baiano e cerâmico) pelos tijolos ecológicos de solo-cimento, aproximadamente 92% das pessoas responderam positivamente e cerca de 8% optaram por não substituir os tijolos convencionais na construção civil, conforme o GRÁF. 3.

Gráfico 3 - Questionamento sobre a substituição dos tijolos convencionais pelos tijolos ecológicos



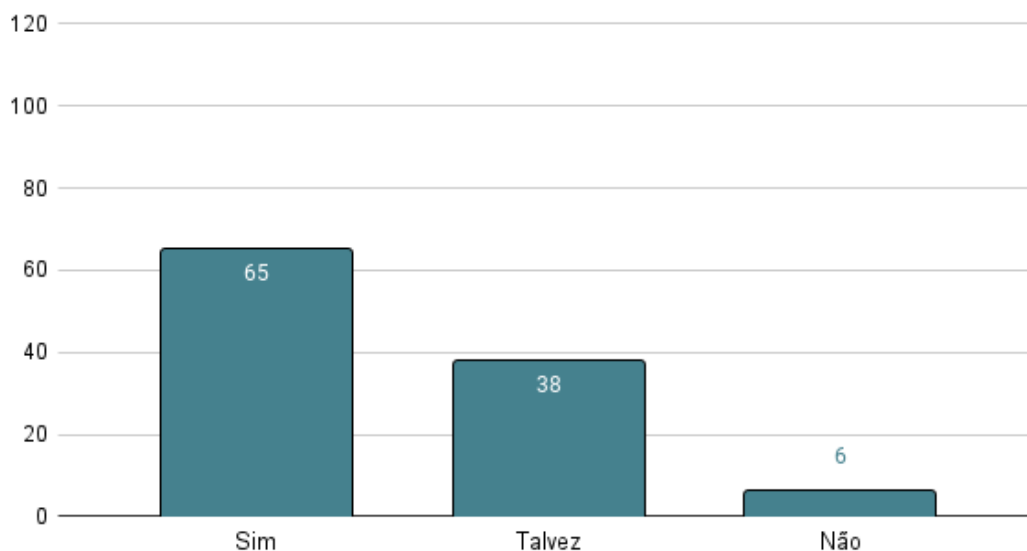
Fonte: Próprio autor, 2022.

Apesar do baixo conhecimento sobre a fabricação e uso de tijolos ecológicos na construção civil, a comunidade se mostrou interessada em substituir os tijolos convencionais pelo material apresentado, o que indica uma possibilidade de inserção deste insumo no mercado.

Segundo Fonseca et al. (2018), essa possibilidade viabiliza os investimentos futuros nesse mercado e pode vir a ser uma nova fonte de renda para a comunidade, além de incentivar a divulgação desse insumo.

Segundo o GRÁF. 4, em média, 60% da amostra afirmou que construiriam sua residência com os tijolos ecológicos, por outro lado, 34,9% ficaram na dúvida se construiriam ou não e cerca de 5,1% não utilizariam os tijolos ecológicos em sua residência.

Gráfico 4 - Questionamento sobre a utilização dos tijolos ecológicos na construção da residência dos indivíduos



Fonte: Próprio autor, 2022.

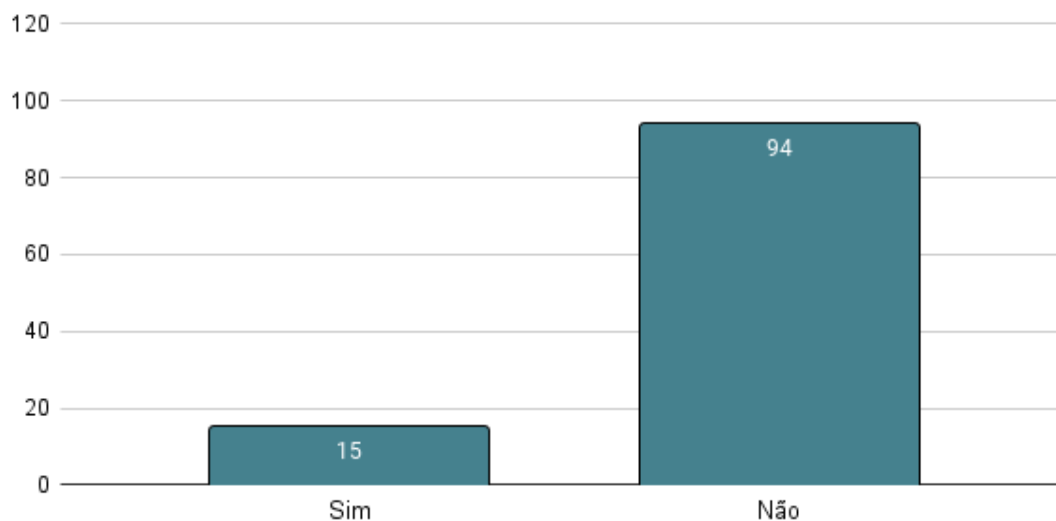
Mesmo a comunidade manifestando um interesse em substituir o tijolo convencional pelo tijolo ecológico, uma parte dos potenciais consumidores se mostraram com receio de construir sua casa com o material, reforçando a premissa de que falta estender o método construtivo à comunidade, para que se tornem potenciais consumidores deste insumo.

A extensão do método construtivo pode ser feita através de uma cartilha informativa cujo o objetivo é conceitualizar o método construtivo com a utilização de tijolos ecológicos e apresentar as características desse insumo aos potenciais consumidores (FONSECA et al., 2018).

No GRÁF. 5, apresentam-se os resultados relativos ao questionamento se as pessoas já viram alguma construção sendo executada com o tijolo ecológico, sendo que aproximadamente 86% nunca tiveram contato visual e 14% afirmaram que já viram a execução de construções com a utilização do tijolo ecológico.

Conforme dito anteriormente, apesar de todas as vantagens do uso de tijolos ecológicos na construção civil, é necessário estender o conceito à comunidade, visto que a cultura da região dos potenciais consumidores está enraizada com outro tipo de material.

Gráfico 5 - Identificação de construção com a utilização de tijolos ecológicos

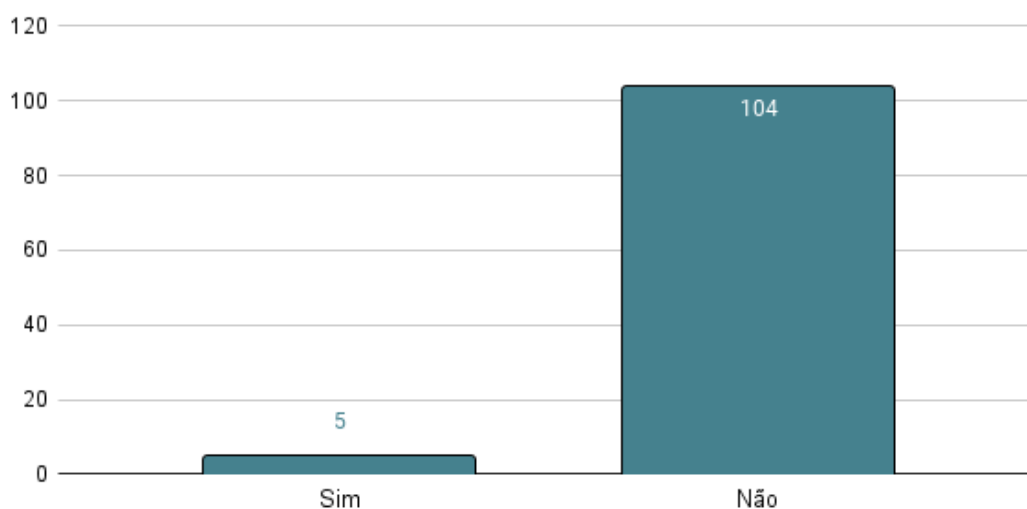


Fonte: Próprio autor, 2022.

A questão é que as pessoas desconhecem a técnica dos tijolos ecológicos ou até conhecem, porém estão familiarizadas com a cerâmica e não querem inovar (CORDEIRO; CONCEIÇÃO; LIMA, 2006).

Por fim, foi questionado se os potenciais consumidores já viram alguma fábrica ou empresa que produz os tijolos ecológicos, sendo que aproximadamente 95,41% nunca viram fábricas ou empresas desse insumo e 4,59% afirmaram que já viram, conforme o GRÁF. 6.

Gráfico 6 - Identificação de fábricas ou empresas produtoras de tijolos ecológicos



Fonte: Próprio autor, 2022.

Embora tenha sido descrito nesse trabalho o processo de fabricação dos tijolos ecológicos, a falta de divulgação do material à comunidade existe e o GRÁF. 6 reforça essa premissa.

Segundo Fonseca et al. (2018), a dificuldade de introduzir os tijolos ecológicos no mercado da construção civil acontece devido ao baixo conhecimento da comunidade, o que torna o tijolo ecológico menos acessível que o tijolo convencional.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O significado de ser sustentável está diretamente ligado ao modo em que o homem usufrui dos materiais provindos da natureza, de modo a preservar o meio ambiente e propiciar a vida para as gerações futuras. Esse pensamento foi um fator decisivo para a elaboração do presente trabalho com a temática do tijolo ecológico, visto que o setor da construção civil é um grande gerador de resíduos.

O trabalho teve como objetivos a apresentação dos benefícios e as limitações do uso dos tijolos ecológicos na construção civil, bem como demonstrar de maneira simples e direta as técnicas construtivas utilizadas na construção de alvenarias aparentes de tijolos ecológicos, além de avaliar o quanto as pessoas conhecem sobre o tema por meio de uma pesquisa *online* de opinião.

Posteriormente à contextualização histórica, foi mencionado sobre a matéria prima para a confecção dos tijolos ecológicos, em conjunto com as normas responsáveis pela elaboração, controle e características granulométricas ideais para o tijolo. A partir dessas normas técnicas, demonstrou-se todo o seu processo de fabricação, onde foi possível compreender claramente como é cada etapa da produção dos tijolos, os tipos de inspeções visuais, o processo de cura e sua facilidade de confecção.

Através do estudo, foi possível compreender que o material proporciona vários benefícios, como a baixa emissão de gás carbônico na atmosfera, sua capacidade de reaproveitamento e conforto termoacústico. Entretanto, como todo material, notou-se algumas desvantagens como a grande absorção de umidade, elevado peso específico e a dificuldade de manutenção nas paredes aparentes relacionada a reparos.

Posteriormente, houve a apresentação das técnicas construtivas empregadas na construção de alvenaria aparente de tijolos ecológicos, onde foi possível compreender o passo a passo do procedimento executivo, desde a elaboração dos projetos até a finalização do acabamento da alvenaria.

Com a pesquisa de opinião realizada, foi possível verificar o desconhecimento dos indivíduos em relação à existência e utilização do tijolo ecológico na construção civil, além de perceber a baixa presença de edificações feitas em tijolos ecológicos no cotidiano das pessoas que participaram da pesquisa. Por outro lado, mesmo os indivíduos não conhecendo sobre os benefícios das construções executadas com tijolos ecológicos, os mesmos se interessaram pelo material e muitos disseram que provavelmente construiriam sua casa utilizando os tijolos ecológicos.

Por fim, pode-se apontar as seguintes hipóteses quanto aos resultados obtidos com a pesquisa de opinião:

- Possivelmente, por se tratar de um tipo de construção modular, a mão de obra para executar a construção com os tijolos ecológicos precisa de uma maior atenção;
- Um dos motivos pode ser a falta do material na região onde mora o respondente, devido a processos jurídicos envolvendo a extração do solo através das jazidas, sendo que, em certos locais, há a necessidade de permissão para extração do solo;
- Outra hipótese seria em relação ao preço unitário dos tijolos convencionais em certas regiões, que devido à lei da oferta e demanda, esses acabam sendo mais baratos do que o tijolo ecológico;
- Outra questão pode estar relacionada com a cultura enraizada do município ou região, sendo mais usual as edificações construídas com tijolos convencionais;
- Talvez por se tratar de um material mais pesado, as edificações com a utilização de tijolos ecológicos são de pequeno porte, impossibilitando sua utilização para vencer grandes vãos, viabilizando os tijolos convencionais;
- A produção em massa dos tijolos convencionais e sua facilidade de transportar maiores cargas, devido a possuir um menor peso em relação aos tijolos ecológicos, pode ocasionar uma menor acessibilidade de transporte aos tijolos ecológicos.

Diante do trabalho apresentado, percebe-se que os tijolos ecológicos possuem características construtivas e sustentáveis relevantes para a construção civil, uma vez que seus rejeitos podem ser totalmente reaproveitados, tornando-o um material reaproveitável. Contudo, esse material ainda não obteve um grande espaço no mercado.

Sendo assim, para que os tijolos ecológicos se tornem comuns na construção civil, é necessário elaborar campanhas de disseminação de informação que demonstrem para as pessoas as vantagens, os procedimentos executivos e a possibilidade de substituir os tijolos convencionais por esse material.

REFERÊNCIAS

ABIKO, A. K. Solo-Cimento: Tijolos, blocos e paredes monolíticas, **Tecnologias das Edificações**, São Paulo, p. 97-100, 1988.

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **Classificação rodoviária HRB**. AASHTO, 1973. Disponível em: <http://www.cct.udesc.br/arquivos/id_submenu/1470/classificacao___rodoviaria___hrb.pdf> Acesso em janeiro/2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Dosagem das misturas de solo-cimento: normas de dosagem e métodos de ensaio ET-35**. São Paulo: ABCP, 1986. 51p.

_____. **Tipos de cimentos nacionais**. 2022. Disponível em: <<https://abcp.org.br/cimento/tipos/>>. Acesso em janeiro/2022.

_____. **Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais BT-111**. São Paulo: ABCP, 2000. 16p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016d.

_____. **NBR 6459: Solo – Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016a.

_____. **NBR 6502: Rocha e Solo**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

_____. **NBR 6508: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. **NBR 7180: Solo – Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016b.

_____. **NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016c.

_____. **NBR 8491: Tijolo de solo-cimento – Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. **NBR 8492: Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. **NBR 10833: Fabricação de tijolo maciço e bloco vazado de solo-cimento com utilização de prensa hidráulica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. Versão Corrigida 2013.

_____. **NBR 11172: Aglomerantes de origem mineral**. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

BARBOSA, Valquíria. **Estudo do comportamento geotécnico de um solo argiloso de Cabrobó, potencialmente expansivo, estabilizado em cal**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013. XVIII, 111 p.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**, v.1 e v.2, Rio de Janeiro, 1995.

BEUTLER, Cheila S. **Estudo da adequabilidade do uso de areia de fundição e cimento supersulfatado em blocos de solo-cimento**. 2017. 108 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco. 2017.

BLOG SOLO CIMENTO. **Cintas de amarração**. 2013. Disponível em: <<https://www.tijolosolocimento.com.br/2013/06/cintas-e-percintas.html>>. Acesso em 01 julho 2022.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é-o que não é**. Editora Vozes Limitada, 2017.

BUSON, Márcio Albuquerque. **Autoconstrução com tijolos prensados de solo estabilizado**. 2007. Trabalho de Extensão – Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

CAMPOS, Alessandro, NASCIMENTO JUNIOR, João Batista do; BRITO, Larissa Tessari. Comportamento estrutural de tijolos de solo-cimento utilizando diferentes fontes de água e métodos de cura. **Interações (Campo Grande) [online]**, v. 20, n. 1, p. 283-296, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.20435/inter.v0i0.1565>>. Acesso em 1 Junho 2022.

CICERI, T. **Estudo comparativo de viabilidade econômica para uma edificação com bloco cerâmico, tijolo cerâmico maciço e tijolo de solo-cimento**. Lajeado: UNIVATES, 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1418/1/2016TaillanCiceri.pdf>>. Acesso em 2 jun. 2022.

CONSTRUÇÃO CIVIL. **Armação de fundação**. 2012. Disponível em: <<https://construcaociviltips.blogspot.com/2012/04/armacao-de-fundacao.html>>. Acesso em 01 julho 2022.

CONSTRUINDO CASAS. **O que é o contrapiso?** 2021. Disponível em: <<https://construindocasas.com.br/blog/construcao/contrapiso/>>. Acesso em 01 julho 2022.

COSTA, Anderson Bruno Gomes da; TIBA, Elton Renan. **Projeto de edificação reestruturável**. Rio de Janeiro: Instituto Militar de Engenharia, 2017. 108p. Projeto de Fim de Curso (PROFIC) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2017.

COSTA, A.L.M.; SILVA, G.O.P.; VIEIRA, G.H.M.; FIDELES, H.M. **Prensa de tijolos ecológicos**. 2018. Trabalho Acadêmico Integrador – TAI – Instituto Federal de Minas Gerais – IFMG Campus Avançado Arcos, Minas Gerais, 2018.

CORDEIRO, M.E. M.V., CONCEIÇÃO, P. M., LIMA. T.V. **A Educação Ambiental e o uso do Solo-Cimento**, Vértices, v. 8, n. 1/3, jan./dez, p. 36- 54, 2006.

CORRAL, J.T. El suelo-cemento como material de construcción. **Ciencia y Sociedad**. v. 33, n. 4, p. 520-571, 2008. Disponible em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87012672003>>. Consulta 2 de Junio de 2022.

DETHIER, J. **Arquiteturas de terra ou o futuro de uma tradição milenar**. Europa Terceiro Mundo. Estados Unidos. 10ed. Lisboa: Litografia Tejo, 1993.

DINIZ, C. R. **Análise comparativa entre custos de uma edificação construída em alvenaria estrutural e redimensionada em concreto armado**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Disponível: <www.bit.ly/3xpsoBx>. Acesso em 2 jun. 2022.

ECO PRODUÇÃO. **Tijolo ecológico/modular - Manual Prático**: Vantagens técnicas, benefícios financeiros, composição e aplicação na construção. 2020. Disponível em: <<https://www.sahara.com.br/pdf-sahara-tecnologia/cartilha-eco-producao.pdf>>. Acesso em 01 julho 2022.

ECO PRODUÇÃO. **Tijolos ecológicos**. 2022. Disponível em: <<https://www.ecoproducao.com.br/>>. Acesso em 01 julho 2022.

FRAGA, Y. S. B. et al. Tecnologia dos materiais: a utilização do tijolo de solo-cimento na construção civil. **Ciências exatas e tecnológicas**, Aracaju, v. 3, n. 3, p. 11-24, Outubro 2016. Disponível em: <<file:///C:/Users/user/Downloads/2882-Texto%20do%20artigo-10759-1-10-20161024.pdf>>. Acesso em 2 jun. 2022.

FERNANDES JUNIOR, W. **Avaliação das propriedades tecnológicas de tijolo modular de solo-cimento com incorporação de resíduo da fabricação de papel**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil).

FERRETERIA WEB. **Igol incoloro - recubrimiento hidrorrepelente para fachadas, permeable al vapor**. 2022. Disponível em: <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0266/6994/0927/products/4a3bff980fd1802c5d8fb334aaa4b54e15c56ff6_3b2b7250-802b-4186-8dc8-d7cc1eac3611_500x.png?v=1614266628>. Acesso em 01 julho 2022.

FIAIS, B. B. et al. Construção sustentável com tijolo ecológico. **Engenharia em Ação UniToledo**, Araçatuba, SP, v. 02, n. 01, p. 94-108, jan./ago. 2017.

FONSECA, B. C. et al. Os desafios da inserção do bloco ecológico no mercado de Governador Valadares – MG. In: 15º Congresso Nacional de Meio Ambiente. **Anais**. Poços de Caldas: IF-Sul de Minas, 2018.

GANDIA, Rômulo M. et al. Physical, mechanical and thermal behavior of adobe stabilized with “synthetic termite saliva. **Engenharia Agrícola [online]**. 2019, v. 39, n. 2 [Access on 24 May 2022], pp. 139-149. Available from: <<https://www.bit.ly/3HiWmeW>>.

GUIDI, F; GAVANI, J. **Representação de fundações de concreto armado**. 2019. Disponível em: <<https://slideplayer.com.br/slide/13290402/>>. Acesso em 01 julho 2022.

GUIMARÃES, Clécia Cristina Barbosa et al. Weathering of soils originated from diabase in the Paraná Basin, São Paulo State, Brazil. **Revista Ciência Agronômica [online]**. v. 52, n. 3, 2021. Available from: <<https://doi.org/10.5935/1806-6690.20210063>>. Accessed on 25 May 2022.

GURJÃO, C. M. C. **Estudo comparativo entre solo-cimento, solo-cimento-vermiculita e solo-cimento plástico**. 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Paraíba, Campina Grande, Paraíba, 1994.

HEISE, A. F. **Desenho do processo e qualidade na construção do painel monolítico de solo-cimento em taipa de pilão**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2004.

JM ENGENHARIA DIAGNÓSTICA. **Umidade, deterioração do reboco e da pintura em regiões inferiores da parede? Entenda os motivos**. 2020. Disponível em: <<https://www.jmengdiagnostica.com.br/post/umidade-deteriora%C3%A7%C3%A3o-do-reboco-e-da-pintura-em-regi%C3%B5es-inferiores-da-parede-entenda-os-motivos>>. Acesso em 01 julho 2022.

JORDAN, R. A. et al. Manufacture of soil-cement bricks with the addition of sugarcane bagasse ash. **Engenharia Agrícola [online]**. v. 39, n. 1, pp. 26-31, 2019. Available from: <<https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v39n1p26-31/2019>>. Accessed 1 June 2022.

LEONEL, R. F. et al. Characterization of soil-cement bricks with incorporation of used foundry sand. **Cerâmica, São Paulo**, v. 63, n. 367, p. 329-335, Sept. 2017. Available from <http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S036669132017000300329&lng=en&nrm=iso>. Access on 25 May 2022.

LIMA JÚNIOR, Humberto C.; WILLRICH, Fábio L.; BARBOSA, Normando P. Structural behavior of load bearing brick walls of soil-cement with the addition of ground ceramic waste. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [online]**. v. 7, n. 3, p. 552-558, 2003. Available from: <<https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000300024>>. Accessed 3 June 2022.

MÁXIMO, Lucas Flavio Herculano. **Estudo comparativo de viabilidade econômica para um residencial bifamiliar com bloco cerâmico e tijolo solo-cimento na cidade de João pessoa**. João Pessoa, 2019. 183f. Monografia (Curso de Engenharia Civil). Disponível em: <<https://bdtdcc.unipe.edu.br/wp-content/uploads/2019/08/Tcc-gravacao.pdf>>. Acesso em 3 ju. 2022

MENEZES, R. M. R. O. et al. Hydraulic binder obtained from recycled cement and sand powder. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais [online]**. v. 11, n. 06, p. 1178-1185, 2018. Available from: <<https://doi.org/10.1590/S1983-41952018000600003>>. Accessed 25 May 2022.

MERIEM, S. et al. Stabilization effects on the thermal conductivity and sorption behavior of earth bricks. **Construction and Building Materials**. v. 167, p. 566-577, 2018. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.02.063.

METZKER, S.L.O. **Qualidade de tijolos solo-cimento com a inclusão de resíduos vegetais e urbanos**. 2019. Tese Doutorado (Doutorado em Engenharia de Biomateriais) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2019. 76 p.: il.

MILANI, Ana Paula da Silva; DIAS, Flávia Gaspar Rangel. Physical-mechanical performance criteria of cement-soil mortars for earth building coating. **Ambiente Construído [online]**, v. 18, n. 2, p. 133-142. 2018. Available from: <<https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000200246>>. Accessed on 1 June 2022.

MILANI, A. P. S.; FREIRE, W. J. Características físicas e mecânicas de misturas de solo, cimento e casca de arroz. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.1-10, 2006.

MOTTA, J. C. S. S. et al. Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. **E-xacta**, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 13-26. 2014. Disponível em: <www.unibh.br/revistas/exacta/>. Acesso em 1 Junho 2022.

MOTA, Douglas Antunes. **Análise de soluções sustentáveis para moradia unifamiliar: comparativo de custos com construções tradicionais**. Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2021. 191 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Disponível em: <file:///C:/Users/user/Downloads/tcc_Douglas%20Antunes%20Mota.pdf>. Acesso em 2 jun. 2022.

OLIVEIRA, Danielle N. S. **Produção de cimento para o poço de petróleo a partir de cimentos Portland comerciais**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2011. 85f. il.

OLIVEIRA, P. F.; SILVA, C.E. **Estudo comparativo entre sistemas construtivos: Bloco convencional x bloco solo-cimento**. 2018. Monografia (Graduação – Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2018. 59f. il.

PEDRAL, Vitor Udson Souza. **Estudo do tijolo ecológico: aspectos gerais e utilização na construção civil**. 2020. Monografia (Graduação - Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal do Sergipe, Sergipe, 2020. 57f. il.

PEREIRA, Dayane Baloni. **Estudo do solo-cimento para a fabricação de Tijolos Ecológicos**. 2010. Trabalho de Iniciação Científica - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, São Paulo, 2010.

PEREIRA, Reginaldo Sérgio. **Viabilidade técnica do emprego de resíduos da indústria de celulose para construção de estradas florestais**. 2005. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005. 329f.

PINTO, C. S. **Propriedades dos solos**. In: Fundações: teoria e prática. São Paulo, 1998.

PINTO, Eduardo da Silva. **Solo-cimento compactado: proposta de métodos de ensaio para dosagem e caracterização física e mecânica**. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2016. 207 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2016.

PINTO, T. P. **Evolução das pesquisas de laboratório sobre solo-cimento**. São Paulo: ABCP, 1980. 22p.

PORTAL VIRTUHAB. **Alvenaria de bloco de solo-cimento**. 2022. Disponível em: <<https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/alvenaria-de-bloco-de-solo-cimento/>>. Acesso em 01 julho 2022.

PORTELA, N.; AMARAL, D. **Uso do tijolo ecológico: Aspectos e aplicações desta técnica construtiva nos dias atuais**. Revista Multidisciplinar, Faculdade do Noroeste de Minas, Minas Gerais. Patos de Minas, 2019.

PRESA, M. B. **Resistência à compressão e absorção de água em tijolos de solo cimento**. Monografia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2011.

PROMPT, C. **Curso de Bioconstrução. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural Sustentável**. Departamento de Desenvolvimento Rural Sustentável. Brasília: MMA, 2008. 64 p.

RIBEIRO, D. V.; AGNELLI, J. A. M.; MORELLI, M. R. Study of mechanical properties and durability of magnesium phosphate cement matrix containing grinding dust. **Materials Research [online]**. v. 16, n. 5 p. 1113-1121, 2013. Available from: <<https://doi.org/10.1590/S1516-14392013005000105>>. Accessed 25 May 2022.

RODRÍGUEZ-DIAS, M. Á. et al. Some recommendations for the construction of walls using adobe bricks. **Dyna rev.fac.nac.minas**, v.81, n.185, Medellín May/June 2014. Available from: <<http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v81n185.37582>>. Accessed on 2 June 2022.

SALMAR, Eduardo Nogueira. **Cartilha produção de tijolos de solo-cimento**. Instituto Educacional Piracicabano da Igreja Metodista – IEP. Editora UNIMEP. Piracicaba, 2016.

SEGANTINI, A. A. S. **Utilização de solo-cimento plástico em estacas escavadas com trado mecânico em Ilha Solteira (SP)**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000. 176f.

SILVA, A. M. da. **Avaliação das propriedades dos tijolos ecológicos produzidos na região de Feira de Santana**. 2016. 40 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2016.

SILVA, T. R. da et al. Soil-cement blocks: a sustainable alternative for the reuse of industrial solid waste. **Brazilian Journal of Environmental Sciences**, v.56, n.4, p. 673-686, 2021. Available from: <<https://doi.org/10.5327/Z21769478956>>. Accessed 1 June 2022.

SOUSA, L. M. P.; BARBOSA, U. R. **Tijolo ecológico: produção, características de projeto e rendimento de mão de obra na construção de residências de diferentes padrões**. 2017. II Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar – Centro Universitário de Mineiros, Minas Gerais, 2017.

SOUZA, M. I. B.; SEGANTINI, A. A. S.; PEREIRA, J. A. **Tijolos prensados de solo-cimento confeccionados com resíduos de concreto**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n.2, p.205–212, 2007.

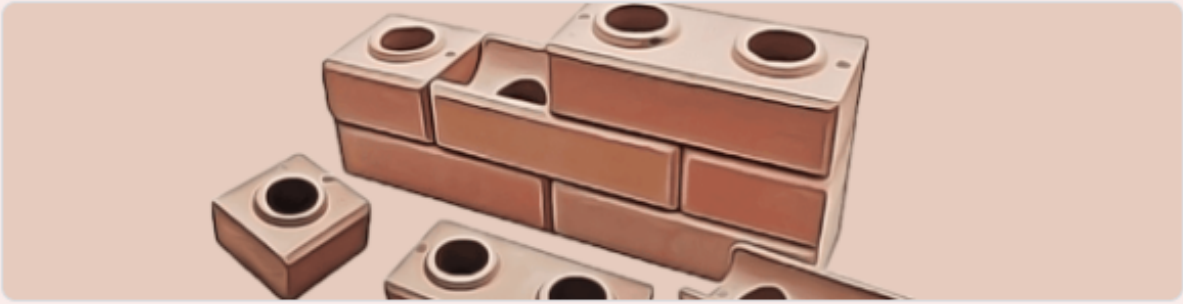
TORGAL, F. P.; JALALI, S. **Materiais biomiméticos: materiais de construção inspirados na natureza**. Net, Portugal, 2011, Portal Capes.

VIEIRA, B. V.; TAVARES, W. J. A. **Utilização de processos construtivos sustentáveis em edificações**. Jaraguá: Faculdade Evangélica de Jaraguá, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/1494/1/2019_1_TCC_VieiraValdivinoBenedito.pdf>. Acesso em 2 jun. 2022.

ANEXO A

Apresenta-se a pesquisa de opinião, estabelecida como um dos objetivos desse trabalho, onde foi realizada por intermédio de um questionário elaborado via *Google Forms*.

Figura A 1 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos



Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos

Olá, meu nome é Joel, estou cursando Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Formiga - UNIFOR-MG e estou iniciando meu Trabalho de Conclusão de Curso - TCC. Sendo assim, venho por meio deste formulário pesquisar sua opinião a respeito dos Tijolos Ecológicos, visto que essa pesquisa vai ser utilizada em meu TCC com o objetivo de informar o conhecimento da população a cerca desse material. Espero poder contar com sua ajuda!

"Sustentabilidade é conseguir possibilitar a vida, o conhecimento e as relações naturais de maneira justa, diversa, viável e ecológica."

Autor: Percio Ramos

Fonte: Próprio autor via *Google Forms*, 2022.

Figura A 2 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos

Nome Completo: *

Sua resposta

Idade: *

Sua resposta

Cidade em que você reside hoje: *

Sua resposta

Próxima

Página 1 de 4

Limpar formulário

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Google Formulários

Fonte: Próprio autor via *Google Forms*, 2022.

Figura A 3 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos

Tijolos Convencionais na construção civil

Tijolo Maciço: Diga-me se conhece este tijolo ou já ouviu falar *



☐ Sim

☐ Não

Fonte: Próprio autor via *Google Forms*, 2022.

Figura A 4 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos

Tijolo Baiano: Diga-me se conhece este tijolo ou já ouviu falar *



☐ Sim

☐ Não

Fonte: Próprio autor via *Google Forms*, 2022.

Figura A 5 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos

Tijolo Cerâmico: Diga-me se você conhece ou já ouviu falar *



☐ Sim

☐ Não

Fonte: Próprio autor via *Google Forms*, 2022.

Figura A 6 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos

Tijolo Ecológico (Solo-cimento): Diga-me se você conhece ou já ouviu falar *



☐ Sim

☐ Não

Fonte: Próprio autor via *Google Forms*, 2022.

Figura A 7 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos

Quais tijolos você já viu serem utilizados na construção civil ? *

- ☐ Tijolo Maciço
- ☐ Tijolo Baiano
- ☐ Tijolo Cerâmico
- ☐ Tijolo Ecológico

Fonte: Próprio autor via *Google Forms*, 2022.

Figura A 8 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos

Tijolo Ecológico

O Tijolo Ecológico ou mais conhecido como Tijolo Solo-Cimento, é um tipo de tijolo utilizado na construção civil feito de solo, cimento e água. O que faz ele ser ecológico é a ausência da queima em seu processo de fabricação, ou seja, ele não libera gás carbônico na atmosfera, sua produção consiste na prensa da mistura solo, cimento e água apenas. Sua facilidade e praticidade de produção permite que a mesma seja feita na própria obra utilizando uma prensa hidráulica em menos de 8 segundos por tijolo. Impressionante não é mesmo?

Você conhece os benefícios do Tijolo Ecológico ? *

- ☐ Sim
- ☐ Não

Você substituiria os Tijolos convencionais pelos Tijolos Ecológicos? *

- ☐ Sim
- ☐ Não

Fonte: Próprio autor via *Google Forms*, 2022.

Figura A 9 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos

Você construiria sua casa com Tijolos Ecológicos? *

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Talvez

Você já viu alguma construção sendo executada com o Tijolo Ecológico? *

- ☐ Sim
- ☐ Não

Você conhece alguma fábrica ou empresa que produz os Tijolos Ecológicos? *

- ☐ Sim
- ☐ Não

Se você conhece alguma fábrica ou empresa, descreva o nome abaixo:

Sua resposta

Fonte: Próprio autor via *Google Forms*, 2022.

Figura A 10 - Pesquisa de Opinião - Tijolos Ecológicos

The image shows a Google Form titled "Networking" in a red header. The main text asks: "Você tem interesse em saber mais sobre as técnicas construtivas dos Tijolos Ecológicos? Se sim, deixe seu e-mail abaixo para que eu te encaminhe meu TCC." Below this is a text input field labeled "Sua resposta". At the bottom, there are two buttons: "Voltar" (white) and "Enviar" (red). To the right of the "Enviar" button is a green progress bar and the text "Página 4 de 4". Further right is a red link "Limpar formulário". Below the form area, there is a disclaimer: "Nunca envie senhas pelo Formulários Google." followed by "Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google." and three underlined links: "Denunciar abuso", "Termos de Serviço", and "Política de Privacidade". At the very bottom is the "Google Formulários" logo.

Networking

Você tem interesse em saber mais sobre as técnicas construtivas dos Tijolos Ecológicos? Se sim, deixe seu e-mail abaixo para que eu te encaminhe meu TCC.

Sua resposta

Voltar **Enviar** Progresso **Página 4 de 4** **Limpar formulário**

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google. [Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Política de Privacidade](#)

Google Formulários

Fonte: Próprio autor via *Google Forms*, 2022.