



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO  
PERNAMBUCANO  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL  
CAMPUS SERRA TALHADA**

**ANDERSON MATHEUS GOMES DE ALMEIDA**

**SISTEMA CONSTRUTIVO COM TIJOLO SOLO - CIMENTO: ESTUDO DE CASO  
EM OBRA RESIDENCIAL NA CIDADE DE TRIUNFO - PE**

**Serra Talhada**

**2025**

ANDERSON MATHEUS GOMES DE ALMEIDA

**SISTEMA CONSTRUTIVO COM TIJOLO SOLO - CIMENTO: ESTUDO DE CASO  
EM OBRA RESIDENCIAL NA CIDADE DE TRIUNFO - PE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Serra Talhada, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Orientador:** Prof. Me. Elivelthon Carlos do Nascimento.

**Serra Talhada**

**2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

A447 Almeida, Anderson Matheus Gomes de.

Sistema construtivo com tijolo solo - cimento: estudo de caso em obra residencial na cidade de Triunfo - PE / Anderson Matheus Gomes de Almeida. - Serra Talhada, 2025.

68 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Serra Talhada, 2025.

Orientação: Prof. Msc. Elivelthon Carlos do Nascimento.

1. Construção Civil. 2. Tijolo solo-cimento. 3. Viabilidade econômica. 4. Método construtivo. 5. Estudo de caso. I. Título.

CDD 690

---


## ANDERSON MATHEUS GOMES DE ALMEIDA

### SISTEMA CONSTRUTIVO COM TIJOLO SOLO - CIMENTO: ESTUDO DE CASO EM OBRA RESIDENCIAL NA CIDADE DE TRIUNFO – PE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Serra Talhada, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.


Aprovado em: 15 / Dezembro / 2025.

#### BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 **ELIVELTHON CARLOS DO NASCIMENTO**  
Data: 22/12/2025 14:16:34-0300  
Verifique em <https://validar.if.gov.br>


Prof. Me. Elivelthon Carlos do Nascimento – Orientador

IFSertãoPE – Campus Serra Talhada

Documento assinado digitalmente  
 **RAFAELLA PEREIRA MARINHO**  
Data: 18/12/2025 13:49:07-0300  
Verifique em <https://validar.if.gov.br>


Prof. Me. Rafaella Pereira Marinho

Examinadora Interna (IFSertãoPE – Campus Serra Talhada)

Documento assinado digitalmente  
 **AISLAN MORORO PEREIRA CINTRA**  
Data: 18/12/2025 22:14:54-0300  
Verifique em <https://validar.if.gov.br>

Prof. Aislan Mororo Pereira Cintra

Examinador Interno (IFSertãoPE – Campus Serra Talhada)

Documento assinado digitalmente  
 **NILBERTO MUNIZ DE SOUSA**  
Data: 18/12/2025 13:59:13-0300  
Verifique em <https://validar.if.gov.br>

Prof. Me. Nilberte Muniz de Sousa

ETE Clóvis Nogueira Alves

SERRA TALHADA  
2025

## DEDICATÓRIA

A todos que acreditaram e me apoiaram ao longo dessa jornada. Em especial, aos meus pais, Maria Evangelina e José Edvanilson.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida, por ser minha força nos momentos difíceis e por conduzir meus passos ao longo desta caminhada.

Agradeço também a mim mesmo, pela perseverança diante das dificuldades e pela determinação em não desistir, mesmo quando os desafios pareciam maiores que minhas forças. Cada obstáculo superado fortaleceu meu caráter e consolidou minha confiança de que dias melhores sempre chegam.

À minha mãe, Maria Evângela, pelo amor incondicional, cuidado constante e apoio incansável, fundamentais para que eu chegasse até aqui. Ao meu pai, José Edvanilson, e à sua esposa, Regilene, que, mesmo à distância, sempre me incentivaram a estudar e acreditaram no meu sonho.

À minha família, que sempre me motivou a lutar pelos meus objetivos e a perseverar. Aos colegas de profissão, em especial Denis, Felipe, Rangel e João, pelos ensinamentos, oportunidades e incentivo ao meu crescimento profissional.

Aos amigos da faculdade, pelas experiências compartilhadas, pelo apoio mútuo e pelas lições que levarei para a vida.

Ao meu orientador, Elivelthon, pela paciência, orientação e apoio durante esta etapa tão importante da minha formação. Aos professores da universidade, pela dedicação e pelos conhecimentos transmitidos, que contribuíram significativamente para minha trajetória acadêmica.

Um agradecimento especial à minha noiva, Beatriz, e à sua mãe, Graça Almeida, pelo acolhimento, apoio e generosidade ao longo desses anos.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização desta conquista. A cada um, minha sincera gratidão.

## RESUMO

O setor da construção civil é um dos mais importantes para a economia do Brasil, gerando empregos, renda, moradia, infraestrutura e qualidade de vida para diversas pessoas. Entretanto, é responsável por elevados níveis de consumo de recursos, emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e geração de resíduos, exercendo forte influência sobre o meio ambiente. Nesse cenário, o tijolo solo-cimento surge com uma solução construtiva promissora, capaz de reduzir custos, otimizar prazos e minimizar impactos ambientais. Este trabalho busca mostrar a viabilidade técnica, econômica e sustentável do sistema construtivo com tijolo solo-cimento aplicado a uma construção residencial unifamiliar localizada na cidade de Triunfo – PE, comparando-o ao método construtivo convencional em tijolo cerâmico. Para esse fim, foram realizadas visitas técnicas à obra e a fábrica de tijolos ecológicos, levantamentos fotográficos, modelagem de projetos utilizando os softwares Revit e TQS, a partir do documento importado, para poder realizar a extração de todos os quantitativos relevantes, para elaboração dos orçamentos com base no SINAPI, avaliando economicamente, os elementos em concreto armado, alvenarias, revestimentos e pinturas nos dois métodos construtivos. Ao fim, constatou-se que o tijolo solo-cimento apresenta vantagens significativas, como redução de custos, devido ao menor consumo de materiais, menor geração de resíduos e benefícios ambientais. O estudo também identificou os fatores que tornam o sistema mais econômico e sustentável, evidenciando sua viabilidade como alternativa construtiva para edificações residenciais.

Palavras-chave: Tijolo solo-cimento; viabilidade econômica; método construtivo; estudo de caso.

## ABSTRACT

The civil construction sector is one of the most important for Brazil's economy, generating employment, income, housing, infrastructure, and improved quality of life for a large portion of the population. However, it is also responsible for high levels of resource consumption, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions, and waste generation, exerting significant pressure on the environment. In this context, the soil-cement brick emerges as a promising construction solution, capable of reducing costs, optimizing construction timelines, and minimizing environmental impacts. This study aims to demonstrate the technical, economic, and sustainable feasibility of the soil-cement brick construction system applied to a single-family residential building located in the city of Triunfo, Pernambuco, Brazil, comparing it with the conventional construction method using ceramic bricks. To this end, technical visits were carried out to the construction site and to an ecological brick factory, along with photographic surveys and project modeling using the Revit and TQS software. Based on the imported documents, all relevant quantities were extracted to prepare cost estimates using SINAPI, enabling an economic evaluation of reinforced concrete elements, masonry, finishes, and painting in both construction methods. The results indicate that the soil-cement brick system presents significant advantages, such as cost reduction due to lower material consumption, reduced waste generation, and environmental benefits. The study also identified the factors that make this system more economical and sustainable, highlighting its feasibility as an alternative construction method for residential buildings.

**Keywords:** Soil-cement brick; economic feasibility; construction method; case study.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dimensão tijolo dois furos (a). Dimensão do tijolo maciço (b).....	20
Figura 2: Primeira fiada dos tijolos sem argamassa (a) primeira fiada dos tijolos com argamassa (b) .....	22
Figura 3:Primeira fiada de tijolos com fixação dos ferros .....	22
Figura 4: Detalhe da amarração com grampos em “U” .....	22
Figura 5: Detalhe de uma fiada de tijolo canaleta .....	23
Figura 6: Alvenaria com acabamento do rejunte flexível .....	23
Figura 7: Temperatura do lado externo da alvenaria (a), temperatura do lado interno da alvenaria (b) .....	24
Figura 8: Tripe da sustentabilidade .....	27
Figura 9: Casa Alagoas (a), Residência Campo (b) .....	28
Figura 10: Fluxograma .....	30
Figura 11: Modelo – Tijolo cerâmico .....	31
Figura 12: Modelo – Tijolo Ecológico.....	32
Figura 13: Perspectiva 3D do modelo estrutural .....	33
Figura 14: Composição de alvenaria em tijolo ecológico .....	34
Figura 15: Composição com tijolo cerâmico.....	34
Figura 16: Planta baixa de locação e cobertura .....	36
Figura 17: Planta baixa – nível subsolo.....	36
Figura 18: Planta baixa – nível térreo.....	37
Figura 19: Cimento Portland CP V ARI RS (a), Pó de pedra (b), Areia (c) .....	38
Figura 20: Peneira giratória elétrica .....	39
Figura 21: Betoneira 400l .....	40
Figura 22: Produção do tijolo ecológico prensado.....	40
Figura 23: Armazenamento do tijolo ecológico em paletes de madeira .....	41
Figura 24: Terreno .....	42
Figura 25:Baldrames Impermeabilizadas (a), Concretagem da laje maciça (b), Armação da Sapata (c) .....	43
Figura 26: Alvenaria em pedra bruta (a), Alvenaria em tijolo ecológico (b), Alvenaria em tijolo cerâmico (c) .....	44
Figura 27: Primeira fiada de tijolos com argamassa.....	44
Figura 28: Fixação dos ferros na alvenaria .....	45

Figura 29: Detalhe de fiadas com tijolo canaleta.....	46
Figura 30: Aplicação do rejunte na alvenaria .....	46
Figura 31: Muro com tijolo ecológico e embasamento em blocos cerâmicos (a), muro de arrimo (b).....	47
Figura 32: Cobertura em telha cerâmica e trama metálica.....	48
Figura 33: Instalações elétricas.....	49
Figura 34: Alvenaria com aplicação de gesso e alvenaria no emboço para aplicação do revestimento.....	50
Figura 35: Detalhes dos pilares e relação de aço .....	51
Figura 36: Resumo de concreto e fôrmas .....	52
Figura 37: Detalhamento do pilar 11 e 3 e tabelas de resumo de aço .....	53
Figura 38: Custos por etapas – Método construtivo ecológico.....	62
Figura 39: Custos por etapas – Método construtivo tradicional.....	62
Figura 40: Comparativo orçamentário entre os sistemas analisados .....	63

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais tipos de tijolos solo-cimento .....	18
Quadro 2: Normas técnicas referentes ao tijolo solo-cimento .....	26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tipos e dimensões nominais do tijolo solo-cimento .....	19
Tabela 2: Quantitativo – Modelo construtivo com tijolo solo-cimento .....	51
Tabela 3: Quantitativo – Modelo construtivo com tijolo cerâmico .....	52
Tabela 4: Orçamentação da fundação – Sistema construtivo ecológico .....	53
Tabela 5: Orçamentação da fundação – Sistema construtivo tradicional .....	54
Tabela 6: Orçamentação dos pilares – Sistema construtivo ecológico .....	55
Tabela 7: Orçamentação dos pilares – Sistema construtivo tradicional.....	55
Tabela 8: Orçamentação das vigas – Sistema construtivo ecológico .....	56
Tabela 9: Orçamentação das vigas – Sistema construtivo tradicional.....	57
Tabela 10: Orçamentação da laje maciça – Sistema construtivo ecológico .....	58
Tabela 11: Orçamentação da laje maciça – Sistema construtivo tradicional .....	58
Tabela 12: Orçamentação da alvenaria em tijolo ecológico .....	59
Tabela 13: Orçamentação da alvenaria cerâmica .....	59
Tabela 14: Orçamentação dos revestimentos – Sistema construtivo ecológico .....	60
Tabela 15: Orçamentação dos revestimentos – Sistema construtivo tradicional.....	60
Tabela 16: Orçamentação da pintura – Sistema construtivo ecológico .....	61
Tabela 17: Orçamentação da pintura – Sistema construtivo convencional .....	61

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
PIB	Produto Interno Bruto
MCMV	Minha Casa Minha Vida
CFTV	Circuito Fechado de Televisão
ISO	International Organization for Standardization
AC1	Argamassa Colante 1
CP-V	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial
SINAPI	Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil
IBGE	Índice Brasileiro de Geografia e Estatística
RCD	Resíduos da construção e demolição
CO2	Dióxido de carbono

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14-16</b>
1.1	Contexto geral .....	14
1.2	Justificativa .....	15
1.3	Objetivo .....	16
1.3.1	Objetivo Geral .....	16
1.3.2	Objetivo Específico .....	16
<b>2.</b>	<b>REFERÊNCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17-29</b>
2.1	Definição .....	17
2.2	Tipos de tijolos solo-cimento .....	17-18
2.3	Fabricação.....	18-19
2.4	Dimensões .....	19-20
2.5	Resistência do tijolo solo-cimento .....	20
2.6	Erros mais comuns na construção com tijolo ecológico .....	20-21
2.7	Etapas da construção.....	21-23
2.8	Vantagens .....	23-24
2.9	Desvantagens .....	25
2.10	Normas técnicas.....	25-26
2.11	Sustentabilidade .....	26-27
2.12	Uso do tijolo solo cimento na região pernambucana .....	27-29
<b>3.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>30-37</b>
3.1	Etapas da pesquisa .....	30
3.1.1	Etapas iniciais da pesquisa .....	30-31
3.1.2	Modelagem no Revit.....	31-32
3.1.3	Projeto Estrutural.....	32-33
3.1.4	Orçamento.....	33
3.1.4.1	Extração de quantitativos.....	33-35
3.1.4.2	Orçamentação.....	35
3.2	Apresentação do projeto arquitetônico .....	36-37
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>38-63</b>
4.1	Caracterização da fábrica.....	38
4.1.1	Materiais Utilizados .....	38
4.1.2	Peneiramento do solo.....	39
4.1.3	Mistura.....	39-40

4.1.4	Prensagem .....	40
4.1.5	Estocagem .....	41
<b>4.2</b>	<b>Execução da obra .....</b>	<b>41</b>
4.2.1	Limpeza do terreno e movimento de terra .....	41-42
4.2.2	Instalação do canteiro de obras e locação .....	42
4.2.3	Estruturas de concreto .....	42-43
4.2.4	Alvenarias.....	43-44
4.2.5	Assentamento da primeira fiada .....	44
4.2.6	Fixação dos ferros colunas.....	45
4.2.7	Graute .....	45
4.2.8	Canaletas .....	45-46
4.2.9	Rejunte .....	46
4.2.10	Impermeabilização das alvenarias .....	47
4.2.11	Muros .....	47
4.2.12	Cobertura .....	48
4.2.13	Instalações elétricas.....	48-49
4.2.14	Instalações hidrossanitárias .....	49
4.2.15	Revestimento .....	49-50
<b>4.3</b>	<b>Levantamento de quantitativos dos sistemas construtivos analisados.....</b>	<b>50</b>
4.3.1	Extração do quantitativo a partir da arquitetura – tijolo ecológico .....	50-51
4.3.2	Quantitativo estrutural .....	51
4.3.3	Extração do quantitativo a partir da arquitetura – tijolo cerâmico .....	51-52
4.3.4	Quantitativo estrutural .....	52-53
<b>4.4</b>	<b>Apresentação dos custo por etapas construtivas .....</b>	<b>53</b>
4.4.1	Fundações.....	53-54
4.4.2	Pilares .....	54-55
4.4.3	Vigas .....	55-57
4.4.4	Lajes.....	57-58
4.4.5	Alvenarias.....	59
4.4.6	Revestimento .....	59-61
4.4.7	Pintura.....	61
<b>4.5</b>	<b>Análise da viabilidade econômica .....</b>	<b>61-63</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>64-65</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>66-68</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 CONTEXTO GERAL

A indústria da construção civil desempenha papel significativo na economia brasileira, contribuindo de forma expressiva para o Produto Interno Bruto (PIB) do país. Nos últimos anos, o setor tem sido impulsionado por ciclos de crescimento e por políticas voltadas ao incentivo habitacional. Segundo dados da *Trading Economics* (2025) o PIB da construção civil apresentou um aumento no segundo trimestre de 2025, passando de aproximadamente R\$ 16.636,67 milhões para R\$ 16.851,10 milhões.

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), o setor registrou crescimento de 4,1% em 2024, impulsionado pela retomada do Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) e um mercado imobiliário aquecido. No entanto, foi registrada uma queda de 0,8% no Produto Interno Bruto (PIB) da construção civil no primeiro trimestre de 2025, em comparação com os últimos três meses de 2024, pela forte elevação da taxa Selic, que subiu de 10,50% para 14,75% desde setembro de 2024, conseqüentemente taxas de juros mais altas. Apesar do recuo trimestral, o setor ainda mostra desempenho positivo quando comparado ao mesmo período de 2024, cresceu 3,4% em relação ao primeiro trimestre do ano passado.

Diante desse cenário, é notável a grande necessidade da adoção de métodos construtivos mais econômicos, eficientes e sustentáveis, capazes de reduzir custos, otimizar prazos e atender às novas demandas do mercado de trabalho. Nesse contexto, se destaca o tijolo solo-cimento, que vem ganhando espaço devido as suas vantagens econômicas e ambientais. Segundo Fraga et al. (2016) a utilização dos blocos solo-cimento pode proporcionar entre 20% e 40% de economia na edificação, além de reduzir em cerca de 30% o tempo da construção, 70% o consumo de argamassa e concreto e aproximadamente 50% o uso de ferro e madeira, quando comparado com a alvenaria convencional.

Assim, o sistema construtivo em tijolo ecológico tem se consolidado como tecnologia viável e competitiva para edificações residenciais, unindo sustentabilidade e desempenho técnico.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O setor da construção civil é considerado como vital para o desenvolvimento socioeconômico do país. Entretanto, trata-se de um dos segmentos que mais consomem recursos naturais, tanto na etapa de extração quanto na fabricação das matérias-primas, resultando em impactos ambientais significativos. Por isso, torna-se essencial a busca por alternativas construtivas sustentáveis, eficientes e economicamente viáveis, capazes de reduzir tais impactos e promover práticas mais sustentáveis (Paixão et al., 2023)

Atualmente, o sistema construtivo com os tijolos cerâmicos é amplamente utilizado para construções residenciais no Brasil. Apesar de sua disseminação, esse método apresenta elevada geração de resíduos sólidos, muita das vezes descartados de forma inadequada. O sistema apresenta desvantagens relacionadas ao tempo de execução, à economia global da obra, à sustentabilidade e ao desempenho termoacústico, quando comparado ao tijolo solo-cimento (Negreiros et al., 2023).

Nesse contexto, o tijolo solo-cimento apresenta-se como uma alternativa construtiva viável, oferecendo vantagens em termos de sustentabilidade, velocidade de execução, economia e qualidade construtiva. Seu assentamento é realizado por meio de um sistema de encaixes, utilizando ou não argamassa de assentamento, o que contribui para menor consumo de materiais, redução de resíduos sólidos e aumento da produtividade da mão de obra (Figueiredo et al., 2024).

Este estudo se justifica pela necessidade de difusão de sistema construtivos sustentáveis, rompendo barreiras culturais e suprimindo a carência de informações sobre tecnologias alternativas. Mostrando que o tijolo ecológico não apenas reduz os impactos ambientais, mas também pode proporcionar benefícios relevantes para a construção civil, como economia para obra, durabilidade, melhor conforto térmico, melhor acabamento estético e maior eficiência na execução, características que podem superar aquelas observadas no método construtivo com tijolo cerâmico.

Além disso, a popularização desse sistema pode impulsionar a construção sustentável no Brasil, alinhando-se à crescente demanda por edificações que conciliem desempenho e responsabilidade ambiental. Por meio de um estudo de caso, este trabalho apresenta evidências concretas dos benefícios e possibilidades associadas ao uso do tijolo solo-cimento, contribuindo para sua avaliação técnica.

## 1.3 OBJETIVO

### 1.3.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo de caso em uma obra residencial unifamiliar, situada em Triunfo–PE, com o objetivo de analisar o desempenho técnico, econômico e sustentável do sistema construtivo em tijolo solo-cimento, comparando-o ao método tradicional com tijolo cerâmico, de modo a identificar suas vantagens, desvantagens e implicações para a construção civil.

### 1.3.2 Objetivo Específico

- Conhecer o sistema construtivo com o tijolo solo cimento;
- Analisar suas vantagens e desvantagens;
- Apresentar planilhas orçamentárias comparando o custo de cada método construtivo apresentado;
- Mostrar as etapas da construção com o tijolo solo-cimento.

## 2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

### 2.1 DEFINIÇÃO

De acordo com a NBR 8491 (ABNT, 2012) o tijolo solo-cimento é uma mistura homogênea de solo, cimento Portland e água, podendo conter aditivos, sendo compactado e endurecido sem a necessidade de queima. Esse tipo de tijolo pode ser empregado tanto em alvenarias de vedação quanto estruturais, desde que atenda aos requisitos técnicos estabelecidos, como resistência à compressão e absorção de água.




Os tijolos solo-cimento surgem como uma alternativa sustentável para a construção civil, minimizando os impactos ambientais durante sua fabricação e utilização na construção. Utilizando materiais alternativos, reduzindo a geração de resíduos sólidos, menor consumo de energia e seu desempenho termoacústico promissor, trazendo práticas mais sustentáveis na indústria da construção (Souza, 2023).

Segundo Marrota e Santos (2023), os tijolos podem ser fabricados com materiais reciclados ou decorrentes de fontes renováveis, como resíduos de construção, solo cimento e fibras vegetais, dispensando o processo da queima em fornos, gastando menos energia e água na produção, diminuindo a emissão de carbono.

### 2.2 TIPOS DE TIJOLOS SOLO-CIMENTO

De acordo com Tijolo Ponto Eco (2020), os tijolos solo-cimento utilizados em construções residenciais podem ser classificados em três tipos principais, cada um destinado a funções específicas dentro do sistema construtivo. O Quadro 1 apresenta, de forma sistematizada, as características de cada um.

Quadro 1: Principais tipos de tijolos solo-cimento

TIPO	UTILIZAÇÃO	ILUSTRAÇÃO
<b>Tijolo Modular</b>	O tijolo modular possui o formato retangular, com encaixes laterais (macho e fêmea) que facilitam a montagem das paredes, servindo como elemento estrutural e vedação.	
<b>Tijolo Canaleta</b>	O tijolo canaleta possui o formato em “U”, usado para execução de vergas, contra vergas, cintas de amarração. Possui um canal onde recebe graute ou concreto e armaduras, permitindo reforço estrutural dentro da alvenaria. Usado também para passagem de instalações elétricas, hidráulicas, circuito fechado de televisão (cftv).	
<b>Tijolo Meio Bloco</b>	O tijolo meio-bloco possui dimensões reduzidas em comparação ao tijolo modular, sendo utilizado principalmente para fechamento de modulação, ajuste de amarração, finalização de fiadas, correções de medidas nas alvenarias e detalhes construtivos.	

Fonte: Adaptada de Lapin (2023)

## 2.3 FABRICAÇÃO

De acordo com a NBR 10833 (ABNT, 2012), o solo empregado na fabricação de tijolos ou blocos de solo cimento deve passar integralmente pela peneira de abertura de 4,75 mm e apresentar granulometria que permita a passagem de 10% a 50% de material passante na peneira de 75 µm, conforme estabelece a ABNT NM ISO 3310-1. Além disso, o solo deve apresentar um índice de limite de liquidez menor ou igual a 45% e o índice de plasticidade menor ou igual a 18%. Todo o solo deve estar livre de matéria orgânica em quantidade que atrapalhe a hidratação do cimento.

O cimento Portland utilizado na mistura precisa atender à ABNT NBR 16697. A água deve ser isenta de impurezas que prejudiquem o processo de hidratação do cimento. É permitido a utilização de aditivos, assim como pigmentos, desde que o produto atenda aos requisitos físico-químicos estabelecidos pela ABNT NBR 8491 e 10834.

Conforme Grande (2003), o processo de fabricação do tijolo solo-cimento prensado tem os seguintes processos:

- **Preparação do solo:** Consiste na quebra e destorroamento do material, seguido de peneiramento a seco para obtenção de granulometria adequada.
- **Preparo da mistura:** envolve a adição do cimento ao solo, já peneirado, misturando os materiais até atingirem a coloração uniforme, após isso colocar água gradativamente, misturando os materiais, até atingir a umidade ideal de trabalho.

- **Moldagem dos tijolos:** Transferir a mistura para o molde e executar a prensagem manual ou mecânica.
- **Cura e armazenamento:** Conforme a NBR 10833 (2012), após a moldagem e durante os sete primeiros dias, manter os elementos úmidos, a fim de garantir a cura necessária. Os tijolos devem ser utilizados após 14 dias de sua fabricação. Após a cura, recomenda-se o uso de paletes para o armazenamento e transporte dos tijolos.

## 2.4 DIMENSÕES

Segundo a NBR 8491 (ABNT,2012), os tijolos solo-cimento devem atender às dimensões padronizadas apresentadas na Tabela 1. Entretanto, é possível adotar dimensões diferentes, desde que seja mantida a relação geométrica fundamental, na qual a altura do elemento deve ser inferior à sua largura.

Tabela 1: Tipos e dimensões nominais do tijolo solo-cimento

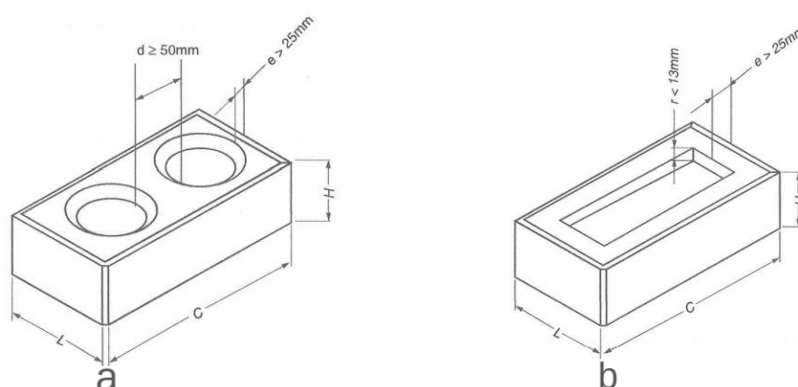
TIPOS	COMPRIMENTO (mm)	LARGURA (mm)	ALTURA (mm)
A	200	100	50
B	240	120	70

Fonte: Adaptada da NBR 8491 (ABNT, 2012)

Para os tijolos contendo dois furos, a espessura mínima entre a face externa e o furo deve ser no mínimo de 25 mm, e a distância mínima entre os próprios furos deve ser de 50mm, conforme ilustrado na Figura 1a.

No caso de tijolos portadores de retrâncias (Figura 1b), a norma estabelece que a distância mínima a partir das arestas das faces das retrâncias deve ser no mínimo de 25 mm, a profundidade máxima permitida é de 13 mm.

Figura 1: Dimensão tijolo dois furos (a). Dimensão do tijolo maciço (b)



Fonte: Adaptado da NBR 8491 (ABNT,2012)

## 2.5 RESISTÊNCIA DO TIJOLO SOLO-CIMENTO

De acordo com a NBR 8491 (ABNT, 2012) o tijolo de solo-cimento, deve apresentar uma resistência média a compressão não inferior a 2,0 MPa (20 kgf/cm<sup>2</sup>), e nenhuma unidade individual pode apresentar resistência inferior a 1,7 MPa (17 kgf/cm<sup>2</sup>) na idade mínima de sete dias. Esses parâmetros garantem o desempenho mínimo necessário para a utilização segura dos elementos em alvenarias de vedação ou estrutural.

Conforme Lima (2023) a incorporação de resíduos de construção e demolição (RCD) na produção de tijolos ecológicos é positiva, promovendo ganhos significativos de resistência. A autora observou ganhos variando entre 0,48 MPa e 1,4 MPa em relação à resistência mínima de 2,0 Mpa, resultando em valores finais entre 2,48 MPa e 3,4 Mpa ao incorporar RCD nos tijolos ecológicos. Tais resultados demonstram que o uso de RCD pode não apenas atender, mas superar os requisitos estabelecidos normativamente, evidenciando seu potencial como material sustentável e tecnicamente viável.

## 2.6 ERROS MAIS COMUNS NA CONSTRUÇÃO COM TIJOLO ECOLÓGICO

De acordo com Jarfel (2025), a execução da alvenaria com tijolos ecológicos pode apresentar diversos problemas quando determinadas etapas construtivas não são executadas corretamente. Entre os erros mais frequentes, destaca-se as falhas na modularidade, proveniente do descuido com as dimensões padronizadas e com o

sistema modular de blocos, resultando em cortes desnecessários e desalinhamentos ao longo da alvenaria.

Outro problema comum é o posicionamento incorreto do sistema macho-fêmea, cujo encaixe de forma inadequada compromete a estabilidade e eficiência, tanto do conjunto como a vedação das juntas. Com ausência de folgas de dilatação, que são necessárias para acomodar as movimentações térmicas e higroscópica da alvenaria, pode ocasionar o surgimento de trincas e fissuras.

A utilização de tijolos fora dos padrões de qualidade constitui uma falha relevante, pois o elemento com baixa resistência ou irregularidades dimensionais tendem a prejudicar o desempenho e vida útil da construção. Por fim, destaca-se o nivelamento inadequado da primeira fiada, uma vez que a execução incorreta da base provoca desalinhamentos progressivos nas próximas fiadas, comprometendo a estabilidade e estética das alvenarias da edificação.

## 2.7 ETAPAS DA CONSTRUÇÃO

De acordo com Tijolo Ponto Eco (2020) a execução da alvenaria com tijolos ecológicos requer atenção a etapas fundamentais para garantir o desempenho estrutural e a qualidade final da obra. O posicionamento da primeira fiada (Figura 2a) é crucial para definir o alinhamento, prumo e esquadro de toda a alvenaria da edificação. Inicialmente os tijolos são dispostos sem argamassa para verificar o esquadro, alinhamento e os encontros de paredes. Após essa disposição, realiza-se a marcação com giz ou lápis de carpinteiro e inicia-se o assentamento com argamassa (Figura 2b), começando pelos cantos e utilizando ferramentas necessárias para garantir a precisão, como a linha de pedreiro e o prumo.

Durante a execução da alvenaria, são fixados os vergalhões das colunas, conforme especificado no projeto estrutural. Esses elementos são inseridos nos furos dos tijolos com aproximadamente 20 cm de profundidade no radier ou viga baldrame, preenchidos com graute (Figura 3). Os vergalhões são geralmente cortados em barras de 1,50 m, de modo a facilitar sua inserção e execução. A cada 50 cm de altura, são posicionados grampos em formato de “U”, confeccionados a partir da dobra dos vergalhões, com finalidade de promover a amarração, reforçando os cantos e encontros de paredes (Figura 4).

Figura 2: Primeira fiada dos tijolos sem argamassa (a) primeira fiada dos tijolos com argamassa (b)



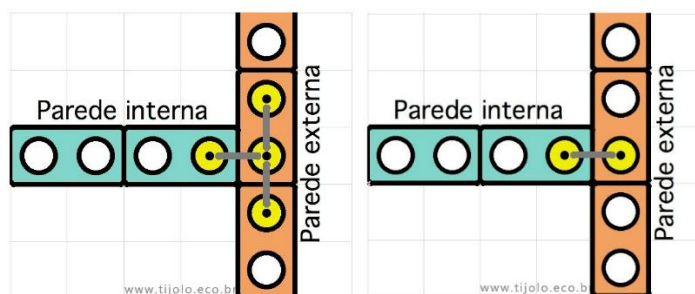
Fonte: Adaptada de Tijolo Eco Ponto (2020)

Figura 3: Primeira fiada de tijolos com fixação dos ferros



Fonte: Adaptada de Tijolo Eco Ponto (2020)

Figura 4: Detalhe da amarração com grampos em “U”



Fonte: Adaptada Tijolo Eco Ponto (2020)

A concretagem das colunas é realizada com graute em camadas de aproximadamente 50 cm, evitando bolsões de ar. O grauteamento é executado em cantos, encontros de paredes, laterais de portas e janelas, nos furos destinados às colunas e nas fiadas de canaletas. As canaletas, por sua vez, atuam como cintas de amarração, sendo assentadas a cada um metro de altura e reforçadas com dois vergalhões posicionados na horizontal (Figura 5).

Figura 5: Detalhe de uma fiada de tijolo canaleta



Fonte: Adaptada de Tijolo Eco Ponto (2020)

Geralmente em edificações térreas, é comum termos três fiadas de tijolos canaletas, uma na altura da contra-verga, na verga e no arremate (abaixo da laje ou telhado).

Após o assentamento, procede-se o rejuntamento flexível adequado para alvenarias de tijolo solo-cimento, aplicado com ferramentas específicas para o serviço (Figura 6). As faces internas e externas não podem permanecer desprotegidas. Quando se opta por deixar as alvenarias aparentes, recomenda-se a aplicação de resina acrílica para proteção contra intempéries e umidade. Caso seja adotado revestimento convencional, seguem-se as etapas de chapisco, emboço e reboco, definidas conforme padrão estético desejado.

Figura 6: Alvenaria com acabamento do rejunte flexível



Fonte: Adaptada de Tijolo Eco Ponto (2020)

## 2.8 VANTAGENS

Segundo Soares (2023) o uso do tijolo solo-cimento gera menos resíduos sólidos e a construção é mais rápida por conta do sistema de encaixes, minimizando o uso de argamassa. Dispensando o chapisco, emboço, reboco, emassamento, pintura e fôrmas de madeira já que as colunas são embutidas nos próprios furos dos tijolos. Facilitando as instalações hidráulicas e elétricas, onde tudo é embutido nos

furos dos tijolos, não sendo necessário o corte nas alvenarias como em construções de bloco cerâmico, reduzindo a quantidade de entulhos na obra.

Destaca-se todo o seu processo de fabricação que utiliza um material de grande abundância, o solo, onde todo o seu processo pode ser feito manualmente, além de não precisar da queima do tijolo para sua fabricação, assim não havendo emissão de gases poluentes (Motta et al., 2014). Onde pode-se ter uma economia na alvenaria de tijolo ecológico que varia de 30% até 50% em relação a alvenaria de bloco cerâmico (Weber; Campos; Borga, 2017).

Tem-se um bom conforto térmico e acústico, por conta do material possuir características isolantes, medidas e texturas regulares, minimizando o desperdício e melhorando o acabamento, e os encaixes do mesmo orientam o assentamento, ajudando no alinhamento, evitando trincas, diminuindo o peso da construção e tempo de obra (Matos; Lobo; Couto, 2024).

Segundo Dunel (2020), o que mais influencia as propriedades térmicas do tijolo solo-cimento é a espessura, calor específico, absorvância e a condutividade térmica, que fazem uma otimização do seu desempenho. Onde o tijolo solo-cimento contribui para melhores condições térmicas em horários do dia considerados críticos, onde proporciona menores temperaturas internas com o menor ganho de calor. Devido o tijolo possuir dois furos, aumenta o isolamento termoacústico, onde os furos compõem câmaras de ar no âmago das alvenarias (Motta et al., 2014). Na Figura 7 pode-se analisar essa influência térmica causada pelo tijolo solo-cimento, onde tem-se a aferição realizada durante um horário crítico, do lado externo e interno de uma alvenaria.

Figura 7: Temperatura do lado externo da alvenaria (a), temperatura do lado interno da alvenaria (b)



Fonte: Autor

## 2.9 DESVANTAGENS

Devido ao seu processo de fabricação, os tijolos solo-cimento geralmente são produzidos sob encomenda, não sendo comercializado a pronta entrega. Além disso, esse tipo de construção requer mão de obra qualificada para garantir uma execução adequada (Soares, 2023). Outro ponto a ser observado refere-se ao não atendimento dos requisitos normativos para escolha do solo durante a fabricação, favorecendo assim o surgimento de manifestações patológicas (Motta et al., 2014)

Nas construções com tijolos aparentes, eventuais manutenções nas instalações elétricas ou hidráulicas que demandem o recorte da alvenaria em determinado trecho, pode ser tornar um problema, pois mesmo que seja reposto a área recortada, o encaixe não seria o mesmo, tendo uma diferença estética (Gomes, 2017)

Outro ponto desfavorável é a baixa resistência a impactos nos cantos e quinas dos tijolos. Ademais, se houver erros de dosagem na hora da fabricação podem contribuir com o surgimento de manifestações patológicas nas construções (Matos; Lobo; Couto, 2024).

## 2.10 NORMAS TÉCNICAS

Para garantir a qualidade, desempenho e a segurança dos tijolos produzidos com o solo-cimento, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece um conjunto de normas específicas que orientam desde a seleção do solo até os métodos de ensaio e requisitos do produto. No Quadro 2 são apresentadas as principais normas relacionadas aos tijolos e blocos de solo-cimento, bem como sua finalidade.

Quadro 2: Normas técnicas referentes ao tijolo solo-cimento

Norma	Título	Aplicação / Conteúdo
ABNT NBR 8491	Tijolo de solo-cimento – Requisitos	Define requisitos mínimos para aceitação do tijolo solo-cimento: dimensões, variações permitidas, resistência mínima, absorção, qualidade do solo, cura, entre outros. Aplicada para alvenaria sem função estrutural.
ABNT NBR 8492	Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio	Estabelece os métodos de ensaio: medição dimensional, resistência à compressão e absorção de água. Complementa a NBR 8491.
ABNT NBR 10833	Fabricação de tijolo e bloco de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimento	Norma que define o processo de fabricação, incluindo escolha do solo, preparo da mistura, prensagem, retirada da forma e cura.
ABNT NBR 10834	Bloco de solo-cimento sem função estrutural – Requisitos	Define requisitos técnicos e de qualidade para blocos de solo-cimento utilizados em alvenaria sem função estrutural. Similar à NBR 8491, porém voltada para blocos.
ABNT NBR 10836	Bloco de solo-cimento – Análise dimensional, resistência à compressão e absorção – Métodos de ensaio	Estabelece métodos de ensaio (dimensão, resistência e absorção) para blocos de solo-cimento. Complementa a NBR 10834.

Fonte: Autor

## 2.11 SUSTENTABILIDADE

A sustentabilidade dentro da construção civil é assegurar que sejam realizadas ações que reduzam os impactos ambientais, potencializem a viabilidade econômica antes, durante e após as construções, proporcionando uma boa qualidade de vida para as gerações atuais e futuras (Mobus Construções, 2025).

É importante entender o termo “sustentabilidade”, ratificando as necessidades atuais da população, sem comprometer os recursos naturais para as futuras gerações, sem agressão do meio ambiente, assegurando o desenvolvimento sustentável da sociedade (Marques; Simões; Braga, 2025).

O chamado *Triple Bottom Line* conhecido como o Tripe da Sustentabilidade (Figura 8), é um conceito que ajuda a pensar de maneira mais responsável e consciente. Como o nome já retrata, o tripe só funciona se os três pilares estiverem em equilíbrio: o pilar social, ambiental e econômico (Meio Sustentável, 2021).

Figura 8: Tripe da sustentabilidade



Fonte: Meio Sustentável (2021)

- Pilar Social

Está ligado a responsabilidade social que a empresa tem sobre as pessoas ligadas a ela diretamente e indiretamente proporcionando um ambiente harmonioso que estimula a produtividade. Com os que estão ligados indiretamente são realizadas ações como projetos sociais, programas de incentivo a educação e valorização da mão de obra local (Meio Sustentável, 2021).

- Pilar Ambiental

Voltado para as ações que a empresa executa para amenizar os impactos ambientais negativos causados por ela, adotando prática sustentáveis que reduzem a emissão de poluentes e a produção de resíduos, uso da energia renovável, apoio a reciclagem de materiais. Assim, é possível continuar a exploração dos recursos naturais de forma equilibrada com o meio ambiente. Onde a empresa precisa ter comprometimento para as novas práticas sustentáveis (Meio Sustentável, 2021).

- Pilar Econômico

Aqui a empresa precisa de uma gestão sustentável e que sejam responsáveis financeiramente, reduzindo gastos desnecessários e renovando equipamentos e ferramentas visando melhorias na produtividade. Buscando lucros através de ações sociais e sustentáveis (Meio Sustentável, 2021).

## 2.12 USO DO TIJOLO SOLO CIMENTO NA REGIÃO PERNAMBUCANA

A região pernambucana vem apresentando um crescimento na adoção e no incentivo ao uso de materiais sustentáveis na construção civil, com destaque para o tijolo de solo-cimento (Vieira, 2024).

Entretanto, ao consultar algumas construtoras, arquitetos e engenheiros que atuam tanto com os financiamentos habitacionais, como em obras com recursos próprios, identificou-se uma resistência significativa a adoção desse método. Onde foi relatado sobre as dificuldades para encontrar mão de obra especializada, dificuldades logísticas na aquisição dos materiais e a falta de conhecimento em parte da população sobre os benefícios do tijolo solo-cimento. Há, ainda, uma percepção de que esse material oferece menor confiança estrutural, além de ser considerada mais complexa de se executar em comparação com métodos convencionais.

Já outras empresas relataram que já vem implementando esse método sustentável em suas obras, buscando inovação, praticidade e economia, conforme a Figura 9, que apresenta duas obras com sistema construtivo em tijolo ecológico. Porém, ressaltam que a logística de aquisição do material ainda representa um desafio, por esse motivo, a maioria das construtoras, engenheiros e arquitetos entrevistados possuem sua própria fábrica de tijolos ecológicos ou trabalham com parceiros que produzem o material.

Figura 9: Casa Alagoas (a), Residência Campo (b)



Fonte: Autor

Segundo o Gabinete de Inovação Urbana (2023) a Prefeitura Municipal de Recife-PE através da Secretaria Executiva de Inovação e Urbana em parceria com a Santa Rosa Engenharia, promoveu um curso de imersão em tijolos ecológicos, onde seu principal objetivo seria conscientizar a população sobre o descarte correto dos resíduos sólidos da construção civil e capacitar os moradores a reciclarem esse material, onde tiveram aulas teóricas e práticas, aprendendo a fabricar seu próprio tijolo ecológico.

A prefeitura de Recife criou em 2016, o Programa Mais Vida, sendo uma política pública de inovação e resiliência urbana que visa reduzir desigualdades socioespaciais e promover o desenvolvimento sustentável. Até junho de 2023, 58

comunidades foram atendidas, beneficiando mais de 54 mil pessoas, com ações que melhoram espaços urbanos e incentivam o protagonismo comunitário. Sendo reconhecido internacionalmente por organizações como ONU-Habitat e Bernard Van Leer (Gabinete de Inovação Urbana, 2023).

A disseminação do tijolo solo-cimento depende de uma abordagem multissetorial, envolvendo políticas públicas, parcerias com prefeituras, capacitação técnica e campanhas de conscientização. Alguns estudos acadêmicos têm contribuído para esse processo, analisando o desempenho, a viabilidade e as características técnicas desse material em diferentes contextos construtivos na região pernambucana.

Vieira (2024) realizou um estudo comparativo que analisou a produtividade e os custos de diferentes sistemas construtivos (blocos cerâmicos, solo-cimento e blocos estruturais de cimento) em obras do Sertão Pernambucano. Destacando a viabilidade econômica do tijolo solo-cimento em edificações populares, evidenciando seu potencial para redução de custos na construção civil.

Lima (2024) avaliou as propriedades físicas e mecânicas de tijolos solo-cimento fabricados no município de Triunfo - PE, investigando a incorporação de resíduos de construção e demolição (RCD) a mistura. O estudo concluiu que o uso desses resíduos pode melhorar o desempenho dos tijolos e contribuir para práticas construtivas mais sustentáveis.

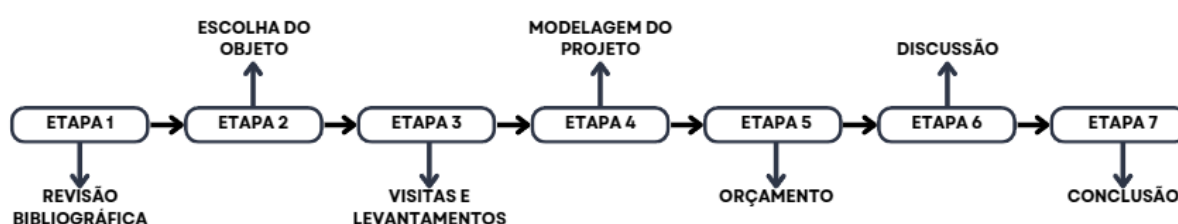
Amaral et al. (no prelo) verificaram a qualidade dos tijolos de solo-cimento produzidos em Serra Talhada – PE conforme exige a NBR 8492 (2013). Sendo realizados ensaios nos tijolos de duas empresas distintas, avaliando características físicas, mecânicas e geométricas. Os resultados mostraram que, apesar de atenderem ao requisito de absorção de água, os tijolos foram reprovados na resistência à compressão e nas dimensões normativas.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo adota uma abordagem metodológica descritiva, onde seu principal objetivo é sistematizar e detalhar características de determinada amostra de forma sistemática e detalhada através de um estudo de caso. A pesquisa analisa uma construção residencial com método construtivo sustentável utilizando o tijolo solo-cimento, com 194,25 m<sup>2</sup> de área construída, na cidade de Triunfo - PE.

O estudo foi organizado em etapas para uma melhor estruturação (Figura 10), onde uma série de atividades práticas são essenciais para a análise da pesquisa em questão. Essas etapas proporcionaram um entendimento mais detalhado das técnicas e processos empregados.

Figura 10: Fluxograma



Fonte: Autor

#### 3.1 ETAPAS DA PESQUISA

##### 3.1.1 Etapas iniciais da pesquisa

A primeira etapa da pesquisa consiste no levantamento e análise de materiais teóricos que aprofundam os conhecimentos sobre o sistema construtivo em tijolo de solo-cimento. Para isso, foram consultados diversos materiais, como artigos científicos, dissertações, cartilhas específicas sobre o assunto, normas (ABNT, ASTM, entre outras) e manuais técnicos, a fim de consolidar um referencial teórico robusto sobre o assunto.

Na segunda etapa, tem-se escolha do objeto foi motivada pelo fato de estar trabalhando em um grupo que abrange os três ramos da construção civil. O escritório de arquitetura, responsável pela elaboração dos projetos arquitetônicos; a fábrica, dedicada a fabricação do tijolo solo-cimento e a construtora que trabalha com os dois métodos construtivos, os tradicionais utilizando o bloco cerâmico e o sustentável

utilizando o tijolo solo-cimento. Essa integração entre as três áreas permite uma visão ampla das possibilidades construtivas, atrelando a inovação, sustentabilidade e economia.

Na terceira etapa, tem-se as visitas e levantamentos que foram feitas na obra para coleta de dados e acompanhamento das etapas da construção residencial. As inspeções ocorriam no período da manhã, com o objetivo de monitorar a execução das atividades, sendo registradas por meio de fotografias. Além da coleta de informações, foi fornecido pelo escritório de arquitetura o projeto arquitetônico e projeto estrutural da construção, que permitiu uma análise comparativa dos custos entre a construção com os tijolos cerâmicos e o método construtivo adotado.

### 3.1.2 Modelagem no Revit

O projeto desenvolvido originalmente no Archicad foi remodelado no Revit, na quarta etapa, onde foram criados dois modelos com composições de alvenarias distintas, um utilizando tijolos cerâmicos e outro com tijolos ecológicos. O intuito principal da criação desses dois modelos foi realizar a extração de quantitativos referentes a: alvenaria, revestimentos e pinturas, assim, possibilitando a elaboração de um orçamento comparativo entre os dois.

No modelo com o tijolo cerâmico (Figura 11), as paredes internas receberam: chapisco, emboço, reboco, acabamento em gesso e pintura. Nas áreas molhadas, foi aplicado revestimento cerâmico. A parte externa das alvenarias, seguimos as etapas de chapisco, emboço, reboco, selador, textura acrílica e pintura acrílica.

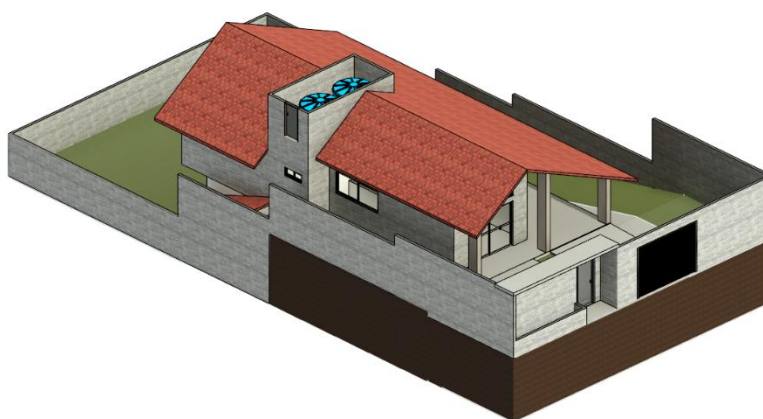
Figura 11: Modelo – Tijolo cerâmico



Fonte: Autor

O segundo modelo com o tijolo ecológico (Figura 12), as alvenarias internas também receberam chapisco, emboço, reboco e revestimento em gesso e pintura. Em áreas molhadas, recebimento do revestimento cerâmico. A grande diferença é a parte externa das alvenarias, sendo aparente, necessitando apenas da aplicação de resina acrílica incolor para proteção mecânica dos tijolos ecológicos.

Figura 12: Modelo – Tijolo Ecológico



Fonte: Autor

### 3.1.3 Projeto Estrutural

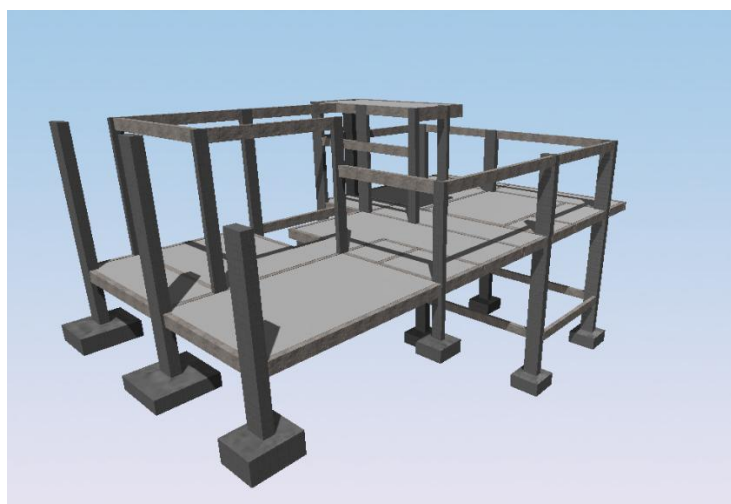
Para a análise, foi disponibilizado pelo escritório de arquitetura o projeto estrutural da edificação. Onde inclui, as plantas de locações, plantas de fôrmas e os respectivos detalhamentos dos elementos estruturais que compõem a edificação, como vigas, pilares, sapatas e baldrame. Especificamente para o pavimento térreo, executado com o sistema construtivo em tijolo solo-cimento, foi fornecida também a planta de modulação dos tijolos ecológicos. Essa planta organiza e identifica as paredes, orienta a disposição dos tijolos, contribuindo para a correta execução do sistema, garantindo alinhamento, estabilidade e desempenho estrutural conforme previsto no projeto.

Para efeito comparativo, foi desenvolvido um novo projeto estrutural (Figura 13) utilizando o software TQS, considerando o sistema construtivo com o tijolo cerâmico. Pois, diferente do método existente, esse método exige a execução de pilares e vigas em concreto armado para garantirmos a estabilidade total da edificação, onde não se pode simplesmente embuti-los dentro dos furos dos tijolos cerâmicos, igual é no tijolo

ecológico, demandando o uso de fôrmas seja de madeira ou metálica e representam um custo adicional significativo. Por essa razão, optou-se por elaborar um novo projeto estrutural, permitindo avaliar o impacto financeiro através do orçamento elaborado.

A fundação adotada foi a do tipo sapata isolada, com dimensões variáveis solução adotada por apresentar boa eficiência para as cargas atuantes na edificação. As lajes, vigas e pilares executados em concreto armado com seções variáveis, seguindo o sistema construtivo tradicional com o tijolo cerâmico. Devido aos diferentes níveis da cobertura existentes no projeto arquitetônico, foi necessário prever variações nos níveis das vigas e dos pilares no pavimento térreo – coberta, preservando a arquitetura original, e garantindo a estabilidade e o desempenho estrutural da edificação.

Figura 13: Perspectiva 3D do modelo estrutural



Fonte: Autor

### 3.1.4 Orçamento

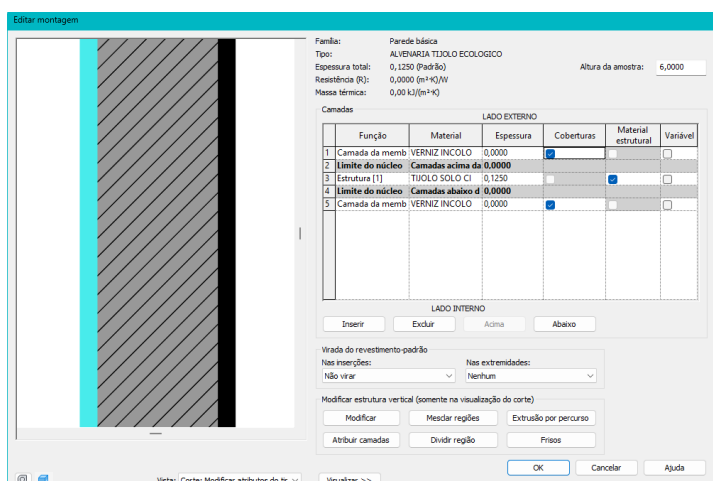
#### 3.1.4.1 Extração dos quantitativos

A quinta etapa após a remodelagem do projeto arquitetônico no Revit, com os dois sistemas construtivos apresentados, foi possível extrair com precisão a quantidade de todos os insumos que foram utilizados.

No modelo que utiliza o tijolo ecológico, foram criadas diferentes composições de alvenaria, onde cada uma delas se adequa as necessidades do seu ambiente. Entre elas temos alvenarias aparentes com aplicação de resina acrílica, alvenarias

rebocas com aplicação de revestimento em gesso e pintura acrílica, alvenarias com revestimento cerâmico. Como exemplo, tem-se umas das composições adotadas na Figura 14, onde essa se refere a parede com tijolo aparente que recebe aplicação da resina acrílica.

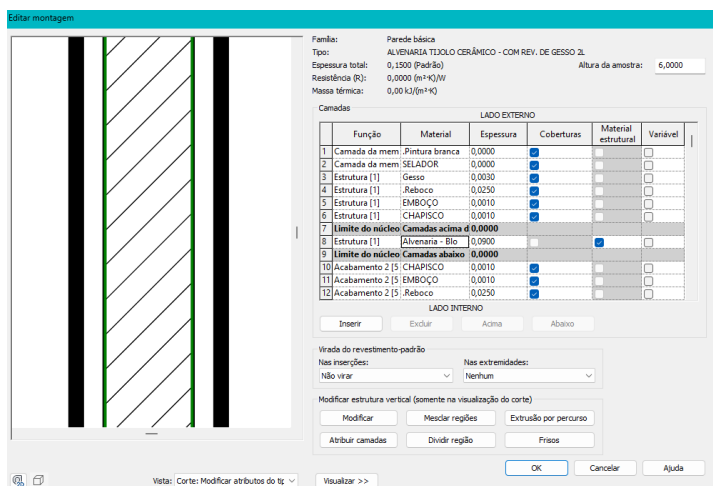
Figura 14: Composição de alvenaria em tijolo ecológico



Fonte: Autor

Para o modelo com utilização do tijolo cerâmico, também elaborou-se composições diferentes onde cada uma delas se adequam a necessidade do seu ambiente. Como alvenaria rebocada com aplicação do revestimento em gesso mais pintura, alvenaria rebocada com revestimento em textura acrílica e pintura. Como exemplo, a Figura 15 mostra uma composição de alvenaria rebocada com aplicação do revestimento em gesso mais pintura.

Figura 15: Composição com tijolo cerâmico



Fonte: Autor

Após essa etapa, foi realizada a criação da tabela de quantitativos no Revit. Esse processo é fundamental, através dessas tabelas que conseguiu-se organizar, quantificar e visualizar, de forma automática, todos os insumos do modelo. A tabela foi configurada conforme os parâmetros adotados pelo usuário, permitindo extrair informações precisas sobre os materiais.

O Revit possibilita gerar tabelas diretamente a partir da modelagem, garantindo que qualquer mudança no projeto seja atualizada automaticamente na tabela de quantitativos, tornando o processo dinâmico, confiável e eficiente, evitando erros manuais e otimizando o controle de dados.

#### 3.1.4.2 Orçamentação

O orçamento realizado para cada sistema construtivo, foi desenvolvido com base nas composições e valores fornecidos pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), considerando o estado de Pernambuco, tomando como referência o mês de novembro de 2024, período correspondente ao início da construção.

No estudo de caso, o orçamento foi elaborado considerando apenas os insumos que apresentam diferenças significativas entre os dois sistemas construtivos analisados, pois o principal intuito é verificar a viabilidade econômica entre eles. Sendo considerado apenas, os tijolos solo-cimento, tijolos cerâmicos, revestimentos das alvenarias (chapisco, emboço, reboco, textura acrílica, gesso, cerâmica e argamassa), pintura (selador, tinta acrílica, resina acrílica), estrutura (fundações, pilares, vigas).

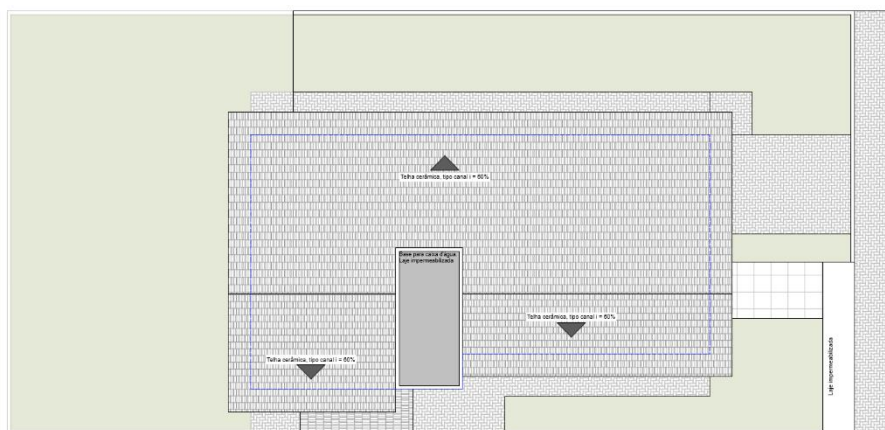
Os custos de cada etapa construtiva serão apresentados em tabelas comparativas, destacando o percentual de economia ou acréscimo em relação ao método construtivo tradicional com tijolo cerâmico.

Elementos como telhados, revestimento do piso da edificação, esquadrias, paisagismo, instalações elétricas, instalações hidrossanitárias, por não sofrerem alterações em função do sistema construtivo adotado, no caso estudado, optou-se por não apresentá-los, uma vez que não interferem na análise realizada no estudo.

### 3.2 APRESENTAÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO

Na arquitetura fornecida para análise, observa-se que a edificação é composta por dois pavimentos. A cobertura é composta por telhas cerâmicas do tipo canal, enquanto a região dos reservatórios é executada em laje de concreto armado (Figura 16).

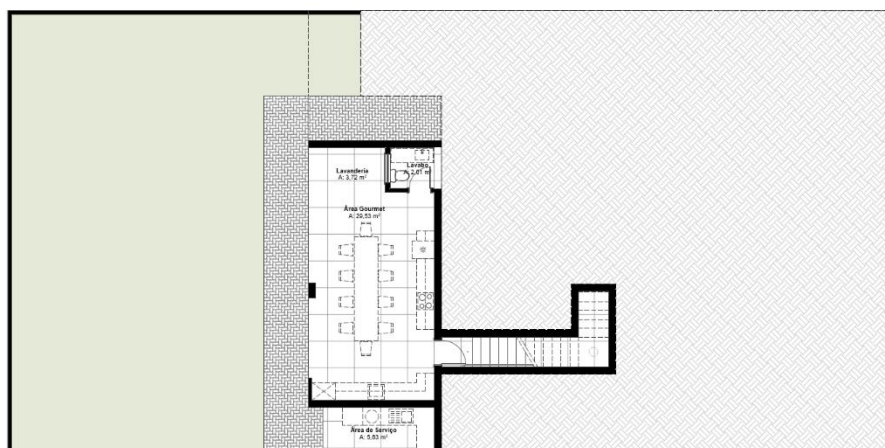
Figura 16: Planta baixa de locação e coberta



Fonte: Autor

O subsolo (Figura 17) é dividido em área gourmet (29,53 m<sup>2</sup>), lavabo (2,08 m<sup>2</sup>), área de serviço (5,63 m<sup>2</sup>), lavanderia (3,72 m<sup>2</sup>) e quintal (134,38 m<sup>2</sup>). O projeto apresenta um sistema construtivo misto, composto por estrutura em concreto armado, alvenarias em pedra rachão, alvenarias em tijolo cerâmico e alvenarias em tijolo solocimento.

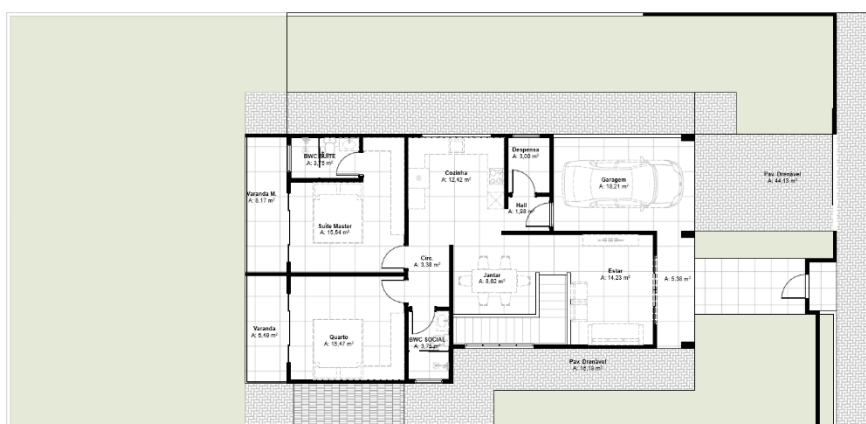
Figura 17: Planta baixa – nível subsolo



Fonte: Autor

O nível térreo (Figura 18) é composto pelos seguintes ambientes: Suíte Master (15,54 m<sup>2</sup>), Banheiro da Suíte (3,75 m<sup>2</sup>), Varanda da Suíte (8,17 m<sup>2</sup>), Quarto (15,47 m<sup>2</sup>), Varanda (6,49 m<sup>2</sup>), Banheiro Social (3,75 m<sup>2</sup>), Circulação (3,38 m<sup>2</sup>), Cozinha (12,42 m<sup>2</sup>), Sala de Jantar (8,62 m<sup>2</sup>), Sala de Estar (14,23 m<sup>2</sup>), Despensa (3,00 m<sup>2</sup>), Hall (1,98 m<sup>2</sup>) e Garagem (18,21 m<sup>2</sup>).

Figura 18: Planta baixa – nível térreo



Fonte: Autor

A residência foi construída predominantemente com o sistema de tijolo solocimento, enquanto os elementos em concreto armado foram empregados nas fundações, na laje maciça do pavimento térreo e nas vigas que compõem a estrutura de apoio da laje destinada aos reservatórios. Toda a alvenaria externa em tijolo ecológico foi mantida aparente, necessitando apenas da aplicação de resina acrílica para proteção contra intempéries. No interior da edificação, as alvenarias receberam chapisco, emboço e reboco, seguidos de revestimento em gesso e aplicação de pintura acrílica. Nas áreas molhadas, adotou-se revestimento cerâmico nas paredes.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA FÁBRICA

A EcoTriunfo Tijolos Ecológicos foi criada em 2021, idealizada pelo Arquiteto e Urbanista Felipe Nogueira, com o objetivo de transformar a construção civil através de práticas mais sustentáveis e oferecer soluções sustentáveis na construção civil, utilizando materiais como o solo-cimento. Seu foco principal é a produção de tijolos ecológicos com boa resistência e perfeito acabamento que permitem construções mais econômicas e sustentáveis. A fabricação dos tijolos solo-cimento na EcoTriunfo Tijolos Ecológicos acontece em algumas etapas, apresentadas a seguir.

#### 4.1.1 Materiais Utilizados

Na composição dos tijolos, a EcoTriunfo utiliza o cimento CP-V ARI RS (Cimento Portland de Alta Resistência Inicial Resistente a Sulfato), adquirido de distribuidoras locais, devido à sua maior pureza e reatividade (Figura 19a). O pó de pedra (Figura 19b), um dos componentes essenciais, é proveniente de pedreiras situadas no município de Triunfo - PE. São adicionados, areia (Figura 19c), aditivos impermeabilizantes, plastificantes e hidrofugantes, responsáveis por melhorar o desempenho físico e a durabilidade dos blocos.

Figura 19: Cimento Portland CP V ARI RS (a), Pó de pedra (b), Areia (c)



Fonte: Autor

#### 4.1.2 Peneiramento do solo

O processo de peneiramento é realizado com uma peneira giratória elétrica (Figura 20), que assegura a uniformidade granulométrica do pó de pedra e da areia. Essa etapa é fundamental para eliminar impurezas e garantir uma mistura mais homogênea e coesa, contribuindo para a qualidade final do tijolo.

Figura 20: Peneira giratória elétrica



Fonte: Autor

#### 4.1.3 Mistura

A preparação da mistura é feita em betoneiras com capacidade de 400 litros (Figura 21), onde tem-se a dosagem precisa de solo (representado pelo pó de pedra), cimento, areia e aditivos. A empresa planeja em projetos futuros, implementar um sistema externo de mistura contínua automatizada para maior eficiência e padronização do processo.

Figura 21: Betoneira 400l



Fonte: Autor

#### 4.1.4 Prensagem

A etapa de prensagem é feita com o auxílio da máquina Eco Brava (Figura 22), uma prensa hidráulica semiautomática da Eco Máquinas, que confere ao tijolo ecológico a uniformidade necessária e um acabamento de qualidade, sem avarias. Tornando o tijolo ideal para a aplicação nas obras, sem problemas de esfarelamento e medidas indiferentes.

Figura 22: Produção do tijolo ecológico prensado



Fonte: Autor

### 4.1.5 Estocagem

Após a produção, os tijolos são cuidadosamente armazenados em um local coberto, sobre paletes de madeira, onde os tijolos são empilhados com altura máxima de 1,5m, de acordo com a norma NBR10833 (ABNT, 2012), garantindo a organização, ventilação adequada, preservação das peças para que aconteça a cura do mesmo (Figura 23). Sua cura acontece em 14 dias, onde nesses dias se faz necessário mantê-los úmidos.

Figura 23: Armazenamento do tijolo ecológico em paletes de madeira



Fonte: Autor

## 4.2 EXECUÇÃO DA OBRA

### 4.2.1 Limpeza do terreno e movimento de terra

Nessa etapa foi realizada a limpeza do terreno, e foi executado o movimento de terra (corte e aterro) para implementação da construção nos níveis identificados nos projetos de urbanização e arquitetura. O terreno foi nivelado utilizando parcialmente o próprio solo do terreno, ou seja, o solo proveniente das escavações foi usado para aterrar a parte mais baixa do terreno (Figura 24).

Figura 24: Terreno



Fonte: Autor

#### **4.2.2 Instalação do canteiro de obras e locação**

O canteiro de obras foi posicionado de forma estratégica para receber os materiais sem obstruir as vias de tráfego dos operários, os depósitos também ficaram próximos dos destinos. A locação da obra foi realizada obedecendo aos critérios do plano diretor da cidade, assim como as dimensões do projeto. O método utilizado para a locação foi o sistema de tábua corrida.

#### **4.2.3 Estruturas de concreto**

A execução das estruturas de concreto seguiu o projeto estrutural que foi terceirizado. Os baldrame e alvenarias até uma altura de 30 cm acima do nível do piso acabado foram impermeabilizados com tinta asfáltica, conforme ilustra a Figura 25a. A laje foi feita em concreto maciço, concretada com concreto usinado de resistência 30 Mpa, especificada no projeto estrutural (Figura 25b). Onde foi realizada a impermeabilização em áreas críticas como paredes que levarão aterro, box de banheiros, banheira e beirais, utilizando argamassa polimérica. As fundações foram realizadas por meio de sapatas isoladas e concretadas com concreto virado em betoneira, com resistência especificada no projeto estrutural (Figura 25c). As vigas baldrame, pilares e vigas foram em concreto armado, com a resistência de 30 Mpa, especificada no projeto estrutural, foram concretadas em concreto virado da betoneira.

Figura 25: Baldrame Impermeabilizadas (a), Concretagem da laje maciça (b), Armação da Sapata (c)

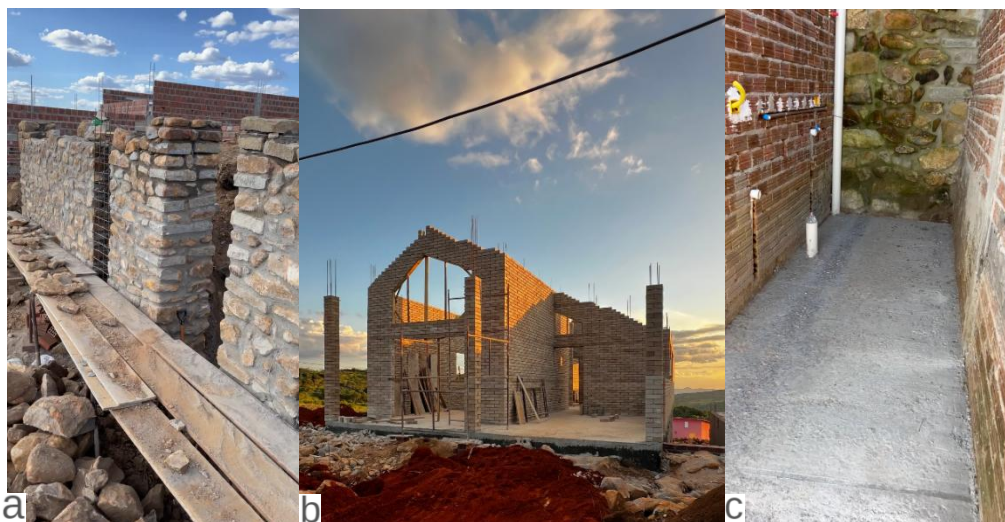


Fonte: Autor

#### 4.2.4 Alvenarias

Os tijolos ecológicos utilizados tinham dimensões de 12,5 x 25 x 7,5 cm e os blocos cerâmicos tinham dimensões de 9 x 19 x 19 cm. A alvenaria foi executada em pedra rachão no nível térreo (Figura 26a). As paredes construídas no nível subsolo com blocos cerâmicos deitados (19cm) foram assentadas com argamassa tipo cimentícia no traço de 1:8. As paredes construídas com tijolos ecológicos em pé (7,5cm) e foram assentados com argamassa AC1 (Figura 26b). As alvenarias em blocos cerâmicos foram executadas com acabamento interno e externo em argamassa tipo cimentícia impermeabilizadas (Figura 26c).

Figura 26: Alvenaria em pedra bruta (a), Alvenaria em tijolo ecológico (b), Alvenaria em tijolo cerâmico (c)



Fonte: Autor

#### 4.2.5 Assentamento da primeira fiada

O assentamento da primeira fiada a princípio foi realizado com argamassa (Figura 27), onde era feita primeiro a marcação com linhas de pedreiro para depois assentar o tijolo com argamassa, em busca de obter os esquadros e alinhamento das alvenarias.

Figura 27: Primeira fiada de tijolos com argamassa



Fonte: Autor

#### 4.2.6 Fixação dos ferros colunas

Os vergalhões foram locados de acordo com o projeto estrutural, sendo distribuídos uma barra a cada um metro, exceto nos encontros de paredes, onde sua disposição é diferente conforme a Figura 28. As barras eram cortadas com uma altura de 1,80 m aproximadamente, pensando na facilidade de assentamento das próximas fiadas de tijolos.

Figura 28: Fixação dos ferros na alvenaria



Fonte: Autor

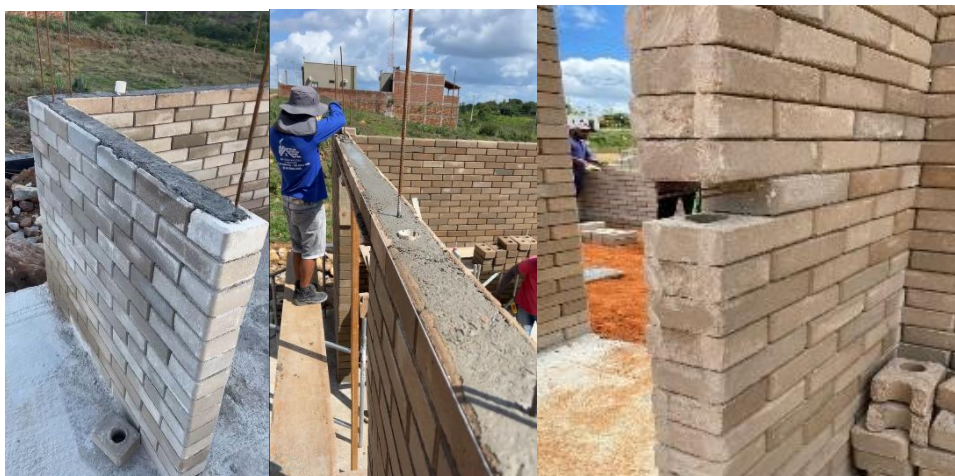
#### 4.2.7 Graute

A concretagem das colunas da residência foi realizada com o graute de alto desempenho com traço próprio à base de cimento CP-V, pó de pedra e aditivos plastificantes. A resistência mínima foi de 20 MPa, preenchendo completamente os furos dos tijolos que possuem vergalhões e fiadas de tijolos canaletas.

#### 4.2.8 Canaletas

Foram executadas vergas, contravergas e cintas de amarração com tijolos canaletas. Vergas e contravergas em todos os vãos de portas e janelas ultrapassando 10% do comprimento do vão, onde não possuem vigas para prevenir trincas ao longo da vida útil da residência, e a cinta de amarração para garantir estabilidade, integridade e durabilidade, conforme as figuras abaixo.

Figura 29: Detalhe de fiadas com tijolo canaleta



Fonte: Autor

#### 4.2.9 Rejunte

O sistema de alvenaria estrutural com tijolo ecológico da fábrica usa junta seca, portanto não há rejunte tradicional. É aplicada apenas uma camada fina de argamassa AC1 na base de assentamento dos tijolos (Figura 30).

Figura 30: Aplicação do rejunte na alvenaria



Fonte: Autor

#### 4.2.10 Impermeabilização das alvenarias

A impermeabilização das paredes externas com tijolo ecológico foi feita com hidrofugante a base de silano/siloxano, aplicado com pulverizador de baixa pressão após a secagem completa da alvenaria, mantendo o aspecto natural do tijolo e protegendo contra umidade.

#### 4.2.11 Muros

O muro de arrimo foi executado com as pedras extraídas do terreno, chamadas de pedra rachão, assim economizando em materiais (Figura 31a). O muro que circunda o perímetro do terreno foi construído com tijolo ecológico com dimensões de 12,5 x 25 x 7,5 cm, com embasamento em blocos cerâmicos 9 x 19 x 19 cm e pilaretes de amarração com distanciamento de um metro entre eles, a fim de garantir o prumo do muro ao longo do terreno. Sendo executado com uma altura de 2,00m, com acabamento aparente e pintados com resina acrílica (Figura 31b).

Figura 31: Muro de arrimo (a), muro com tijolo ecológico e embasamento em blocos cerâmicos (b)



Fonte: Autor

#### 4.2.12 Cobertura

A estrutura da cobertura escolhida foi a metálica e as telhas cerâmicas tipo americana, e essa cobertura como é aparente não necessita de impermeabilização (Figura 32).

Figura 32: Cobertura em telha cerâmica e trama metálica



Fonte: Autor

#### 4.2.13 Instalações elétricas

As instalações elétricas (Figura 33) foram executadas com eletroduto flexíveis e rígidos. Nos trechos embutidos na alvenaria, foi utilizado o eletroduto amarelo flexível, onde sempre buscou-se embuti-los através dos furos do tijolo, evitando rasgos nas paredes, em casos que não tínhamos essas alternativas foram realizados os rasgos, entretanto a alvenaria posteriormente foi rebocada, assim, não comprometendo a estética.

Figura 33: Instalações elétricas



Fonte: Autor

O eletroduto rígido foi utilizado para receber a fiação vinda da ligação da rede no quadro de medição. Alguns trechos passaram pela trama metálica da cobertura, servindo de apoio para os eletrodutos, onde serão ocultos pelo forro abaixo da cobertura, no subsolo foram vinculados a laje através de abraçadeiras e embutidos nas alvenarias.

Já nos elementos estruturais que foram concretados e se fazia necessária a passagem da instalação, optou-se por usar o eletroduto flexível laranja, o mais recomendado por sua melhor resistência mecânica.

#### 4.2.14 Instalações hidrossanitárias

As instalações hidrossanitárias foram executadas de forma embutida na alvenaria, posteriormente rebocados e com revestimento aplicado.

#### 4.2.15 Revestimento

Toda a parte interna da edificação recebeu o sistema de revestimento composto por chapisco, emboço, reboco, seguido a aplicação do selador acrílico e da massa de gesso, utilizada em substituição à massa corrida (Figura 34). Nas áreas molhadas, como banheiros, cozinha e área de serviço, as paredes foram aplicadas até o emboço, permitindo a aplicação do revestimento cerâmico. Quanto a parte externa, optou-se por manter os tijolos aparentes, realizando apenas a aplicação de resina acrílica para proteção e durabilidade das alvenarias contra intempéries.

Figura 34: Alvenaria com aplicação de gesso e alvenaria no emboço para aplicação do revestimento



Fonte: Autor

### 4.3 LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS ANÁLISADOS

#### 4.3.1 Extração do quantitativo a partir da arquitetura – tijolo ecológico

A extração de quantitativos foi realizado no software Revit através da remodelagem da arquitetura original, excluindo a parte estrutural da edificação (lajes, vigas, pilares, fundações).

Abaixo, tem-se a tabela de serviços do modelo com o tijolo ecológico, onde as quantidades foram geradas de acordo com a modelagem e composições dos materiais. Sendo seguido à risca, todas as informações disponíveis na arquitetura original.

Tabela 2: Quantitativo – Modelo construtivo com tijolo solo-cimento

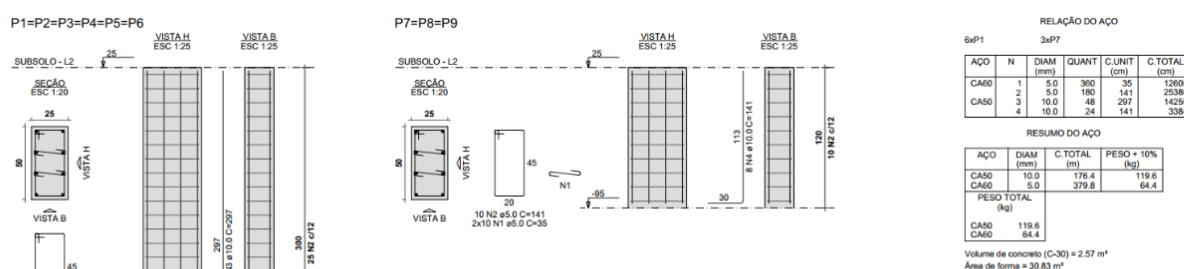
MATERIAL	ÁREA
CHAPISCO	406,13 m <sup>2</sup>
EMBOÇO	406,16 m <sup>2</sup>
REBOCO	406,16 m <sup>2</sup>
REVESTIMENTO EM GESSO	245,31 m <sup>2</sup>
ARGAMASSA COLANTE	123,16 m <sup>2</sup>
SELADOR ACRILICO	254,51 m <sup>2</sup>
TINTA ACRILICA	254,51 m <sup>2</sup>
HIDROFUGANTE Á BASE DE SILANO	775,10 m <sup>2</sup>
ALVENARIA CERÂMICA 9X19X19	43,08 m <sup>2</sup>
TIJOLO ECOLÓGICO	463,42 m <sup>2</sup>
REVESTIMENTO CERÂMICO	123,16 m <sup>2</sup>

Fonte: Autor

### 4.3.2 Quantitativo estrutural

Para obter o quantitativo da estrutura da edificação, foi utilizado o projeto estrutural fornecido, onde no mesmo, tem-se as tabelas de resumo de aço, volume de concreto e área de forma para todos os elementos estruturais. A seguir, apresenta-se a imagem extraída de uma das pranchas do projeto, que reúne e exemplifica todas as informações citadas.

Figura 35: Detalhes dos pilares e relação de aço



Fonte: Autor

### 4.3.3 Extração do quantitativo a partir da arquitetura – tijolo cerâmico

A seguir, apresenta-se a tabela de serviços referente ao modelo desenvolvido com o tijolo cerâmico, extraída do segundo modelo elaborado no software Revit, excluindo a parte estrutural da edificação (lajes, vigas, pilares, fundações).

Tabela 3: Quantitativo – Modelo construtivo com tijolo cerâmico

MATERIAL	ÁREA
CHAPISCO	1.011,50 m <sup>2</sup>
EMBOÇO	1.011,50 m <sup>2</sup>
REBOCO	1.011,50 m <sup>2</sup>
REVESTIMENTO EM GESSO	245,31 m <sup>2</sup>
ARGAMASSA COLANTE	123,16 m <sup>2</sup>
SELADOR ACRILICO	861,59 m <sup>2</sup>
TINTA ACRILICA	861,59 m <sup>2</sup>
HIDROFUGANTE Á BASE DE SILANO	168,37 m <sup>2</sup>
ALVENARIA CERÂMICA 9X19X19	506,5 m <sup>2</sup>
TEXTURA ACRÍLICA	605,06 m <sup>2</sup>
REVESTIMENTO CERÂMICO	123,16 m <sup>2</sup>

Fonte: Autor

#### 4.3.4 Quantitativo estrutural

Para o segundo modelo com o tijolo cerâmico, foi necessário um novo projeto estrutural para poder obter as quantidades de aço, volume de concreto e área de fôrma. A seguir, apresenta-se a Figura 36 extraída do software TQS, que reúne informações como volume de concreto e área de fôrma para todos os pavimentos e separam em pilares, vigas, lajes e fundações.

Figura 36: Resumo de concreto e fôrmas

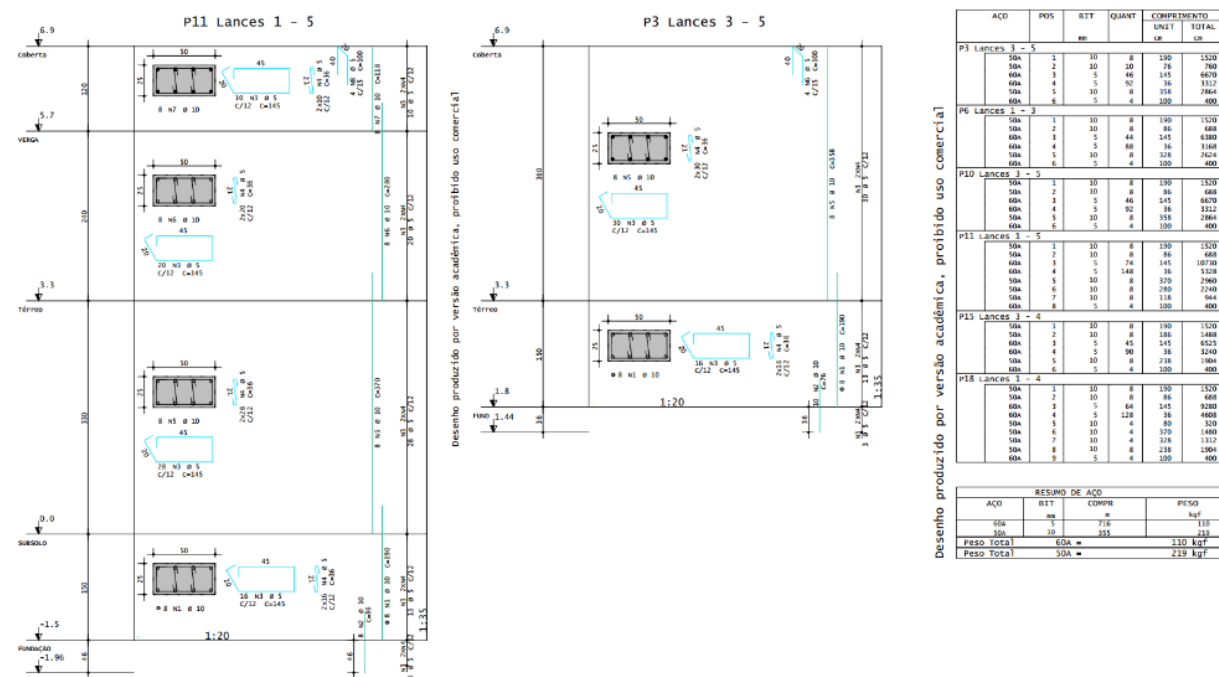
##### Consumo de concreto e fôrmas

Pavimento	Concreto (m3)					Fôrmas (m2)				
	Pilares	Vigas	Lajes	Fundações	Outros	Pilares	Vigas	Lajes	Fundações	Outros
Coberta	1.00	1.16	1.18	0.00	0.00	15.50	18.81	9.85	0.00	0.00
VERGA	3.61	1.21	0.00	0.00	0.00	51.12	21.63	0.00	0.00	0.00
Térreo	2.23	5.11	13.46	0.00	0.00	29.94	64.50	112.17	0.00	0.00
FUND	1.39	0.00	0.00	0.00	0.00	16.75	0.00	0.00	0.00	0.00
SUBSOLO	1.13	1.13	0.00	0.00	0.00	13.50	19.95	0.00	0.00	0.00
FUNDAÇÃO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sapatas/Blocos	0.00	0.00	0.00	9.40	0.00	0.00	0.00	0.00	29.57	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>9.36</b>	<b>8.61</b>	<b>14.64</b>	<b>9.40</b>	<b>0.00</b>	<b>126.81</b>	<b>124.88</b>	<b>122.02</b>	<b>29.57</b>	<b>0.00</b>

Fonte: Autor

A determinação do quantitativo de aço também foi realizada por meio do software TQS, que extrai automaticamente as armaduras dos elementos estruturais presentes na prancha e gera as tabelas de resumo correspondente. Na sequência tem-se a Figura 37 que foi retirada de uma das pranchas, onde mostra as tabelas e o detalhamento dos pilares p11 e p3.

Figura 37: Detalhamento do pilar 11 e 3 e tabelas de resumo de aço



Fonte: Autor

## 4.4 APRESENTAÇÃO DOS CUSTO POR ETAPAS CONSTRUTIVAS

### 4.4.1 Fundações

O modelo de fundação adotado para a edificação consiste em sapatas isoladas, dimensionadas conforme as solicitações de cargas e o tipo de solo. Esse elemento estrutural tem por função receber e transmitir as cargas provenientes da superestrutura de forma segura ao solo. Abaixo, tem-se os custos referentes a esta etapa no método construtivo ecológico, com nove sapatas.

Tabela 4: Orçamentação da fundação – Sistema construtivo ecológico

1.1	FUNDAÇÃO - SAPATAS ISOLADAS				VALOR TOTAL	R\$	7.864,09
1.2	94962	CONCRETO MAGRO PARA LASTRO, TRAÇO 1:4,5:4,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	M3	0,66	R\$ 406,72	R\$ 406,72	R\$ 267,32
1.3	104918	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF_01/2024	KG	16,00	R\$ 14,89	R\$ 14,89	R\$ 238,24
1.4	104919	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_01/2024	KG	95,00	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 1.266,35
1.5	96556	CONCRETAGEM DE SAPATA, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_01/2024	M3	4,53	R\$ 860,03	R\$ 860,03	R\$ 3.895,94
1.6	96541	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA SAPATA, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E=17 MM, 4 UTILIZAÇÕES. AF_01/2024	M2	12,50	R\$ 175,70	R\$ 175,70	R\$ 2.196,25

Fonte: Autor

Para o sistema construtivo convencional houve um aumento na quantidade de sapatas isoladas, por conta das solicitações de cargas e comportamento da edificação mudarem, devido a mudança do sistema construtivo, totalizando quinze sapatas o custo delas está logo abaixo na Tabela 5.

Tabela 5: Orçamentação da fundação – Sistema construtivo tradicional

1.1	FUNDAÇÃO				VALOR TOTAL		R\$	11.389,90
1.2	94962	CONCRETO MAGRO PARA LASTRO, TRAÇO 1:4,5:4,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	M3	0,90	R\$ 406,72	R\$ 406,72	R\$ 367,32	
1.3	104920	ARMAÇÃO DE BLOCO, SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_01/2024	KG	33,00	R\$ 11,30	R\$ 11,30	R\$ 372,90	
1.4	104919	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM. AF_01/2024	KG	94,00	R\$ 13,33	R\$ 13,33	R\$ 1.253,02	
1.5	104918	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF_01/2024	KG	103,00	R\$ 14,89	R\$ 14,89	R\$ 1.533,67	
1.6	96556	CONCRETAGEM DE SAPATA, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_01/2024	M3	5,59	R\$ 860,03	R\$ 860,03	R\$ 4.807,57	
1.7	96541	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA SAPATA, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E=17 MM, 4 UTILIZAÇÕES. AF_01/2024	M2	17,39	R\$ 175,70	R\$ 175,70	R\$ 3.055,42	

Fonte: Autor

Feita a análise comparativa, observa-se uma diferença de R\$ 3.525,81 entre os dois sistemas construtivos. Esse aumento decorre da maior quantidade de sapatas previstas, que implica numa maior demanda de área de fôrma, volume de concreto e quantidade de aço.

Consequentemente, o acréscimo de insumos, resulta em maior tempo de execução das atividades, aumentando o custo final do serviço. Dessa forma, quando se compara os dois orçamentos, percebe-se que houve um acréscimo no custo do método construtivo tradicional de 44,83% em relação ao sistema com tijolos ecológicos.

#### 4.4.2 Pilares

Os pilares são elementos estruturais verticais responsáveis por receber as cargas provenientes das vigas e transmiti-las as fundações, assegurando o fluxo de cargas, garantindo a estabilidade e segurança da edificação. Seu dimensionamento considerou as solicitações de cargas em cada ponto da edificação.

No método construtivo ecológico, os pilares em concreto armado estão presentes apenas no nível do subsolo, demandando montagem de fôrmas de madeira, aço e concreto armado. Seus respectivos custos podem ser observados na tabela 6.

Tabela 6: Orçamentação dos pilares – Sistema construtivo ecológico

1.7	PILARES DA FUNDAÇÃO				VALOR TOTAL		R\$	8.178,99
1.8	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	64,40	R\$ 14,50	R\$ 14,50	R\$	933,80
1.9	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	119,60	R\$ 11,72	R\$ 11,72	R\$	1.401,71
1.10	92413	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	30,83	R\$ 105,93	R\$ 105,93	R\$	3.265,82
1.11	COMP. 003	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK=30 MPA, COM USO DE JERICAS EM ELEVADOR DE CABO - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	M3	2,57	R\$ 1.002,98	R\$ 1.002,98	R\$	2.577,66

Fonte: Autor

Para o método construtivo convencional tem-se pilares em concreto armado em todos os níveis da edificação, por esse motivo, houve um acréscimo na quantidade de pilares que impactou diretamente o custo do orçamento, principalmente nos itens 1.11 e 1.12 que representam 70 % do custo total, representados na Tabela 7.

Tabela 7: Orçamentação dos pilares – Sistema construtivo tradicional

1.8	PILARES				VALOR TOTAL		R\$	32.597,02
1.9	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	230,00	R\$ 14,50	R\$ 14,50	R\$	3.335,00
1.10	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	497,00	R\$ 11,72	R\$ 11,72	R\$	5.824,84
1.11	92413	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	126,81	R\$ 105,93	R\$ 105,93	R\$	13.432,98
1.12	COMP. 001	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK=30 MPA, COM USO DE JERICAS EM ELEVADOR DE CABO - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	M3	9,36	R\$ 1.002,98	R\$ 1.002,98	R\$	9.387,89
1.13	92760	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	10,00	R\$ 13,83	R\$ 13,83	R\$	138,30
1.14	92764	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	50,00	R\$ 9,56	R\$ 9,56	R\$	478,00

Fonte: Autor

Ao comparar os dois orçamentos, percebe-se um aumento expressivo de custos no sistema construtivo tradicional, decorrente da maior quantidade de pilares, com dezoito pilares, e no sistema construtivo ecológico, temos nove pilares. Essa diferença resulta em um acréscimo de \$24.418,03, equivalente a 298,55% no orçamento do sistema construtivo convencional.

#### 4.4.3 Vigas

As vigas desempenham um papel muito importante na distribuição dos esforços de toda a estrutura, são elementos estruturais horizontais responsáveis por receber as cargas provenientes das lajes e transmitir aos pilares. Seu dimensionamento foi

estabelecido com base nas solicitações de cargas em cada ponto da edificação, assegurando estabilidade, rigidez e segurança da edificação.

No sistema construtivo ecológico, foram executadas vigas baldrames no subsolo, vigas no pavimento térreo e vigas destinadas ao apoio da laje do reservatório superior. Seus custos estão representados na Tabela 8.

Tabela 8: Orçamentação das vigas – Sistema construtivo ecológico

1.12		VIGAS - SUBSOLO, TÉRREO E BASE DA CAIXA					VALOR TOTAL		R\$	6.650,77
1.13	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	44,10	R\$	14,50	R\$	14,50	R\$	639,45
1.14	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	74,90	R\$	13,09	R\$	13,09	R\$	980,44
1.15	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	35,20	R\$	11,72	R\$	11,72	R\$	412,54
1.16	96542	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E=17 MM, 4 UTILIZAÇÕES. AF_01/2024	M2	33,83	R\$	93,89	R\$	93,89	R\$	3.176,30
1.17	96555	CONCRETAGEM DE BLOCO DE COROAMENTO OU VIGA BALDRAME, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_01/2024	M3	2,02	R\$	713,88	R\$	713,88	R\$	1.442,04
1.18		VIGAS B. TÉRREO					VALOR TOTAL		R\$	23.430,38
1.19	92760	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	59,70	R\$	13,83	R\$	13,83	R\$	825,65
1.20	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	77,90	R\$	13,09	R\$	13,09	R\$	1.019,71
1.21	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	93,10	R\$	11,72	R\$	11,72	R\$	1.091,13
1.22	92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	147,50	R\$	9,86	R\$	9,86	R\$	1.454,35
1.23	92764	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	79,90	R\$	9,56	R\$	9,56	R\$	763,84
1.24	92765	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 20,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	97,70	R\$	10,93	R\$	10,93	R\$	1.067,86
1.25	COMP. 007	CONCRETAGEM DE VIGAS, FCK= 30MPA - LANÇAMENTO ADENSAMENTO E ACABAMENTO	M3	4,80	R\$	901,27	R\$	901,27	R\$	4.326,10
1.26	92452	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	61,53	R\$	191,07	R\$	191,07	R\$	11.756,54
1.27	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	77,60	R\$	14,50	R\$	14,50	R\$	1.125,20

Fonte: Autor

Para o método construtivo tradicional, a orçamentação (Tabela 9), compreende maior quantidade de vigas, divididas em “vigas do subsolo” correspondentes às vigas baldrames e “vigas acima”, que incluem as vigas do térreo e dos demais pavimentos acima.

Tabela 9: Orçamentação das vigas – Sistema construtivo tradicional

1.15		VIGAS SUBSOLO				VALOR TOTAL		R\$	3.563,16
1.16	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	25,00	R\$	14,50	R\$	14,50	R\$ 362,50
1.17	92760	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	14,00	R\$	13,83	R\$	13,83	R\$ 193,62
1.18	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	25,00	R\$	13,09	R\$	13,09	R\$ 327,25
1.19	96542	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, E=17 MM, 4 UTILIZAÇÕES. AF_01/2024	M2	19,95	R\$	93,89	R\$	93,89	R\$ 1.873,11
1.20	96555	CONCRETAGEM DE BLOCO DE COROAMENTO OU VIGA BALDRAME, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_01/2024	M3	1,13	R\$	713,88	R\$	713,88	R\$ 806,68
1.21		VIGAS - ACIMA				VALOR TOTAL		R\$	35.917,61
1.22	92760	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	36,00	R\$	13,83	R\$	13,83	R\$ 497,88
1.23	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	126,00	R\$	13,09	R\$	13,09	R\$ 1.649,34
1.24	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	272,00	R\$	11,72	R\$	11,72	R\$ 3.187,84
1.25	92763	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	51,00	R\$	9,86	R\$	9,86	R\$ 502,86
1.26	92764	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	112,00	R\$	9,56	R\$	9,56	R\$ 1.070,72
1.27	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	153,00	R\$	14,50	R\$	14,50	R\$ 2.218,50
1.28	COMP_007	CONCRETAGEM DE VIGAS, FCK= 30MPA - LANÇAMENTO ADENSAMENTO E ACABAMENTO	M3	7,48	R\$	901,27	R\$	901,27	R\$ 6.741,50
1.29	92452	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	M2	104,93	R\$	191,07	R\$	191,07	R\$ 20.048,98

Fonte: Autor

Analisando os dois orçamentos desta etapa construtiva percebe-se uma diferença de R\$ 9.399,62, representando um acréscimo de 23,80% no sistema construtivo tradicional. Esse acréscimo resulta do maior número de vigas necessárias e do incremento nos insumos, especialmente fôrmas de madeira e concreto.

#### 4.4.4 Lajes

Foram adotadas em ambos os sistemas construtivos, lajes maciças, executadas no pavimento térreo e para a laje do reservatório superior. Seu dimensionamento considerou todas as solicitações atuantes e o uso previsto para cada área.

No método construtivo com tijolos ecológicos, os custos relacionados às lajes podem ser observados na Tabela 9. Da mesma forma, a Tabela 10 apresenta o orçamento correspondente ao sistema tradicional. Como as dimensões e quantidades

das lajes não sofreram variações entre os sistemas construtivos, a diferença dos valores não está associada ao volume de concreto ou área de fôrmas.

A diferença entre os dois orçamentos foi um decréscimo de R\$ 5.192,87 no método construtivo tradicional, equivalente a 12,73%. Tal diferença está relacionada ao quantitativo de aço empregado: no método ecológico, o item 1.32 (Tabela 10) corresponde a 1.287,10 kg de aço, representando 35,30% do custo total da etapa; já no método tradicional, o item 1.34 (Tabela 11) contabiliza apenas 23 kg, representando 0,71% do total. Essa variação decorre das escolhas de detalhamento adotadas no projeto estrutural e devido as cargas solicitadas que tem variações entre os sistemas.

Tabela 10: Orçamentação da laje maciça – Sistema construtivo ecológico

1.28		LAJE					VALOR TOTAL	R\$	45.975,15
1.29	92769	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	112,40	R\$	13,33	R\$	13,33	R\$ 1.498,29
1.30	92768	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	51,40	R\$	14,00	R\$	14,00	R\$ 719,60
1.31	92771	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	16,20	R\$	11,29	R\$	11,29	R\$ 182,90
1.32	92770	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	1287,10	R\$	12,61	R\$	12,61	R\$ 16.230,33
1.33	103760	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA E CIMBRAMENTO DE MADEIRA, 2 UTILIZAÇÕES. AF 03/2022	M2	122,02	R\$	115,96	R\$	115,96	R\$ 14.149,44
1.34	COMP. 002	CONCRETAGEM DE LAJES EM EDIFICAÇÕES UNIFAMILIARES COM CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL FCK 30 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO (EXCLUI BOMBA LANÇA)	M3	14,64	R\$	901,27	R\$	901,27	R\$ 13.194,59

Fonte: Autor

Tabela 11: Orçamentação da laje maciça – Sistema construtivo tradicional

1.30		LAJE					VALOR TOTAL	R\$	40.782,28
1.31	92769	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	790,00	R\$	13,33	R\$	13,33	R\$ 10.530,70
1.32	92768	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	116,00	R\$	14,00	R\$	14,00	R\$ 1.624,00
1.33	92771	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	88,00	R\$	11,29	R\$	11,29	R\$ 993,52
1.34	92770	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	23,00	R\$	12,61	R\$	12,61	R\$ 290,03
1.35	103760	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA E CIMBRAMENTO DE MADEIRA, 2 UTILIZAÇÕES. AF 03/2022	M2	122,02	R\$	115,96	R\$	115,96	R\$ 14.149,44
1.36	COMP. 002	CONCRETAGEM DE LAJES EM EDIFICAÇÕES UNIFAMILIARES COM CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL FCK 30 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO (EXCLUI BOMBA LANÇA)	M3	14,64	R\$	901,27	R\$	901,27	R\$ 13.194,59

Fonte: Autor

#### 4.4.5 Alvenarias

A alvenaria do método construtivo ecológico utilizou tijolos de solo-cimento, além disso, foi considerado o aço que é utilizado embutido nos furos dos tijolos e seu grauteamento, que é realizado nos furos onde temos o aço, que formam as “colunas” embutidas na alvenaria da edificação. Algumas paredes também foram executadas com o tijolo cerâmico. Os custos dessa etapa estão descritos na Tabela 12.

Tabela 12: Orçamentação da alvenaria em tijolo ecológico

2.0	SINAPI	ALVENARIA					VALOR TOTAL	R\$	52.672,24
2.1	FELIPE	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCO DE SOLO-CIMENTO (TIJOLO ECOLÓGICO) DE 7,5X12,5X25CM (ESPESSURA 12,5CM)	M2	463,42	R\$	106,13	R\$	106,13	R\$ 49.182,76
2.2	103329	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF 12/2021	M2	43,08	R\$	81,00	R\$	81,00	R\$ 3.489,48
2.3	COMP.006	GRAUTEAMENTO EM ALVENARIA	M3	0,25	R\$	1.021,08	R\$	1.021,08	R\$ 255,27
2.4	92773	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	42,93	R\$	15,64	R\$	15,64	R\$ 671,43
2.5	92771	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	192,50	R\$	11,29	R\$	11,29	R\$ 2.173,33

Fonte: Autor

Para o sistema construtivo tradicional todas as alvenarias foram feitas com tijolo cerâmico, conforme mostra o custo na Tabela 13.

Tabela 13: Orçamentação da alvenaria cerâmica

2.0	SINAPI	ALVENARIA					VALOR TOTAL	R\$	44.414,99
2.1	103329	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO MANUAL. AF 12/2021	M2	506,50	R\$	87,69	R\$	87,69	R\$ 44.414,99

Fonte: Autor

A análise comparativa mostra uma diferença de R\$ 8.257,25, equivalente a 18,59% do custo entre os dois orçamentos, que acontece devido ao acréscimo de insumos necessários para execução da alvenaria no método construtivo ecológico. Se considerarmos apenas os tijolos, vemos uma diferença de R\$ 4.767,77 que representa 10,73% do custo entre eles, sendo o método ecológico mais oneroso nesta etapa.

#### 4.4.6 Revestimento

No sistema construtivo com tijolo ecológico, temos alvenarias com diferentes composições, algumas foram rebocas, aplicada revestimento em massa de gesso, selador e pintura acrílica outras alvenarias ficaram com tijolos aparentes e feita a

aplicação do hidrofugante para proteger contra intempéries. Abaixo conseguimos visualizar esses custos com todos os insumos que foram necessários.

Tabela 14: Orçamentação dos revestimentos – Sistema construtivo ecológico

3.0	SINAPI	REVESTIMENTO				VALOR TOTAL	R\$	35.868,09
3.1	87882	CHAPISCO APLICADO NO TETO OU EM ALVENARIA E ESTRUTURA, COM ROLO PARA TEXTURA ACRÍLICA. ARGAMASSA TRAÇO 1:4 E EMULSÃO POLIMÉRICA (ADESIVO) COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF_10/2022	M2	406,13	R\$ 6,72	R\$ 6,72	R\$ 2.729,19	
3.2	87554	EMBOÇO, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADO MANUALMENTE EM PAREDES INTERNAS DE AMBIENTES COM ÁREA MAIOR QUE 10M², E = 10MM, COM TALISCAS. AF_03/2024	M2	123,16	R\$ 25,38	R\$ 25,38	R\$ 3.125,80	
3.3	87548	MASSA ÚNICA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADA MANUALMENTE EM PAREDES INTERNAS DE AMBIENTES COM ÁREA ENTRE 5M² E 10M², E = 10MM, COM TALISCAS. AF_03/2024	M2	406,13	R\$ 29,02	R\$ 29,02	R\$ 11.785,89	
3.4	104611	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS COM PLACAS TIPO ESMALTADA DE DIMENSÕES 60X60 CM APLICADAS NA ALTURA INTEIRA DAS PAREDES. AF_02/2023 PE	M2	123,16	R\$ 93,62	R\$ 93,62	R\$ 11.530,24	
3.5	87421	APLICAÇÃO MANUAL DE GESSO DESEMPENADO (SEM TALISCAS) EM PAREDES, ESPESSURA DE 1,0CM. AF_03/2023	M2	245,31	R\$ 27,30	R\$ 27,30	R\$ 6.696,96	
3.6	87421	APLICAÇÃO MANUAL DE GESSO DESEMPENADO (SEM TALISCAS) EM PAREDES, ESPESSURA DE 1,0CM. AF_03/2023	M2	11,00	R\$ 27,30	R\$ 27,30	R\$ 300,30	

Fonte: Autor

Para o sistema construtivo convencional, tem-se essa variação de composições de alvenarias, onde todas as alvenarias são rebocas e aplicados materiais de revestimentos distintos, apenas tendo em comum o revestimento cerâmico que se faz presente nos dois métodos construtivos para as áreas molhadas. Seu custo está representado na Tabela 15.

Tabela 15: Orçamentação dos revestimentos – Sistema construtivo tradicional

3.0	SINAPI	REVESTIMENTO				VALOR TOTAL	R\$	57.504,01
3.1	87882	CHAPISCO APLICADO NO TETO OU EM ALVENARIA E ESTRUTURA, COM ROLO PARA TEXTURA ACRÍLICA. ARGAMASSA TRAÇO 1:4 E EMULSÃO POLIMÉRICA (ADESIVO) COM PREPARO EM BETONEIRA 400L. AF_10/2022	M2	1011,50	R\$ 6,72	R\$ 6,72	R\$ 6.797,28	
3.2	87554	EMBOÇO, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADO MANUALMENTE EM PAREDES INTERNAS DE AMBIENTES COM ÁREA MAIOR QUE 10M², E = 10MM, COM TALISCAS. AF_03/2024	M2	123,16	R\$ 25,38	R\$ 25,38	R\$ 3.125,80	
3.3	87548	MASSA ÚNICA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADA MANUALMENTE EM PAREDES INTERNAS DE AMBIENTES COM ÁREA ENTRE 5M² E 10M², E = 10MM, COM TALISCAS. AF_03/2024	M2	1011,50	R\$ 29,02	R\$ 29,02	R\$ 29.353,73	
3.4	104611	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS COM PLACAS TIPO ESMALTADA DE DIMENSÕES 60X60 CM APLICADAS NA ALTURA INTEIRA DAS PAREDES. AF_02/2023 PE	M2	123,16	R\$ 93,62	R\$ 93,62	R\$ 11.530,24	
3.5	87421	APLICAÇÃO MANUAL DE GESSO DESEMPENADO (SEM TALISCAS) EM PAREDES, ESPESSURA DE 1,0CM. AF_03/2023	M2	245,31	R\$ 27,30	R\$ 27,30	R\$ 6.696,96	

Fonte: Autor

A comparação indica uma diferença de R\$ 21.635,92, que representa um acréscimo de 60,31% no orçamento do sistema tradicional. Que acontece por conta das diferenças entre os sistemas construtivos e aplicações de revestimentos. Onde o insumo que mais apresentou diferença orçamentaria foi o item 3.3 (Tabela 15), que

acontece por conta do aumento significativo de alvenaria que precisa do emboço e reboco.

#### 4.4.7 Pintura

A etapa de pintura no sistema construtivo com o tijolo ecológico é realizada tanto na parte interna como na externa, entretanto na parte externa temos apenas a aplicação da pintura hidrofugante para proteger as alvenarias aparentes do lado externo e alvenarias em pedra rachão. Vemos que o item mais oneroso da Tabela 16 é 4.3 referentes a pintura hidrofugante que é o insumo mais requerido representando 83,26% do custo desta etapa.

Tabela 16: Orçamentação da pintura – Sistema construtivo ecológico

4.0	SINAPI	PINTURA					VALOR TOTAL	R\$	13.520,92
4.1	88485	FUNDO SELADOR ACRÍLICO, APLICAÇÃO MANUAL EM PAREDE, UMA DEMÃO. AF_04/2023	M2	254,51	R\$	4,07	R\$	4,07	R\$ 1.035,86
4.2	104641	PINTURA LÁTEX ACRÍLICA ECONÔMICA, APLICAÇÃO MANUAL EM PAREDES, DUAS DEMÃOS. AF_04/2023	M2	127,26	R\$	9,64	R\$	9,64	R\$ 1.226,74
4.3	102489	PINTURA HIDROFUGANTE COM SILICONE, APLICAÇÃO MANUAL, 2 DEMÃOS. AF_05/2021	M2	387,55	R\$	29,05	R\$	29,05	R\$ 11.258,33

Fonte: Autor

Para o sistema construtivo com o tijolo cerâmico o item 4.4 é o mais oneroso da Tabela 17 referente a aplicação da textura acrílica, que se aplica em toda área externa da edificação, representando 46,83% do custo desta etapa.

Tabela 17: Orçamentação da pintura – Sistema construtivo convencional

4.0	SINAPI	PINTURA					VALOR TOTAL	R\$	19.005,54
4.1	88485	FUNDO SELADOR ACRÍLICO, APLICAÇÃO MANUAL EM PAREDE, UMA DEMÃO. AF_04/2023	M2	861,59	R\$	4,07	R\$	4,07	R\$ 3.506,67
4.2	104641	PINTURA LÁTEX ACRÍLICA ECONÔMICA, APLICAÇÃO MANUAL EM PAREDES, DUAS DEMÃOS. AF_04/2023	M2	430,80	R\$	9,64	R\$	9,64	R\$ 4.152,86
4.3	102489	PINTURA HIDROFUGANTE COM SILICONE, APLICAÇÃO MANUAL, 2 DEMÃOS. AF_05/2021	M2	84,19	R\$	29,05	R\$	29,05	R\$ 2.445,57
4.4	95305	TEXTURA ACRÍLICA, APLICAÇÃO MANUAL EM PAREDE, UMA DEMÃO. AF_04/2023	M2	605,06	R\$	14,71	R\$	14,71	R\$ 8.900,43

Fonte: Autor

Com a apresentação dos dois orçamentos vemos uma diferença de R\$ 5.484,62, que representa um acréscimo de 40,56% no orçamento do método construtivo com o tijolo cerâmico.

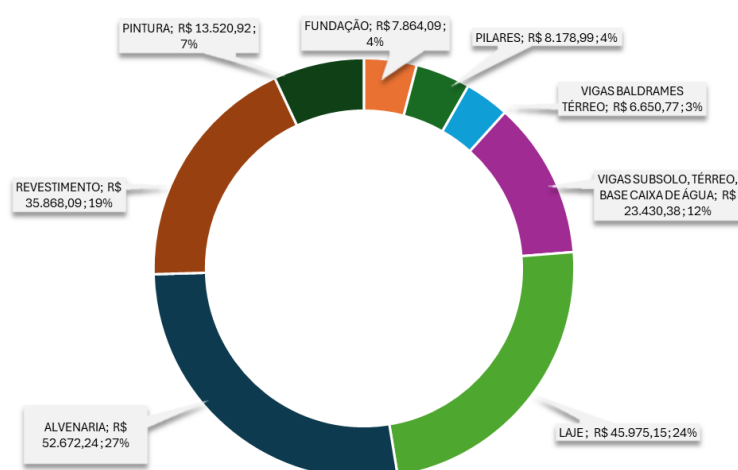
#### 4.5 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

A avaliação da viabilidade econômica entre os dois métodos construtivos foi realizada por meio da elaboração de dois gráficos comparativos. Cada gráfico

apresenta os valores em reais e percentuais, referentes a todas as etapas construtivas analisadas.

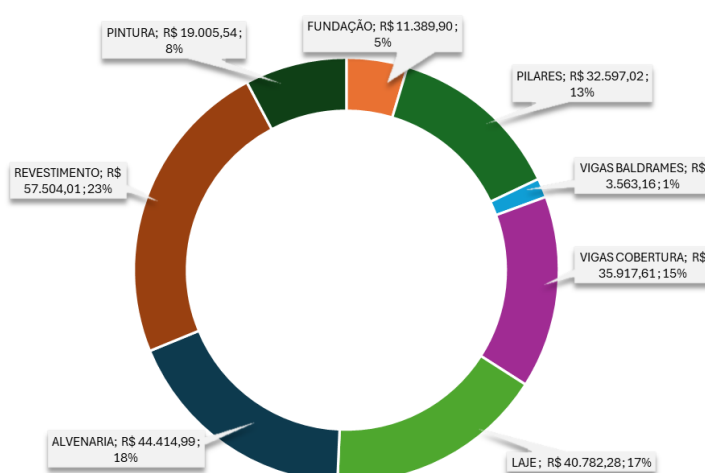
A primeira figura (Figura 38) apresenta os custos referentes ao sistema construtivo do tijolo ecológico, enquanto a figura em sequência (Figura 39) corresponde aos custos associados à alvenaria em tijolo cerâmico.

Figura 38: Custos por etapas – Método construtivo ecológico



Fonte: Autor

Figura 39: Custos por etapas – Método construtivo tradicional



Fonte: Autor

Na Figura 38, obtemos um subtotal de R\$ 194.160,63, somando todos os valores das etapas construtivas, na Figura 39 encontramos um subtotal de R\$

245.174,51. Assim, a diferença entre os métodos construtivos totalizou R\$ 51.013,88 que corresponde a 26,27% de variação no custo total. Na Figura 40, tem-se os valores orçamentários em reais, dos respectivos sistemas construtivos e a diferença entre eles.

Figura 40: Comparativo orçamentário entre os sistemas analisados



Fonte: Autor

Considerando o custo por metro quadrado, o sistema construtivo ecológico apresenta um valor de R\$ 999,53/m<sup>2</sup>, enquanto para o sistema construtivo convencional atinge R\$ 1.262,15/m<sup>2</sup>, resultando em diferença de R\$ 262,62/m<sup>2</sup>. Esses resultados evidenciam que, sob a perspectiva analisada, o sistema com tijolos ecológicos apresenta maior viabilidade econômica.

## 5. CONCLUSÃO

O presente trabalho objetivou analisar a viabilidade econômica do método construtivo com o tijolo solo-cimento (tijolo ecológico) por meio de um estudo de caso de uma edificação de 194,25 m<sup>2</sup> localizada na cidade de Triunfo - PE, fazendo uma comparação com o método construtivo com o tijolo cerâmico. Diante disso, adotou-se uma metodologia descritiva composta por revisão bibliográfica, visitas e levantamentos de dados em campo, modelagem da arquitetura utilizando o software Revit para extração de quantitativos, elaboração de um novo projeto estrutural com o software TQS para o sistema construtivo tradicional em tijolo cerâmico, permitindo assim, extrair os quantitativos referentes as estruturas de concreto armado para então elaborarmos os orçamentos.

Os resultados indicam que o método construtivo com o tijolo ecológico apresenta superioridade econômica frente ao método construtivo tradicional com tijolo cerâmico. A soma total dos custos no caso estudado resultou em R\$ 194.160,63 para o sistema ecológico e R\$ 245.174,51 para o sistema cerâmico, uma diferença absoluta de R\$ 51.013,88, correspondente a 26,27% de variação favorável ao tijolo solo-cimento. Esse indicador evidencia a viabilidade econômica do método analisado no contexto local.

Além da vantagem econômica, o estudo registrou benefícios socioambientais e construtivos associados ao uso do tijolo ecológico, sendo a redução do consumo energético na fabricação (dispensa a queima em fornos), menor geração de resíduos, facilidade na execução do assentamento por sistema de encaixe, melhor desempenho termoacústico. A pesquisa também documentou o processo produtivo local na fábrica EcoTriunfo, consolidando que uma produção local contribui para reduzir custos logísticos e incentivar cadeias produtivas locais.

Contudo, esse estudo apresenta algumas limitações que precisam ser consideradas. Como características da região de Triunfo – PE, sendo, mão de obra, materiais e logística, sendo assim, não podemos generalizar para outras regiões do Brasil, que podem apresentar custos e realidades construtivas diferentes. Outro ponto de destaque é que o caso estudado se trata de uma residência unifamiliar de dois pavimentos, portanto, não representam edificações de múltiplos pavimentos ou de usos diferentes como prédios comerciais ou industriais. Como a obra ainda está em andamento, e está sendo construída por etapas de acordo com os recursos

financeiros do proprietário, não foi possível obter o orçamento global que foi gasto para sua construção. Apesar dessas limitações, temos um comparativo fiel à realidade local e contribuem para o debate sobre a viabilidade do uso do tijolo ecológico na construção civil. E para ser mais transparente foi realizado dois orçamentos com seu respectivo sistema construtivo com base no SINAPI, considerando o estado de Pernambuco.

Em síntese, o trabalho demonstra que o tijolo solo-cimento, quando produzido e aplicado um controle técnico adequado, representa uma alternativa viável economicamente e vantajosa do ponto de vista socioambiental para o contexto estudado. A adoção desse sistema pode contribuir para obras mais econômicas, com menor impacto ambiental e com potencial de desenvolvimento local.

## REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10833: Fabricação de tijolos e blocos de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2013.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10834: Bloco de solo-cimento sem função estrutural – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2012.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491: Tijolo maciço de solo-cimento**. Rio de Janeiro, 2012.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8492: Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2012.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697: Cimento Portland — Requisitos**. Rio de Janeiro, 2018.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NM ISO 3310-1: Peneiras de ensaio — Requisitos técnicos e verificação — Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de arame metálico**. Rio de Janeiro, 2010.
- AMARAL, Higor Romualdo Santos et al. **Verificação da qualidade dos tijolos solo-cimento de acordo com a NBR 8492 comercializados em Serra Talhada-PE e região**. Revista Semiárido De Visu, [no prelo].
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. **CBIC projeta crescimento de 4,1% para a construção civil em 2024, mas desafios persistem para 2025**. Disponível em: <https://cbic.org.br/cbic-projeta-crescimento-de-4-1-para-a-construcao-civil-em-2024-mas-desafios-persistem-para-2025>. Acesso em: 14 ago. 2025.
- DUNEL, Maria Paula. **Avaliação do desempenho térmico de tijolos ecológicos em Aracaju/SE por meio de simulação computacional**. 2020. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020.
- FRAGA, Yuri Sotero Bomfim et al. **Tecnologia dos materiais: a utilização do tijolo de solo-cimento na construção civil**. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE, v. 3, n. 3, p. 11-11, 2016.
- FIGUEIREDO, Camila Martins; PEREIRA, Cristian da Cunha; ROCHA, Fabiano do Nascimento; SILVA, Marcos Vinicius de Assis; SOUZA, Maria Luiza de; COSTA, Otavio Henrique Cavalcante Fernandes. **Viabilidade da utilização de alvenaria em tijolos ecológicos para construções de pequeno porte**. Revista FT, v. 28, n. 134, p. —, maio 2024. DOI: 10.5281/zenodo.11236135. Disponível em: <https://revistaft.com.br/viabilidade-da-utilizacao-de-alvenaria-em-tijolos-ecologicos-para-construcoes-de-pequeno-porte/>. Acesso em: 05 ago. 2025.

GRANDE, Fernando Mazzeo. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. 2003. 165 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

GUEDES, Isabella. **Triple Bottom Line: entenda o que é e como funciona o tripé da sustentabilidade**. Disponível em: <https://meiosustentavel.com.br/triple-bottom-line/>. Acesso em: 02 jul. 2025.

JARFEL. **Tijolo ecológico para iniciantes – Erros fáceis de evitar! Aula 1**. Mogi das Cruzes, 21 jan. 2025. Disponível em: <https://www.jarfel.com.br/tijolo-ecologico-para-iniciantes-erros-faceis-de-evitar-aula-1/>. Acesso em: 02 jul. 2025.

LAPIN TIJOLOS ECOLÓGICOS. **Tijolos**. Disponível em: <https://lapintijolos.com.br/tijolos/>. Acesso em: 03 jul. 2025.

LIMA, Gleyds Mikaelly Melo. **Avaliação das propriedades de tijolos solo-cimento fabricados em Triunfo – PE, com adição de resíduos de construção e demolição**. 2023. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Serra Talhada, 2023.

MARQUES, Mauricio Dias; SIMÕES, Rebeca Delatore; BRAGA JUNIOR, Sérgio Silva. **Sustentabilidade na construção civil: possibilidades e dificuldades**. Revista Aracê, v. 7, n. 3, p. 11087–11111, 2025. DOI: 10.56238/arev7n3-059.

MATOS, Laura Soares; LOBO, Mariana Sousa; COUTO, Adriano Borges de Paula (orient.). **Sistema construtivo utilizando tijolo de solo-cimento (tijolo ecológico) em casas residenciais: estudo de caso**. 2024. 17 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2024.

MAROTTA, Luiza Ignez Mollica; SANTOS, Pedro. **O uso de tijolos ecológicos como material sustentável na construção civil**. Revista Contemporânea, v. 3, n. 8, 2023. DOI: 10.56083/RCV3N8-073.

MOBUSS CONSTRUÇÃO. **Impactos ambientais da construção civil**. Disponível em: <https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/impactos-ambientais-da-construcao-civil>. Acesso em: 10 jul. 2025.

MOTTA, Jessica Campos Soares Silva 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: <http://www.unibh.br/revistas/exacta/>.

NEGREIROS, Ruth Lopes; NUNES, Gustavo Kaynan Gonçalves; BISPO, Matheus Caldeira; MORAIS, Sávio Aguiar de. **Comparativo sustentável e econômico entre a utilização do tijolo solo-cimento e o tijolo cerâmico de vedação em Habitação de Interesse Social na cidade de Teófilo Otoni-MG**. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v. 2, n. 1, p. –, 25 jul. 2023.

PAIXÃO, Gabriela Barbosa et al. **O uso de tijolos ecológicos como material sustentável na construção civil**. Revista Contemporânea, v. 3, n. 8, p. 11265–11291, 2023. DOI: 10.56083/RCV3N8-073.

PREFEITURA DO RECIFE. **Prefeitura do Recife promove curso de tijolos ecológicos na comunidade do Coque**. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/noticias/28/06/2023/prefeitura-do-recife-promove-curso-de-tijolos-ecologicos-na-comunidade-do-coque>. Acesso em: 09 set. 2025.

SOARES, Breno Guedes. **Sustentabilidade na construção civil: vantagens e desvantagens do uso do tijolo ecológico**. 2023. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário do Sul de Minas, UNIS-MG, Varginha, 2023.

SOUZA, Amanda Morais. **Sustentabilidade na construção civil: análise comparativa entre bloco cerâmico convencional e bloco solo-cimento**. Revista Multidisciplinar do Sertão, v. 5, n. 2, p. 244–251, abr./jun. 2023.

TIJOLO PONTO ECO. **Manual de construção com tijolo ecológico**. Disponível em: [https://www.tijolo.eco.br/manual\\_construcao\\_tijolo\\_ecologico/](https://www.tijolo.eco.br/manual_construcao_tijolo_ecologico/). Acesso em: 01 ago. 2025.

TRADING ECONOMICS. **PIB do Brasil da construção: 1996–2025 dados e 2026–2027 previsão**. Disponível em: <https://pt.tradingeconomics.com/brazil/gdp-from-construction>. Acesso em: 19 nov. 2025.

VIEIRA, Gláuber Islan Ferreira. **Análise comparativa de produtividade e custos das alvenarias em blocos cerâmicos, solo-cimento e estrutural no sertão pernambucano**. 2024. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Serra Talhada, 2024.

WEBER, Eduardo; CAMPOS, Roger Francisco Ferreira de; BORGA, Tiago. **Análise da eficiência do tijolo ecológico solo-cimento na construção civil**. Ignis, v. 6, n. 2, p. 18–34, maio/ago. 2017.