



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

GLÁUBER ISLAN FERREIRA VIEIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE PRODUTIVIDADE E CUSTOS DAS
ALVENARIAS: EM BLOCOS CERÂMICOS, SOLO-CIMENTO E
ESTRUTURAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO SERTÃO
PERNAMBUCANO**

SERRA TALHADA

2024

GLÁUBER ISLAN FERREIRA VIEIRA

**ANÁLISE COMPARATIVA DE PRODUTIVIDADE E CUSTOS DAS ALVENARIAS:
EM BLOCOS CERÂMICOS, SOLO-CIMENTO E ESTRUTURAL NA CONSTRUÇÃO
CIVIL NO SERTÃO PERNAMBUCANO**

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, com requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Elivelthon Carlos do Nascimento.

**SERRA TALHADA
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

V657 Vieira, Gláuber Islan Ferreira.

Análise comparativa de produtividade e custos das alvenarias: em blocos cerâmicos, solo-cimento e estrutural na construção civil no sertão pernambucano / Gláuber Islan Ferreira Vieira. - Serra Talhada, 2024.
82 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Serra Talhada, 2024.

Orientação: Prof. Msc. Elivelthon Carlos do Nascimento.

1. Engenharia civil. 2. Viabilidade. 3. Blocos cerâmicos. 4. Solo-cimento. 5. Bloco de concreto. I. Título.

CDD 624

GLÁUBER ISLAN FERREIRA VIEIRA

ANÁLISE COMPARATIVA DE PRODUTIVIDADE E CUSTOS DAS ALVENARIAS: EM BLOCOS CERÂMICOS, SOLO-CIMENTO E ESTRUTURAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL NO SERTÃO PERNAMBUCANO

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, com requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Elivelthon Carlos do Nascimento

Aprovado em 09 de dezembro de 2024

Banca Examinadora



(Profª. Ma. Rafaella Pereira Marinho, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano)



(Profª. Me. Elivelthon Carlos do Nascimento, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano)



(Profª. Me. Nilberte Muniz de Sousa, Escola Técnica Estadual Professora Célia Siqueira)

**SERRA TALHADA
2024**

DEDICATÓRIA

Àqueles que me ensinaram a sonhar e a nunca desistir de aprender. Este trabalho é uma homenagem a todos que acreditam na força do conhecimento e na transformação que ele pode gerar.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me dar forças nos momentos difíceis e me guiar pelos caminhos certos nesta fase da minha vida.

Aos meus maiores incentivadores, que estiveram ao meu lado e me apoiaram em todos os aspectos da minha vida: meus pais, Iandra Milenne e Gleiton Antonio, minhas irmãs, Gabrielly e Giulya, e, com uma saudosa lembrança, minha avó Maria Inácia. Vocês sonharam comigo, e hoje celebramos juntos a concretização deste sonho.

Aos meus grandes amigos e irmãos, Pedro Gabriel e Leticia Santos, por serem a calma e a alegria em meio ao caos. Obrigado por me apoiarem e incentivarem nos momentos de medo e ansiedade. Conseguimos juntos!

Agradeço a todo o corpo docente, que teve o papel grandioso de transmitir conhecimento. Em especial, ao meu orientador e professor, Me. Elivelthon Carlos do Nascimento, que me acolheu como acadêmico e possibilitou os caminhos que me trouxeram até aqui.

Aos meus companheiros de faculdade, com quem compartilhei momentos de alegria e de grandes aperreios. Em especial, agradeço à minha dupla de faculdade, Ruan Pinheiro, e ao meu parceiro de laboratório e de iniciação científica, Higor Amaral. Que juntos nos tornemos grandes profissionais.

Por fim, agradeço a mim mesmo, por não desistir, e por permitir que este grande sonho se realizasse com o apoio, incentivo e confiança de todos os que me acompanharam.

RESUMO

O setor da construção civil apresenta grande representatividade no PIB (Produto Interno Bruto) do Brasil, aliado aos incentivos do governo federal, ocasionando uma alta geração de empregos e ao seu importante papel social no combate ao déficit habitacional. Este estudo investiga a viabilidade econômica de diferentes métodos construtivos de alvenaria, incluindo blocos cerâmicos, tijolos de solo-cimento e blocos estruturais de concreto, para aplicação em um modelo de residência popular no sertão pernambucano. O objetivo principal é identificar o método construtivo mais adequado para atender à crescente demanda habitacional da região, considerando principalmente a influência econômica e de execução dos métodos estudados. Os objetivos do estudo incluem a análise comparativa dos custos e implicações práticas dos três sistemas construtivos, além de avaliar sua sustentabilidade e contribuição para o desenvolvimento regional. A metodologia adotada abrange uma revisão de literatura sobre orçamentação e métodos construtivos, seguida pela análise detalhada das fases de execução de cada sistema, suas vantagens e desvantagens, e a comparação do custo por metro quadrado das habitações. Os resultados apresentam dados que fundamentam a escolha do sistema construtivo mais viável financeiramente, apresentando o orçamento comparativo dos três métodos e descrevendo os fatores que elegem a execução com blocos estruturais a mais viável, apesar dos desafios operacionais. A pesquisa contribui para o avanço do conhecimento técnico-científico na construção civil, oferecendo um modelo de análise de viabilidade aplicável tanto no meio acadêmico quanto, na prática, profissional e da comunidade.

Palavras-chave: viabilidade; blocos cerâmicos; solo-cimento; bloco estrutural.

ABSTRACT

The civil construction sector plays a major role in Brazil's PIB (Produto Interno Bruto), combined with incentives from the federal government, resulting in a high level of job creation and its important social role in combating the housing deficit. This study investigates the economic viability of different masonry construction methods, including ceramic blocks, soil-cement bricks and structural concrete blocks, for application in a popular housing model in the Pernambuco hinterland. The main objective is to identify the most suitable construction method to meet the growing demand for housing in the region, considering mainly the economic and execution influence of the methods studied. The study's objectives include a comparative analysis of the costs and practical implications of the three construction systems, as well as assessing their sustainability and contribution to regional development. The methodology adopted includes a literature review on budgeting and construction methods, followed by a detailed analysis of the execution phases of each system, their advantages and disadvantages, and a comparison of the cost per square meter of the dwellings. The results present data to support the choice of the most financially viable construction system, presenting a comparative budget for the three methods and describing the factors that make building with structural blocks the most viable, despite the operational challenges. The research contributes to the advancement of technical and scientific knowledge in the construction industry, offering a feasibility analysis model that can be applied both in academic circles and in professional and community practice.

Keywords: feasibility; ceramic blocks;soil-cement; structural block.

LISTA DE ILUATRAÇÕES

Figura 1: Fabricação dos blocos cerâmicos	20
Figura 2: Fabricação dos tijolos de solo-cimento	22
Figura 3: Dimensões efetivas exigidas na fabricação de blocos de concreto.....	24
Figura 4: Processo de produção dos blocos estruturais.....	24
Figura 5: Assentamento de blocos cerâmicos.	26
Figura 6: Assentamento de tijolo de solo-cimento.	27
Figura 7: Assentamento com base nivelada.	28
Figura 8: Assentamento de alvenaria estrutural.....	29
Figura 9: Dimensões nominais.....	32
Figura 10: Tipos de Blocos	33
Figura 11: Etapas de orçamentação.....	38
Figura 12: Organograma metodológico	41
Figura 13: Revisão de literatura.....	42
Figura 14: Área de estudo.....	43
Figura 15: Obras na região	44
Figura 16: Planta baixa da edificação.....	45
Figura 17: Alvenaria com blocos cerâmica.....	46
Figura 18: Alvenaria com tijolo de solo-cimento.....	46
Figura 19: Alvenaria com bloco estrutural	46
Figura 20: Detalhes construtivos considerados	47
Figura 21: Processo de extração dos quantitativos	48
Figura 22: Comparação das considerações por modelo.	49
Figura 23: Composição da alvenaria com bloco cerâmico	49
Figura 24: Criação de tabelas.....	50
Figura 25: Cadernos técnicos	51
Figura 26: Tabela do SINAPI	52
Figura 27: Estrutura Analítica de Projetos(EAP) para uma edificação.....	53
Figura 28: Modelo de edificação proposto	54
Figura 29: Considerações na modelagem.....	55
Figura 30: Adaptação aos modelos de alvenaria	56
Figura 32: Quantitativo de pisos	59
Figura 33: Representação da fundação	60

Figura 34: Elementos quantificados na alvenaria	61
Figura 35: Coberturas estudadas	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Orçamento	75
Gráfico 2: Custo por m ²	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Normas utilizadas.....	30
Tabela 2: Dimensões dos tijolos de solo-cimento	32
Tabela 3: Dimensões blocos de concreto simples	34
Tabela 4: Vantagens da utilização dos métodos alternativos.....	35
Tabela 5: Desvantagens dos métodos construtivos estudados.	36
Tabela 6: Quantitativos considerados	58
Tabela 7: Área dos ambientes	59
Tabela 8: Quantitativos Fundações	60
Tabela 9: Quantitativos de paredes	61
Tabela 10: Quantitativos pilares	61
Tabela 11: Quantitativo das vigas.....	62
Tabela 12:Quantitativo de Cobertura.....	62
Tabela 13: Esquadrias	63
Tabela 14: Estimativa de preço	64
Tabela 15: Orçamentação da Fundação	66
Tabela 16: Orçamentação dos pisos	67
Tabela 17: Orçamentação para alvenaria de bloco cerâmico	68
Tabela 18: Orçamento alvenaria com tijolos de solo-cimento	69
Tabela 19: Orçamento para alvenaria com bloco estrutural.....	70
Tabela 20: Orçamento para laje maciça.....	72
Tabela 21: Orçamento para execução do telhado	72
Tabela 22: Orçamento das esquadrias.....	73
Tabela 23: Orçamento Final.....	74

LISTA DE ABREVIATURAS

PIB	Produto Interno Bruto
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
PAC	Programa de Aceleração de Crescimento
PIL	Programa de Investimento em Logística
PCVA	Programa casa Verde e Amarela
MCMV	Minha Casa Minha Vida
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNH	Banco Nacional de Habitação
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
NBR	Norma Brasileira
IBDA	Instituto Brasileiro De Desenvolvimento da Arquitetura
SVVIE	Sistemas De Vedações Verticais Internas e Externas
VED	Vedação
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SINAPI	Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil
EAP	Estrutura Analítica de Projetos
FGTS	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
MCID	Ministério das Cidades
CUB	Custos Unitários Básicos de Construção

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1.	Contexto geral	14-15
1.2.	Justificativa	15-16
1.3.	Objetivos	16
1.3.1.	Objetivo geral	16
1.3.2.	Objetivos específicos	17
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1.	Evolução das técnicas construtivas	18-19
2.2.	Produção, assentamento e comparativos entre os blocos	20
2.2.1.	Processo de produção	20
2.2.1.1.	Blocos Cerâmicos	20-21
2.2.1.2.	Tijolos de solo-cimento	21-22
2.2.1.3.	Blocos estruturais de concreto	23-25
2.2.2.	Processo de instalação	25
2.2.2.1.	Bloco cerâmico.....	25-26
2.2.2.2.	Tijolo solo-cimento	26-27
2.2.2.3.	Bloco estrutural de concreto	28-29
2.3.	Especificações normativas	29-30
2.3.1.	Projetos e execução de obra	30-31
2.3.1.1.	Bloco cerâmico.....	31-32
2.3.1.2.	Tijolo de solo-cimento	32
2.3.1.3.	Bloco estrutural	32-34
2.4.	Vantagens e desvantagens de métodos alternativos	34
2.4.1.	Vantagens	34-35
2.4.2.	Desvantagens	36-37
2.5.	Planejamento e orçamentação	37-38
2.6.	Aceitabilidade no mercado e em financiamentos	39-40
3.	METODOLOGIA	41
3.1.	Caracterização da pesquisa	41
3.1.1.	Revisão de literatura	41-42
3.1.2.	Caracterização da região de estudo	43
3.1.3.	Cenário da região.....	44
3.2.	Elaboração do projeto	45
3.2.1.	Descrição do projeto	45-46
3.2.2.	Diretrizes adotadas	46-47

3.3.	Orçamentação	48
3.3.1.	Extração dos quantitativos.....	48-50
3.3.2.	Orçamento.....	51-52
3.4.	Hipóteses complementares	52-53
4.	RESULTADOS	54
4.1.	Modelagem	54
4.1.1.	Modelo escolhido	54-55
4.1.2.	Construção do modelo.....	55-56
4.2.	Quantitativos	56
4.2.1.	Quantitativos considerados	56-58
4.2.2.	Valores extraídos do projeto.....	59
4.2.2.1.	Componentes considerados por processo.....	59
4.2.2.1.1.	Pisos.....	59
4.2.2.1.2.	Fundação.....	60
4.2.2.1.3.	Alvenaria.....	60-62
4.2.2.1.4.	Cobertura.....	62-63
4.2.2.1.5.	Esquadrias	63
4.3.	Orçamento	64
4.3.1.	Estimativa de preço	64
4.3.2.	Cálculo de custos e produtividade dos componentes construtivos.....	65
4.3.2.1.	Serviços preliminares e Fundações	65-66
4.3.2.2.	Pisos.....	67
4.3.2.3.	Alvenaria.....	67
4.3.2.4.	Blocos Cerâmicos	68-69
4.3.2.5.	Tijolos de Solo-cimento.....	69-70
4.3.2.6.	Blocos Estruturais	70-71
4.3.2.7.	Cobertura.....	71-72
4.3.2.8.	Esquadrias	73
4.3.3.	Análise da viabilidade entre os três métodos propostos	73-76
5.	CONCLUSÃO	77
	REFERÊNCIAS	78-82

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTO GERAL

O setor da construção civil apresenta grande representatividade no PIB (Produto Interno Bruto) do país, devido à grande incentivos concebidos pelo governo federal, o que está diretamente ligado a geração de empregos aliado a representar um importante papel social no combate ao déficit habitacional.

O crescimento populacional é uma realidade incontestável, o Censo 2022 (IBGE, 2022) apresentou os valores referentes ao crescimento da população brasileira, na qual houve um acréscimo de 6,5% em relação ao Censo de 2010 (IBGE, 2010), cerca de 12,3 milhões de brasileiros a mais. Aliado a isso, é notório que, com uma população maior, a busca por acomodações e pela construção de novas residências tende a aumentar, como uma consequência deste crescimento e pela gama de meios de financiamentos ofertados hoje em dia.

Pereira e Alencar (2019) mostram que o investimento em tecnologia é fundamental para alcançar três objetivos importantes: aprimoramento da qualidade, modernização e inovação. Isso se deve ao fato de que a tecnologia possibilita o desenvolvimento e a aplicação de materiais e processos modernos e inovadores. Como resultado, são construídas estruturas de maior qualidade, por meio de projetos ágeis e com custos reduzidos.

Levando em conta que o campo da construção civil engloba uma variedade de serviços que demandam uma equipe diversificada de profissionais, além de uma ampla gama de materiais e serviços para atender às necessidades do setor, com o passar dos anos a constante evolução destas tecnologias, que agregou ao setor da construção, que agora conta com novas possibilidades que contribuem para a rapidez e qualidade da produção.

Uma das alternativas é alvenaria estrutural que, segundo Kalil (2007) é um método que buscam facilitar e dar qualidade na diversidade para construir, a conquista do mercado da construção civil vem sendo conquistado por este método por obter baixo custo e trazer várias vantagens aqueles que utilizam. Uma vez que, conforme apresentado por Gomes et. al. (2018), no Brasil, os métodos mais amplamente

difundidos são a alvenaria estrutural e a alvenaria convencional com blocos cerâmicos, devido à sua praticidade de execução e existência de mão-de-obra.

A utilização de novos métodos construtivos que causem menos impacto ao meio ambiente é um tópico fomentado atualmente, e devido a isso novas metodologias como, o tijolo ecológico, feito de solo, água e cimento apresenta uma opção para suprir essas necessidades, por possuir um fácil processo de fabricação, favorecendo a redução de custos e prazo de construção (Motta et al., 2014).

Outro benefício dos blocos de solo cimento é que o mesmo não necessita de um processo de queima, o que fortalece a vertente ecológica, por não emitir gases do efeito estufa, conforme apresentados por Souza, Pereira e Segantini (2006), que apresentam benefícios no uso do tijolo de solo-cimento, desde sua fabricação ao utilização em obras, devido à simplicidade dos materiais utilizados e de baixo custo, havendo ainda a possibilidade de produção no próprio canteiro com solo local, o que reduz os custos com energia, transporte, armazenamento, mão de obra, desperdícios e impostos.

Aliado à busca por novas tecnologias construtivas, é necessário conhecer novas técnicas que otimizem o planejamento e a orçamentação da obra. A metodologia *Building Information Modeling* (BIM) propõe uma integração de sistemas que possibilita um maior controle dos processos, por possibilitar um planejamento e representação das etapas, dos quantitativos e especificidades de cada projeto.

Ao escolher o sistema que irá ser utilizado para uma edificação, é necessário analisar os fatores mais influentes, como o preço, a mão de obra especializada, o material, a resistência da estrutura. Portanto, na busca de aprimorar os conhecimentos acerca de métodos construtivos alternativos e na busca de entender qual a técnica mais viável para o sertão pernambucano, será realizada uma análise de viabilidade, assim como um comparativo orçamentário do custo para realizar a construção da estrutura de uma edificação modelo.

1.2. JUSTIFICATIVA

A busca pela casa própria é a realidade de grande parte dos brasileiros, conforme o Jornal Metrópole (2023), 64,6% da população tem casa própria, mas 13,6% vivem em locais sem documentação. Aliado a isso, programas de incentivo como o, Programa de Aceleração de Crescimento (PAC) e o de Investimento em

Logística (PIL), assim como obras do antigo Programa Casa Verde e Amarela (PCVA), atual Minha Casa, Minha Vida (MCMV), têm estimulado a cadeia produtiva da indústria da construção civil, pela geração de empregos e renda para milhares de trabalhadores, além de ganhos significativos em escala para o comércio e a indústria nacional.

Visando possibilitar caminhos para que o uso de diferentes métodos de construção aumente, é necessário compreender as implicações financeiras e operacionais decorrentes do processo de construção de uma residência, assim como o estudo de viabilidade, dadas as crescentes demandas por eficiência e sustentabilidade na indústria da construção. Ao analisar de forma comparativa o desempenho produtivo e os custos associados a cada método, espera-se oferecer subsídios fundamentais para tomadas de decisão embasadas na seleção do método construtivo mais adequado a determinado contexto.

A análise realizada abordará de forma prática e aplicada, com intuito não apenas de análise teórica, mas também a avaliação da implementação efetiva desses métodos na região de estudo. Através da utilização de insumos locais, pretende-se investigar não apenas a viabilidade econômica, mas também a contribuição para o desenvolvimento regional e a redução do impacto ambiental associado à construção civil.

Portanto, a importância desta produção acadêmica reside na sua capacidade de fornecer uma base sólida para a tomada de decisões estratégicas na indústria da construção civil, contribuindo para o avanço do conhecimento técnico-científico e para a promoção de práticas construtivas mais eficientes, sustentáveis e economicamente viáveis.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo geral

Realizar um estudo comparativo da viabilidade econômica de sistemas construtivos de alvenaria: em blocos cerâmicos, solo-cimento e blocos estruturais aplicados em residências populares para a região do sertão pernambucano.

1.3.2. Objetivos específicos

- Descrever as fases de execução dos sistemas de construção de alvenaria utilizando blocos cerâmicos, de solo-cimento e blocos estruturais.
- Apresentar vantagens e desvantagens dos três métodos construtivos;
- Apresentar o orçamento de uma residência popular utilizando os métodos mencionados;
- Comparar o custo por m² de uma habitação popular utilizando os métodos de construção mencionados, destacando o sistema construtivo mais viável para a criação de uma edificação popular na região.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. EVOLUÇÃO DAS TÉCNICAS CONSTRUTIVAS

Os materiais cerâmicos estão presentes na humanidade há bastante tempo, sendo sua origem há 8000 anos a.C. tendo seu registro realizado inclusive na bíblia (Abbas et al., 2017). Segundo Ambrozewicz (2012), esses materiais eram cozidos ao sol e passaram a ser utilizados em substituição às pedras em locais onde havia uma escassez de recursos.

A pesquisa de Cavalheiro (1998), apresenta a evolução dos métodos construtivos no qual durante muitos séculos, as primeiras alvenarias eram constituídas por pedra ou tijolo cerâmico, secos ao sol e com espessuras consideráveis, devido à falta de conhecimento sobre a resistência dos materiais e métodos de cálculo eficientes. A prática adquirida pelos construtores prevaleceu nesse período.

No final do século XIX, as estruturas de aço começaram a ganhar destaque devido ao avanço dos métodos de cálculo e tecnologia do metal, possibilitando o aproveitamento de espaços antes subutilizados devido ao empirismo predominante na alvenaria estrutural, Cavalheiro (2018). Posteriormente, até o início do século atual, as construções em alvenaria de pedra ou tijolo cerâmico queimado, assentadas com diferentes materiais como barro, betume e argamassas de cal, pozolana e cimento Portland, predominaram.

Atualmente, os produtos cerâmicos estão presentes na maior parte das obras de engenharia, por possibilitarem diversas aplicações a depender da fabricação e uso. Esses materiais estão por toda parte, a indústria cerâmica é responsável pela fabricação de pisos, azulejos, tijolos, lajes, telhas e vidro, muito utilizados na construção civil. Em particular, considerando que a construção de alvenarias complexas utilizando concreto armado se solidificou no Brasil, os tijolos, ou blocos cerâmicos, tornaram-se predominantemente utilizados para vedação, devido aos materiais e técnicas que tornam esta prática mais viável em função das condições locais.

O Brasil é um dos maiores produtores de cerâmicos no mundo, conforme a Associação Nacional da Indústria Cerâmica. Estes produtos estão em cerca de 90% das obras brasileiras e representam cerca de 4,8% da indústria da construção civil, gerando mais de 400 mil postos de trabalho diretos e 1,25 milhão indiretos. Estima-se

que o setor seja constituído por aproximadamente 7000 empresas, com faturamento anual superior a R\$ 18 bilhões (Anicer, 2018).

Apesar da construção com blocos cerâmicos ser o método construtivo mais utilizado, a procura por novos métodos que causem um menor impacto ambiental e possibilitem a mesma vastidão de possibilidades. A utilização de tijolos de solo-cimento e blocos estruturais de concreto vem ganhando espaço por possibilitarem uma alternativa ao convencional.

A escolha do sistema construtivo pode representar uma economia significativa no custo total de uma obra, por isso, o conhecimento das técnicas e o planejamento de um projeto, com base na solução, são requisitos extremamente relevantes.

Na construção civil, com a utilização de materiais inovadores capazes de gerar o menor impacto possível ao meio ambiente e que estimulem o conforto térmico ou a redução do consumo de energia, não é diferente, e a diversidade de novos materiais e tecnologias com essa finalidade é imensurável (Yemal; Teixeira; Nããs, 2011).

A utilização de tijolos de solo-cimento vem se destacando entre os principais materiais inovadores da construção civil, que possui os critérios de sua fabricação normalizados pela ABNT, possibilitando uma alternativa para obras de pequeno e médio porte. A aplicação pode ser de carácter estrutural ou não, aliada a uma gama de possibilidades de acabamentos que ficam a critério do cliente, proporcionando satisfação e conforto ao mesmo.

Outro tipo de método utilizado é a alvenaria estrutural, que ganhou uma maior utilização atualmente. Foi introduzido no Brasil a partir da década de 1960, graças aos investimentos do Banco Nacional de Habitação (BNH) em habitações coletivas e ao desenvolvimento de normas técnicas específicas (ABCI,1990).

O crescimento da credibilidade do sistema ganhou força no início dos anos 1980, com a difusão dos blocos de concreto vazados, que permitiam a passagem das instalações elétricas e tubulações. Mohamad, Machado, Jantsch (2018), apresentam que o sistema foi impulsionado por pesquisas de parceria entre universidades e empresas, possibilitando a criação de materiais e equipamentos nacionais, nos primeiros anos da década de 1990.

2.2. PRODUÇÃO, ASSENTAMENTO E COMPARATIVOS ENTRE OS BLOCOS

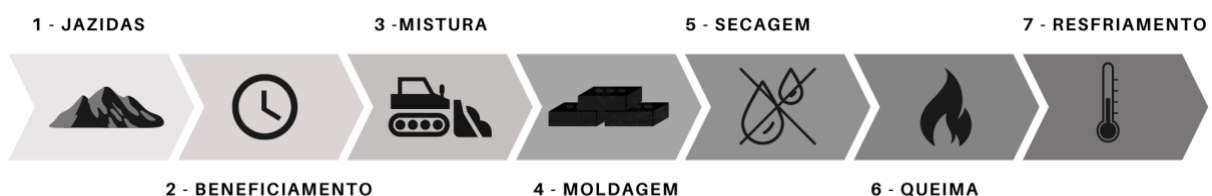
2.2.1. Processo de produção

Para poder realizar o comparativo dos métodos construtivos propostos é necessário entender as suas características, para uma primeira análise, entender as especificidades da produção de cada método e como essa fabricação influencia na decisão.

2.2.1.1. Blocos Cerâmicos

Para o processo de fabricação dos blocos cerâmicos, são observados na Figura 1, onde o processo se inicia na coleta do material nas jazidas, posterior a isso o mesmo passa por um processo de beneficiamento, com isso a massa tratada é homogeneizada numa mistura para a moldagem, e com os blocos prontos, inicia-se o processo de secagem e queima, e por fim o resfriamento do bloco cozido.

Figura 1: Fabricação dos blocos cerâmicos



Fonte: Autor

Braga et. al (2017) apresentam as variáveis do processo de fabricação da cerâmica vermelha, as que ocorrem para uma maior influência na variação dimensional e estão relacionados à etapa de extrusão são: umidade da massa, compacidade e características da argila. O fortalecimento do bloco, é dado em duas etapas, a secagem e a queima, as quais influenciam diretamente no produto final, uma vez que possibilitam a formação das patologias, assim como na extrusão.

Essa por ser um processo lento, no qual o excesso de umidade é gradualmente removido, o futuro aparecimento de tensões e manchas são evitadas, durante esse processo o teor de umidade tem uma influência significativa na perda de umidade e

retração volumétrica. A secagem pode ser definida como o processo de remoção higroscópica da água contida em um material (Zaccaron,2020).

Por último, tem-se a queima que consiste em submeter a peça a altas temperaturas para vitrificar o material e adquirir resistência e durabilidade, a qual o material passa por reações físico-químicas que transformam a composição e a estrutura do bloco pela aplicação de energia térmica. Para assegurar resistência após a queima, é necessário o resfriamento do material em temperatura controlada para que o mesmo entre em equilíbrio térmico de forma segura e não sofra choques, como descrito em Aguiar et al. (2022).

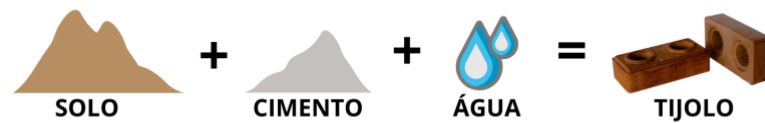
O controle das etapas do processo de fabricação de blocos cerâmicos é de extrema importância para assegurar a qualidade e durabilidade do bloco cerâmico. A realização das etapas da fabricação respeitando suas especificações e períodos é indispensável, uma vez que as mesmas são responsáveis por formar a estrutura e propriedades dos blocos, que depende desde a seleção adequada da matéria-prima até a correta queima e resfriamento.

2.2.1.2. Tijolos de solo-cimento

Conforme a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2016), o solo-cimento pode ser definido como uma mistura homogênea, compactada e curada de solo, cimento e água, com boa resistência à compressão, bom índice de impermeabilidade, baixo índice de retração volumétrica e boa durabilidade, (Santin, 2009).

De uma maneira alternativa, têm-se os tijolos solo-cimento que é um componente de alvenaria constituído por uma mistura homogênea, compactada e endurecida de solo, cimento Portland, água e um eventual aditivo, descrito na NBR 8491, (ABNT 2013), conforme a figura 2. O diferencial dos tijolos de solo-cimento, é que o seu processo de fabricação não exige queima em forno, o que evita a emissão de gases poluentes.

Figura 2: Fabricação dos tijolos de solo-cimento



Fonte: Autor

Uma característica marcante destes blocos é a sua simplicidade no processo de fabricação, uma vez que a fabricação pode ser feita in loco, necessitando apenas da máquina para moldagem e da mistura. Ao realizar a prensagem do material, o tijolo é submetido a um processo de cura, para que o mesmo ganhe resistência, conforme a Figura 2.

Para a produção é necessária uma maior atenção ao solo selecionado para a mistura, em que o mais usual é o arenoso, devido ao custo benéfico. Silveira (1966) apresenta o percentual indicado dos solos para a produção dos solo-cimento, sendo de 10% a 35% da fração de silte e argila, o que os torna mais favoráveis para estabilizar com o cimento.

A verificação da granulometria do material é importante, uma vez que para a produção a mistura deve estar sem resíduos orgânicos e sem a presença de torrões. Portanto, é necessária uma máquina trituradora para homogeneizar o solo, para que o mesmo esteja triturado e peneirado para receber a adição do cimento e da água, para a mistura, conforme apresentado por Morett (2003).

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2016), recomenda que o preparo da mistura deva ser realizado para produção durante hora de funcionamento da prensa, para que a mistura não perca a pega. Assim é necessário a determinação de um traço ideal, consoante a matéria-prima, para que o tijolo atenda a especificações das normas técnicas correspondentes.

Com as etapas de preparo finalizadas, a mistura é submetida a compressão em uma prensa manual ou hidráulica, as quais são prensadas em um molde, para a padronização da produção. Por fim, os blocos passam por um processo de cura para hidratação.

2.2.1.3. Blocos estruturais de concreto

Na busca de novas alternativas, a utilização de blocos estruturais de concreto representam uma solução viável e versátil na construção civil, destacando-se pela sua resistência, durabilidade e sustentabilidade ambiental. Conforme a NBR 6136 (ABNT,2016), os blocos têm sua composição à base de cimento, agregados e aditivos, esses blocos se destacam como uma opção viável para a construção de paredes, pilares e vigas em diversas aplicações estruturais.

O processo de fabricação dos blocos estruturais de concreto é meticulosamente planejado para garantir a qualidade e uniformidade dos produtos. A produção inicia-se com a dosagem dos materiais, onde cimento, areia, brita e aditivos são misturados em um traço específico, conforme o objetivo de utilização.

Os requisitos exigidos pela NBR 6136 (ABNT, 2016) – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos, apresenta que os blocos devem ser fabricados e curados por processos que assegurem a obtenção de um concreto suficientemente homogêneo e compacto, de modo a atender a todas as exigências pela norma. A identificação dos lotes é outro fator relevante na produção, uma vez que ao serem identificados pelo fabricante é assegurada a procedência e transportados e manipulados com as devidas precauções, para não terem sua qualidade prejudicada.

Os blocos devem manter suas bordas intactas e livres de trincas, fraturas ou qualquer outro defeito que possa comprometer seu assentamento. Os materiais utilizados na fabricação dos blocos de concreto consistem essencialmente em cimento Portland, agregados e água, consoante a NBR 6136 (ABNT, 2016).

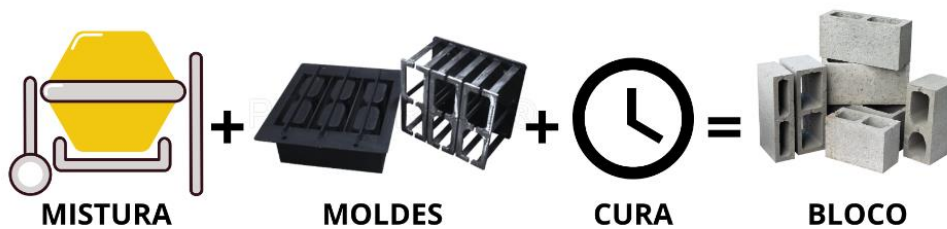
Na produção, a mistura é despejada em moldes pré-determinados com dimensões consoante as exigidas por norma (Figura 3), submetida a vibração para eliminar bolhas de ar e compactada para garantir a resistência adequada. Posteriormente, os blocos são curados em condições controladas de umidade e temperatura, promovendo o desenvolvimento da resistência do concreto, conforme a Figura 4. A produção destes, assim como dos tijolos de solo-cimento, pode ser realizada de maneira manual ou automatizada, dependendo unicamente do porte da produtora.

Figura 3: Dimensões efetivas exigidas na fabricação de blocos de concreto.

		Famílias de blocos									
Designação	Nominal	20		15		12,5			10		7,5
	Módulo	M - 20		M - 15		M - 12,5			M - 10		M - 7,5
	Amarração	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2
Linha		20 x	15 x	15 x	12,5 x	12,5 x	12,5 x	10 x	10 x	10 x	7,5 x 40
		40	40	30	40	25	37,5	40	30	30	65
Largura (mm)		190	140	140	115	115	115	90	90	90	190
Altura (mm)		190	190	190	190	190	190	190	190	190	390
Compr. (mm)	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	190	290	190
	Meio	190	190	140	190	115	-	190	90	-	-
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	-	190	-
	1/3	-	-	-	-	-	115	-	-	90	-
	Amarração L	-	340	-	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração T	-	540	440	-	365	365	-	290	290	-
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	-	90
Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	-	40	

Fonte: Adaptada da NBR 6136, (ABNT 2016).

Figura 4: Processo de produção dos blocos estruturais.



Fonte: Autor

O diferencial dos blocos estruturais de concreto reside na sua capacidade de oferecer vantagens tanto técnicas quanto sustentáveis. A característica mais relevante para esses blocos é a sua excelente resistência mecânica, proporcionando maior estabilidade às construções e reduzindo a necessidade de manutenção ao longo do tempo. Além disso, o concreto é um material durável e reciclável, contribuindo para a redução do impacto ambiental da construção civil. Sua versatilidade permite ainda a incorporação de isolamento térmico e acústico, conferindo conforto ambiental às edificações.

Cavalheiro (1998) apresenta a disseminação da utilização dos blocos estruturais, bem como a crescente popularidade dos sistemas construtivos alternativos, visando a diminuir o déficit habitacional. A maioria desses sistemas é importada e, muitas vezes, não adaptada à nossa realidade. Nesse contexto, a

alvenaria estrutural emerge como a opção mais compatível com as características de nossa cultura construtiva. Isso se evidencia tanto na capacidade de absorção e adaptação da mão-de-obra quanto nas oportunidades de racionalização e redução de custos.

2.2.2. Processo de instalação

2.2.2.1. Bloco cerâmico

Atualmente os produtos cerâmicos estão presentes na maior parte das obras de engenharia, com diferentes funções e características exigidas a depender de seu uso. Esses materiais estão por toda parte, a indústria cerâmica é responsável pela fabricação de pisos, azulejos, tijolos, lajes, telhas e vidro, muito utilizados na construção civil.

Especificamente no Brasil, uma vez que a construção de alvenarias complexas utilizando o concreto armado se solidarizou no país, os tijolos, ou blocos cerâmicos, se tornaram predominantemente utilizados para vedação, por apresentar materiais e técnicas que tornam esta prática a mais viável consoante as técnicas e materiais disponíveis.

O sistema convencional de construção, as paredes apenas fecham os vãos entre pilares e vigas, encarregados de receber o peso da obra. Aqui, pilares e vigas são desnecessários, pois as paredes – chamadas portantes – distribuem a carga uniformemente ao longo da fundação, conforme o IBDA (2015).

Bauer (2013) descreve o processo da construção de edificações utilizando os blocos cerâmicos, apresentando a sequência de aplicação dos blocos, nos quais são assentados a primeira fileira com apoio de uma linha guia, e em seguida os detalhes das junções com argamassa, que devem ser assentadas com 1,0 a 1,5 cm, (Figura 5). Ainda para a colocação de vergas e contravergas nas aberturas quando necessário, assim como a importância do espaço reservado entre a viga e a parede para evitar patologias.

Figura 5: Assentamento de blocos cerâmicos.



Fonte: Autor.

Com as paredes levantadas, conforme a Figura 5, a estrutura pelo tratamento de impermeabilização na base, o chapisco (5 mm), logo após o emboço (15 mm) com os traços especificados pelo responsável, no qual é necessária uma inspeção para garantir o prumo da parede para assegurar que não haverá acréscimos de emboço. Com a estrutura pronta, os processos de instalações elétricas e hidrossanitárias são realizados.

2.2.2.2. Tijolo solo-cimento

A utilização dos tijolos de solo cimento em construções residenciais é um processo que combina eficiência e sustentabilidade. O assentamento dos tijolos, apesar de ser diferente do convencional, a aplicação é similar a tradicional, inicialmente, é necessário preparar a mistura de solo e cimento em proporções adequadas, garantindo a resistência necessária para a moldagem dos tijolos, a qual pode ser realizada diretamente na obra.

Para a aplicação, é fundamental preparar a superfície onde os tijolos serão colocados, garantindo sua limpeza e nivelamento. Uma vez a superfície pronta, os tijolos são assentados utilizando argamassa adequada, que geralmente é realizada com argamassa polimérica, ideal para o assentamento destes blocos.

O assentamento da alvenaria é realizado pelo simples encaixe entre as peças, sem necessidade de argamassa de assentamento, assim, usando apenas cola facilitando os trabalhos de mão de obra (Figura 6), por ser produzido em um rigoroso

padrão de geometria o bloco possui encaixes perfeitos, conforme descrito por Morett, (2003).

Figura 6: Assentamento de tijolo de solo-cimento.



Fonte: Autor.

Com o levantar da alvenaria, é importante verificar constantemente o alinhamento e o nivelamento dos tijolos para garantir a qualidade e estabilidade da estrutura, assim como a aplicação com as juntas desencontradas, conforme apresentado por Bauer, (2013). Durante o assentamento, as instalações elétricas e hidráulicas ficam embutidas nos furos dos blocos. Além disso, é comum utilizar espaçadores para manter a uniformidade das juntas entre os tijolos, vergalhões para estruturar a parede e preenchimento com graute (cimento especial, mais fluido e com resistência elevada).

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo, no qual os elementos que desempenham a função estrutural pertencem à própria alvenaria, projetados e dimensionados a priori. Em função da presença ou não de armaduras, a alvenaria pode ser classificada em armada, parcialmente armada ou não armada. Em função do tipo de material empregado, poderá ser de concreto, solo-cimento, cerâmica ou sílico-calcário (Morett, 2003).

As aberturas também, assim como no método tradicional, necessitam de vergas e contravergas, realizadas com blocos de solo-cimento do tipo canaletas, preenchidos com vergalhões e grauteados. Os demais métodos construtivos são realizados de maneira convencional, com exceção de casos excepcionais nos quais o projetista adote.

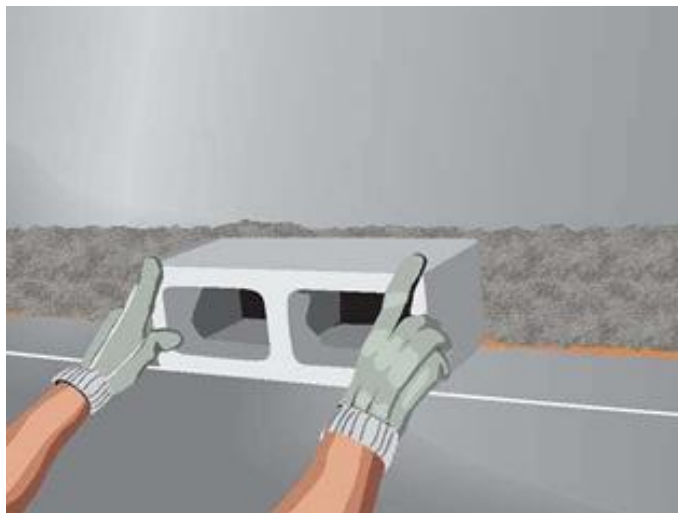
2.2.2.3. Bloco estrutural de concreto

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2016) apresenta de maneira detalhada as especificações para a execução de obras com alvenaria estrutural.

Para o processo de assentamento de blocos estruturais para construções residenciais, um procedimento crucial que requer precisão e cuidado para garantir a estabilidade e durabilidade da estrutura, é essencial preparar o terreno de maneira adequada, nivelando e compactando o solo para criar uma base sólida e uniforme, a sapata corrida é a mais comum, uma vez que a mesma irá distribuir o peso ao longo da parede, conforme apresentado pelo ABCP (2016) em sua cartilha que apresenta as especificações de assentamento.

Uma vez preparada a fundação, antes do assentamento, os blocos devem ser inspecionados para garantir que estejam livres de defeitos que possam comprometer sua resistência ou integridade estrutural, (Figura 7). Para iniciar o levantamento da alvenaria, é necessário, primeiro, executar a marcação da primeira fiada, é ela que vai estabelecer a referência para os demais, ABCP (2016).

Figura 7: Assentamento com base nivelada.



Fonte: ABCP,2016.

Após a execução da base, o assentamento da alvenaria se inicia pelos blocos dos cantos externos. Acompanhando o projeto, a primeira fiada deve ser finalizada para, enfim, iniciar a elevação da alvenaria. Durante o processo de assentamento, é

fundamental utilizar argamassa apropriada para garantir uma ligação firme entre os blocos e proporcionar estabilidade à estrutura.

Os blocos são colocados cuidadosamente sobre a argamassa, garantindo que estejam alinhados e nivelados conforme as especificações, em paralelo ao assentamento os locais em que o projeto indicar será necessário a colocação das ferragens e os pontos de graute para assegurar a estabilidade da alvenaria, o qual deve ser lançado nos furos dos blocos a cada 6 fiadas no máximo (Figura 8), conforme o ABCP (2016).

Figura 8: Assentamento de alvenaria estrutural.



Fonte: Autor.

A colocação dos materiais de hidráulicos e elétricos são adicionados nos espaços dos blocos conforme o levantar da estrutura e são alocados conforme as especificações dos projetos.

2.3. ESPECIFICAÇÕES NORMATIVAS

Para a execução de quais quer serviço relacionado a construção é imprescindível a utilização de normas técnicas para assegurar a máxima qualidade dos serviços executados assim como assegurar o executor de possíveis questões legais.

Ao realizar o estudo de viabilidade, e tomando como base pesquisas relacionadas, como também as normas regentes ao tema, tomando como base os

tópicos relacionados a projetos e execução de obra, blocos cerâmicos, tijolos de solo-cimento e blocos estruturais de concreto simples, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Normas utilizadas

Descrição	Normas
Projetos e execução	NBR 13531 (ABNT,1995)
	NBR 15575(ABNT, 2013)
Blocos Cerâmicos	NBR 15270 (ABNT, 2005)
Tijolos de solo-cimento	NBR 10833 (ABNT, 2013)
	NBR 8491 (ABNT, 2012)
Blocos estruturais de concreto	NBR 6136 (ABNT, 2016)
	NBR 12118 (ABNT, 2013)

Fonte: Autor

2.3.1. Projetos e execução de obra

Para a execução do estudo de viabilidade é necessário entender as limitações técnicas impostas pelas normativas relacionadas. A NBR 13531- Elaboração de projetos de edificação – atividades técnicas (ABNT,1995), apresenta as atividades técnicas de projetos de arquitetura e de engenharia exigíveis para a construção de edificações, aplicável a todas as classes tipológicas funcionais da edificação.

A programação das etapas das atividades técnicas do projeto de edificação deve seguir uma sequência e as atividades técnicas do projeto de edificação devem ser organizadas cronologicamente, segundo critérios de coordenação e subordinação, de modo que a produção das informações possa ser acumulada, detalhada e articulada progressivamente, até a conclusão dos projetos para execução, conforme apresentados na NBR 13531 (ABNT,1995).

Aliado ao planejamento e execução é imprescindível, a vistoria e análise do desempenho, a NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho, Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE (ABNT,2013), aplicada para a construção completa ou seus elementos, servindo como um procedimento de avaliação do desempenho de sistemas construtivos.

A avaliação dos requisitos normativos da NBR 15575 (ABNT, 2013), apresenta os seguintes critérios de análise:

- A estabilidade e resistência dos sistemas de vedação internos e externos para determinar o nível de segurança considerado;
- Os deslocamentos, fissuras e ocorrência de falhas nos sistemas de vedação, a fim de limitar a ocorrência destas patologias, para assegurar o livre funcionamento da estrutura;
- As cargas provenientes de equipamentos suspensos nos sistemas de vedação internos e externos;
- As ações geradas por impactos ou choques gerados na estrutura provenientes da utilização da estrutura, ou choques provocados por tentativas de intrusões;
- As ações transmitida por portas;
- O impacto de corpo duro nas alvenarias;
- As cargas de ocupação que atuam nos guarda-corpos e parapeitos da edificação.

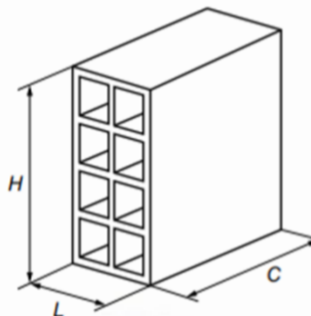
2.3.1.1. Bloco cerâmico

A NBR 15270- Componentes cerâmicos- Blocos e tijolos para alvenaria (ABNT,2005), a qual é segmentada em duas parcelas apresenta em sua primeira metade os requisitos para aceitabilidade dos materiais utilizados em obras de alvenaria com ou sem função estrutural. A segunda metade apresenta os métodos de ensaios que validam a qualidade dos materiais cerâmicos.

Vieira (2024), apresenta os principais pontos de análise na verificação das características físicas e mecânicas relacionadas aos blocos cerâmicos, a descrição enfatiza os pontos de relevância para o estudo, com os critérios de análise para validar o bloco ou tijolo cerâmico conforme a NBR 15270 (ABNT,2005).

Partindo dos blocos de vedação sem função estrutural, a classe adotada será o VED 15, o qual apresenta paredes vazadas com furos ou vazados na horizontal, e que por não receber esforços da estrutura apresenta uma resistência a compressão mínima de 1,5Mpa (Mega Pascal), conforme descrito na Figura 9, a qual descreve tais especificações.

Figura 9: Dimensões nominais



Dimensões modulares L x H x C Módulo dimensional M = 10 cm	Dimensões nominais (cm)			
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco principal	1/2 bloco
(1) M x (1) M x (2) M	9	9	19	9
(1) M x (1) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (2) M		14	19	9
(1) M x (3/2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (2) M			19	9
(1) M x (2) M x (5/2) M		19	24	11,5
(1) M x (2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (4) M			39	19

Fonte: Adaptada da NBR 15270 (ABNT,2005).

2.3.1.2. Tijolo de solo-cimento

Os blocos de solo cimento devem ser fabricados conforme os critérios normativos descritos na NBR 10833: Fabricação de tijolos e blocos de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimento (ABNT,2013), na qual descreve os procedimentos para a fabricação dos materiais de solo-cimento, devido à possibilidade da fabricação *In-loco* dos mesmos é necessário entender o processo.

Para os requisitos de aceitabilidade, a NBR 8491: Tijolo de solo-cimento – Requisitos (ABNT,2012), apresenta as especificações a serem observadas no recebimento dos tijolos em caso de compra, aplicável aos blocos de alvenaria sem função estrutural em obras de construção civil. As dimensões dos tijolos de solo-cimento de acordo com a NBR 8491 (ABNT,2012), são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Dimensões dos tijolos de solo-cimento

Tipos	Comprimento	Largura	Altura
A	20	10	5
B	24	12	7

Fonte: Adaptada da NBR 8491 (ABNT,2012).

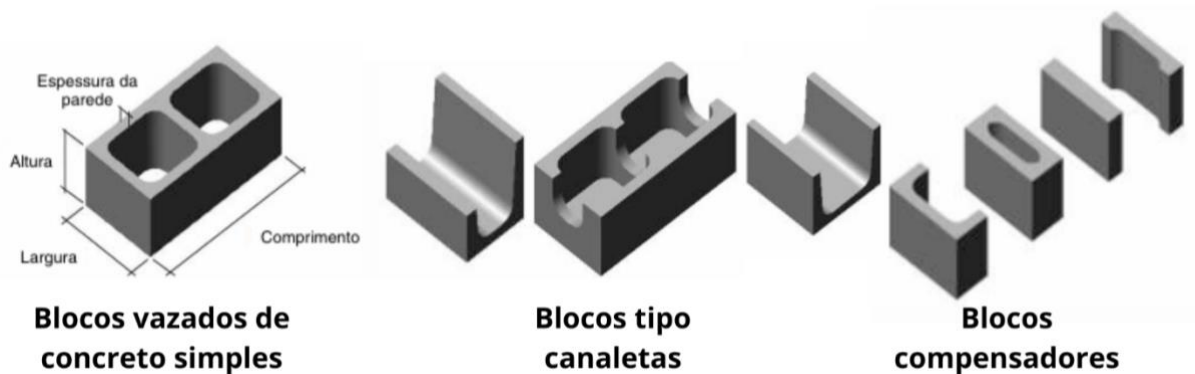
2.3.1.3. Bloco estrutural

Partindo para os critérios normativos relacionados a blocos de alvenaria estrutural, a NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria- requisitos (ABNT,2016), apresenta os requisitos de produção e aceitabilidade dos blocos

destinados à execução de alvenaria com ou sem função estrutural, visto que um dos critérios para a utilização deste método construtivo é a qualidade e regularidade dos blocos para o assentamento.

Devido à possibilidade de utilizar tais blocos com função estrutural, a norma apresenta tipos destes blocos destinados a diferentes funções, apresentando o bloco vazado de concreto, tido como o regular utilizado nas edificações, os blocos, tipo canaletas, em formato em U utilizados para execução de vergas, contravergas e cintas, assim como os blocos compensadores, destinados a ajustes da modulação da edificação, conforme apresentados na Figura 10, respectivamente.

Figura 10: Tipos de Blocos



Fonte: Adaptada NBR 6136, (ABNT, 2016).

A verificação das dimensões para aceitabilidade são descritas na NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio, a qual descreve os métodos de ensaio para aceitabilidade dos blocos (ABNT,2013). A verificação destes requisitos são necessários tanto no recebimento em caso de compras, quanto em caso de fabricação in loco dos blocos de concreto simples são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Dimensões blocos de concreto simples

Família		20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	7,5 x 40	
Medida Nominal (mm)	Largura	190	140		115			90	65		
	Altura	190	190	190	190	190	190	190	190	190	
	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	290	390
		Meio	190	190	140	190	115	-	190	140	190
		2/3	-	-	-	-	-	240	-	190	-
		1/3	-	-	-	-	-	115	-	90	-
		Amarração "L"	-	340	-	-	-	-	-	-	-
		Amarração "T"	-	540	440	-	-	-	-	290	-
		Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	90
		Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	40
		Canaleta Inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	-
		Meia Canaleta	190	190	140	190	15	-	190	140	-

Fonte: Adaptada da NBR 6136, (ABNT, 2016).

2.4. VANTAGENS E DESVANTAGENS DE MÉTODOS ALTERNATIVOS

2.4.1. Vantagens

Para a análise de viabilidade é necessário entender as vantagens dos métodos construtivos ao escolher o mais adequado para uma realidade específica. Cada contexto apresenta desafios únicos, como disponibilidade de materiais, mão-de-obra qualificada, condições climáticas e demandas locais.

Ao considerar fatores como custo, tempo de execução, impacto ambiental e resistência estrutural, é possível tomar decisões informadas que promovam o desenvolvimento harmonioso e resiliente das comunidades, conforme os dados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Vantagens da utilização dos métodos alternativos

Vantagens	Bloco Cerâmico	Tijolo Solo-cimento	Bloco estrutural
Menos impacto ambiental		X	X
Economia em formas		X	X
Diversidade de matéria-prima	X	X	
Aparência	X	X	
Isolamento Térmico e acústico	X	X	X
Alta disponibilidade	X		
Durabilidade	X	X	X
Redução de mão de obra		X	X
Redução dos revestimentos		X	X
Redução de desperdícios	X	X	X

Fonte: Autor

No quesito blocos cerâmicos, Barbosa (2015) apresenta de maneira detalhada as vantagens da utilização deste método, o qual por ser o mais utilizado, apresenta como principal vantagem o fator econômico e a maior disseminação no mercado.

As vantagens apresentadas por Santin (2009), possibilita entender o diferencial da escolha de um método construtivo alternativo, os tijolos de solo-cimento, dentre as vantagens apresentadas na Tabela 4, conta como principal vantagem a sua produção que é majoritária composta de solo, uma vez que o cimento varia de 5 a 10% correspondente a massa de solo. A possibilidade da fabricação no local (*in-loco*) é uma grande vantagem ao reduzir custos com transporte, assim como a redução de custos com revestimentos, devido à estética rústica que o tijolo aparente possibilita.

Ao analisar as vantagens dos blocos estruturais de concreto, Camacho (1995) apresenta algumas vantagens adicionais à utilização destes em construções, como, por exemplo, a diminuição de mão de obra diversificada, sendo necessário apenas o profissional especializado em executar a alvenaria. Assim como a diminuição dos desperdícios, há redução nos revestimentos, uma vez que os revestimentos internos são feitos com uma fina camada de gesso ou com azulejos aplicados diretamente na estrutura.

2.4.2. Desvantagens

É importante compreender também as desvantagens dos métodos construtivos para se obter uma visão abrangente e informada para a escolha da técnica construtiva. Entender as especificidades e limitações de cada método permite antecipar potenciais desafios e mitigar possíveis problemas ao longo do ciclo de vida da construção.

Possíveis problemáticas como custos adicionais, complexidade técnica, exigências de manutenção e impactos ambientais negativos podem surgir como contrapartidas das vantagens oferecidas. Portanto, ao considerar tanto os aspectos positivos quanto os desafios de cada método construtivo, a tomada de decisão será mais consciente e eficaz, garantindo a realização de projetos construtivos que atendam às necessidades específicas da comunidade e promovam o desenvolvimento sustentável a longo prazo.

Ao analisar as desvantagens para os blocos cerâmicos, Barbosa (2015), além dos elementos apresentados na Tabela 5, apresenta problemáticas relacionadas a negligência de supervisão e problemas ocasionados pela mesma, pelo método ser o mais difundido, acaba por sofrer com déficit, em fiscalização, planejamento, cronograma, execução e principalmente por adoções de soluções construtivas sem embasamento.

Tabela 5: Desvantagens dos métodos construtivos estudados.

Desvantagens	Bloco Cerâmico	Tijolo Solo-cimento	Bloco estrutural
Erros durante execução	X		
Desperdício	X		
Mistura da produção		X	X
Mão de obra qualificada		X	X
Índice de esbeltez elevado			X
Dificuldade em grandes vãos		X	X
Impedimentos arquitetônicos		X	X
Interferências com o projeto			X
Falta de planejamento	X		

Fonte: Autor

Para os tijolos de solo-cimento, a desvantagem mais marcante é a necessidade do controle do processo de produção, no qual a mistura deve ser preparada com

precisão para assegurar a resistência e qualidade dos tijolos. A Indústria e Comércio de Máquinas (Fragmaq, 2014) apresenta a necessidade deste método em uma mão de obra qualificada, enfatizando a necessidade do conhecimento da técnica de aplicação dos blocos e a pesar de funcionar perfeitamente independente do clima, se saindo melhor em climas secos, os tijolos ecológicos aplicados em locais de clima úmidos de maior exposição à umidade, ainda não são totalmente indicados

Em relação a utilização de blocos estruturais em alvenaria, Mazione (2007) descreve alguns atributos a se considerar nestas edificações, sendo um significativo os elevados índices de esbeltez da alvenaria, o que irá requerer uma armadura mais reforçada, o que encarece a obra. Implicações arquitetônicas também são características deste método, em que detalhes construtivos como grandes vãos, balanços, altura da construção, implicações em futuras reformas, assim como a interferência entre os projetos complementares.

2.5. PLANEJAMENTO E ORÇAMENTAÇÃO

Mattos (2019b) apresenta em seu livro “Planejamento e controle de obras”, a importância do processo de planejamento para execução de obras e projetos, em que, além do aspecto amplo de gerenciamento, envolve processos como orçamentação, compras, gestão de pessoas e comunicação.

Como apresentado por Baia (2017), um planejamento bem elaborado permite a estruturação da resolução de problemas e a busca de soluções com eliminação de retrabalhos e desperdícios, resultando na economia de recursos, direcionamento e alocação dos mesmos de forma correta e sem desperdícios, além de outros fatores.

Ao trazer esta temática para a análise de viabilidade entre métodos construtivos utilizando blocos cerâmicos, tijolo de solo-cimento e blocos estruturais, é de suma importância a ênfase no processo de planejamento e orçamentação. Conforme apresentado por Mattos (2019b), a deficiência do planejamento pode trazer consequências desastrosas para uma obra e, por extensão, para a empresa que a executa, em que um descuido pode acarretar atrasos e escalada de custos.

Santos (2012) apresenta que a importância de saber que, dentro dessa linha de gestão de custos integrada às atividades de planejamento surge o orçamento executivo, que pode gerar um aumento da eficácia dos orçamentos.

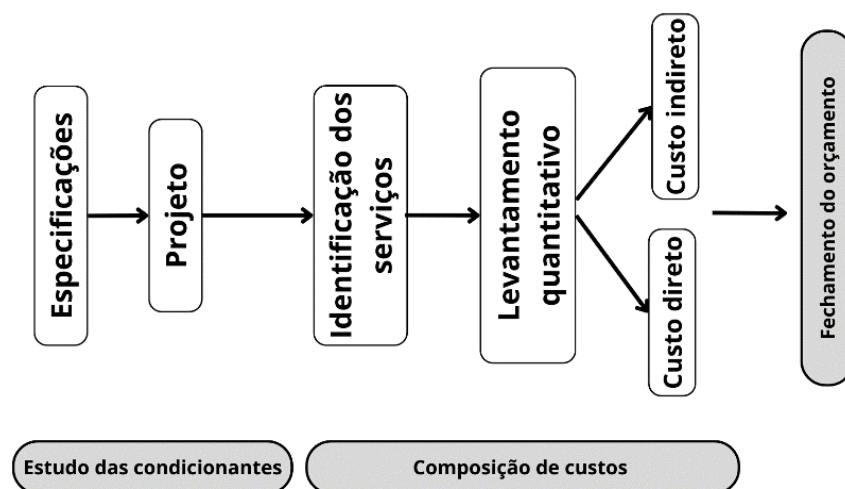
O processo de orçamentação descreve a estimativa do custo para a execução do projeto, realizando a identificação, descrição, quantificação e análise dos itens influentes no projeto. A preocupação com custos começa cedo, ainda antes do início da obra, na fase de orçamentação, quando é feita a determinação dos custos prováveis de execução da obra, Mattos (2019a).

Para avaliar os métodos propostos, é necessário considerar três atributos no orçamento: a aproximação, a especificidade e a temporalidade. Mattos (2019a) descreve que, ainda que o processo de elaboração dos custos seja regido por conceitos fundamentais de orçamentação, ele deve ser capaz de retratar a realidade do projeto.

A aproximação estima as variáveis modelo no serviço a ser realizado, analisando a mão de obra, o material utilizado, os equipamentos, os custos indiretos e imprevistos. Ainda assim, ao realizar o projeto, é necessário adaptá-lo a fatores específicos, como a especificidade, que irá considerar a disponibilidade local e a qualificação da empresa. Ao viabilizar os demais conceitos, é necessário o ajuste decorrente ao passar do tempo, a temporalidade.

O planejamento é fundamental para a composição adequada, com a definição de processo e condicionantes que possibilitam a realização dos processos de maneira assertiva, conforme descrito na Figura 11.

Figura 11: Etapas de orçamentação



Fonte: Adaptada de Mattos 2019a.

2.6. ACEITABILIDADE NO MERCADO E EM FINANCIAMENTOS

A utilização de blocos cerâmicos ou de concreto é de certa forma os modelos mais dispersos na cultura construtiva brasileira. Francisco Cardoso, no portal Itambé, apresentou uma análise do cenário atual, onde concluiu que “haverá pouco espaço no Minha Casa, Minha Vida para sistemas muito inovadores ou importados”. Aliado a isso Francisco, considera que apenas os processos que permitam a industrialização, como os pré-fabricados e os sistemas com paredes de concreto feitos com formas, devem competir com a alvenaria.

Outra vertente de relevância para análise, trata-se da possibilidade de financiamento da edificação por meio de bancos, tendo o programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) como o mais conhecido, a edificação em questão se enquadra na faixa 01 do programa, visto isso algumas informações sobre os critérios deste processo devem ser analisadas (Brasil, Agencia Gov, 2024), apresenta os principais critérios para aceitabilidade, os relativos à edificação são:

- O programa atende famílias com renda mensal bruta de até R\$ 8 mil em áreas urbanas; e renda anual bruta de até R\$ 96 mil em áreas rurais.
- Na faixa 1, para áreas urbanas, a renda mensal deve ser de até R\$ 2.640, já para áreas rurais, de até R\$ 31.680 anuais.
- Os beneficiários que estão na faixa 1 de renda poderão ser atendidos com unidades habitacionais subsidiadas e financiadas.
- Para as famílias das faixas 1 e 2, os imóveis precisam respeitar os limites que variam entre R\$ 190 mil e R\$ 264 mil reais, dependendo da localidade.

Assim como alguns impedimentos legais para participar no programa (Brasil, Agencia Gov, 2024):

- Não podem participar pessoas que sejam titulares de contrato de financiamento obtido com recursos do FGTS;
- Ser "proprietário, promitente comprador ou titular de direito de aquisição, de arrendamento, de usufruto ou de uso de imóvel residencial, regular, com padrão mínimo de edificação e de habitabilidade estabelecido pelas regras da administração municipal, e dotado de abastecimento de água, de solução de

esgotamento sanitário e de atendimento regular de energia elétrica, em qualquer parte do país;

- Pessoas que receberam, nos últimos dez anos, benefícios similares de programas habitacionais.

Ademais, alguns critérios técnicos devem ser seguidos para a aceitabilidade no programa, descritos na PORTARIA MCID N° 725, DE 15 DE JUNHO DE 2023, que descreve as especificações urbanísticas, de projeto e de obra e sobre os valores de provisão de unidade habitacional, que em seus anexos de 1 a 5, discorrem sobre as regras para:

I - as especificações urbanísticas, na forma do Anexo I;

II - as especificações de projeto do empreendimento habitacional, na forma do Anexo II

III - as especificações de projeto da edificação e da unidade habitacional, na forma do Anexo III;

IV - as especificações da obra, na forma do Anexo IV; e

V - valores de provisão de unidade habitacional, na forma do Anexo V

Visto isso, a escolha do projeto adequado possibilita a análise de viabilidade econômica para a implementação de construções com os métodos alternativos, incentivando a inovação e o desenvolvimento local.

3. METODOLOGIA

O trabalho foi organizado em blocos para proporcionar uma melhor estruturação e possibilitar que o fluxo de pesquisa fosse contínuo. Foram adotadas cinco etapas metodológicas, conforme apresentadas na Figura 12.

Figura 12: Organograma metodológico



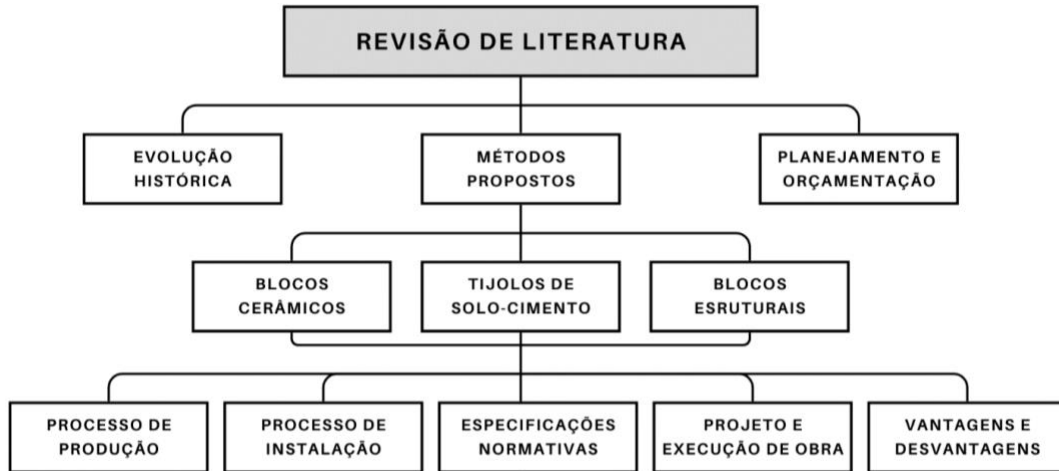
Fonte: Autor

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

3.1.1. Revisão de literatura

A primeira etapa da pesquisa se deu pelo levantamento e análise das bibliografias referentes ao tema, as quais abordavam os conceitos de comparação de custos, métodos construtivos, orçamentação e conceitos derivados que possibilitam um melhor entendimento, conforme a Figura 13.

Figura 13: Revisão de literatura



Fonte: Autor

A primeira fase da pesquisa envolveu um levantamento bibliográfico sobre a evolução dos processos construtivos, indo do método tradicional até os emergentes. Inicialmente, foram fornecidas diretrizes básicas para cada método, abrangendo aspectos de fabricação, usos, instalação, projeto e execução de obras. Isso inclui uma análise detalhada dos processos envolvidos em cada método.

Além disso, foram levados em consideração critérios de qualidade, segurança e sustentabilidade, revisadas as normas regulamentadoras pertinentes a cada método (Tabela 1), assim como as vantagens e desvantagens de cada abordagem, com foco em aspectos como eficiência, custo, durabilidade e impacto ambiental.

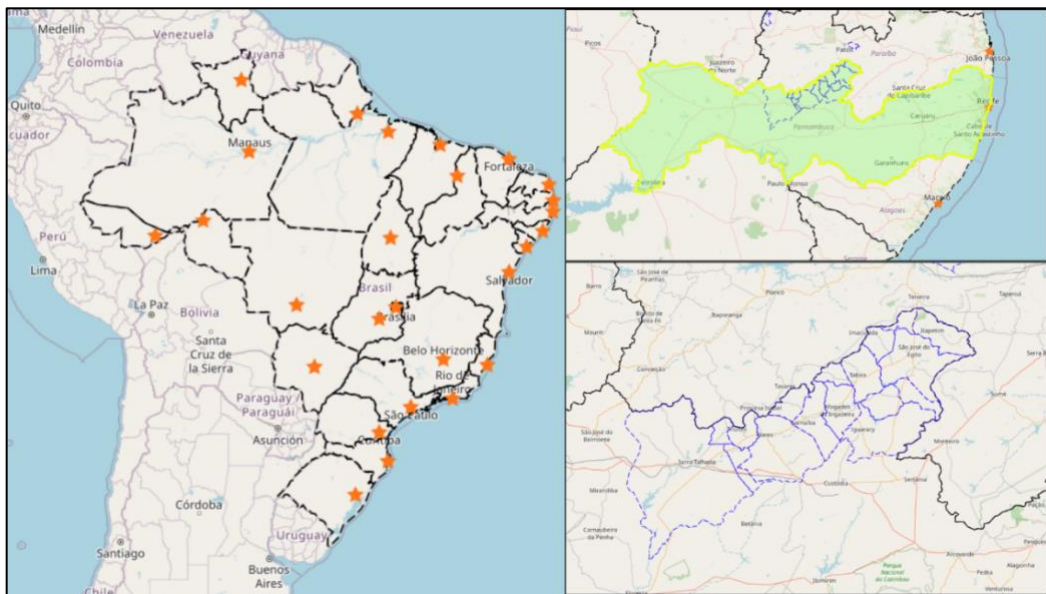
Em um segundo momento, a pesquisa se concentrou na investigação dos conhecimentos necessários para o planejamento, controle de obra e orçamentação. Isso envolveu a identificação e compreensão dos conceitos-chave relacionados à gestão de projetos de construção, controle de custos, gestão de riscos e análise de viabilidade financeira.

No contexto geral da pesquisa, essa primeira etapa desempenhou um papel crucial na contextualização e preparação do terreno para investigações mais aprofundadas. Ao compreender a evolução dos processos construtivos e os princípios subjacentes aos métodos tradicionais e inovadores, assim como adquirir conhecimentos sobre os aspectos fundamentais de planejamento, controle e orçamentação de obras, foi possível estabelecer um quadro abrangente para a análise comparativa e a avaliação crítica das abordagens adotadas na construção civil.

3.1.2. Caracterização da região de estudo

O desenvolvimento econômico, aliado com o crescimento populacional, intensifica o setor da construção civil. Pernambuco ocupa o 24º lugar no ranking do Rendimento nominal mensal domiciliar per capita, em que o rendimento domiciliar nominal é de 1.113,00, segundo o Censo de 2022.

Figura 14: Área de estudo



Fonte: Autor

O Sertão do Pajeú, local de estudo da pesquisa, é composto por dezessete Municípios, apresenta o Índice de Desenvolvimento Humano - IDH de 0,640 - inferior ao de Pernambuco - 0,705, conforme o Censo de 2022 (IBGE,2022). Fazem parte desta extensão territorial os municípios: Serra Talhada, Afogados Da Ingazeira, São José Do Egito, Tabira, Flores, Carnaíba, Triunfo, Itapetim. Santa Cruz Da Baixa Verde, Igaraci, Santa Terezinha, Tuparetama, Brejinho, Quixaba, Solidão, Calumbi E Ingazeira.

3.1.3. Cenário da região

Ao entrar em contato com empresas que realizam obras de financiamento, no padrão proposto pela pesquisa, que realizam construções de baixo padrão, que se encaixam na faixa 01 do programa minha casa minha vida, sendo modelo que mais se adequa a região, uma vez que o público é classificado como de renda baixa. Apesar disso, o público de forma geral é diversificado.

Ao serem questionados sobre a inserção de novos métodos construtivos, as empresas argumentaram sobre as problemáticas que possibilitam invalidam a utilização destes métodos. Dentre eles estão a logística para conseguir os materiais, a dificuldade de inserir este método na região (apesar de estar em ascensão, na região, de empresas de tijolo de solo-cimento e blocos estruturais) e a dificuldade de conseguir mão de obra qualificada.

Ainda assim, algumas empresas na região que buscam inovação, aplicam esses métodos construtivos alternativos, a viés de sustentabilidade e praticidade estão entre os critérios de escolha que os incentivam a utilizar os tijolos de solo-cimento ou tijolo ecológico e os blocos estruturais de concreto simples. Ao fazer um levantamento de construções que utilizam estes métodos na área de análise estudada, foram encontradas algumas edificações, conforme Figura 15.

Figura 15: Obras na região



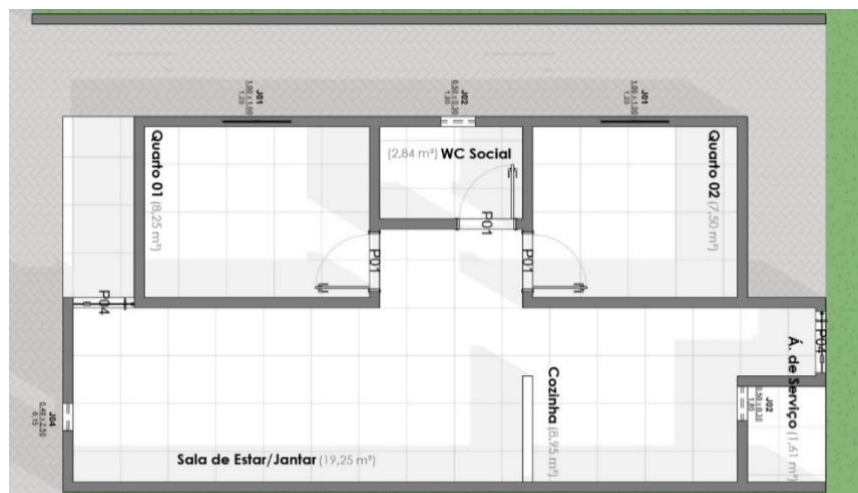
Fonte: Autor

3.2. ELABORAÇÃO DO PROJETO

3.2.1. Descrição do projeto

Para a análise, foi escolhido um projeto modelo de edificação de baixo padrão, com um total de 58m² de área construída, a qual, caso realizado com estrutura convencional, é um modelo padrão de edificação realizada na região com intuito de ser aprovada em financiamentos imobiliários. A edificação conta com ambientes reduzidos, apresentando poucos cômodos e ambientes integrados para possibilitar um máximo aproveitamento, conforme apresentado na Figura 16.

Figura 16: Planta baixa da edificação



Fonte: Autor

Com intuito de maximizar as alterações, possibilitar uma edição mais rápida dos projetos para adequá-los as especificações dos três métodos construtivos, foi utilizado o *software da Autodesk Revit 2022*, um programa de modelagem de informações de construção para arquitetos, engenheiros estruturais, engenheiros mecânicos, elétricos e hidráulicos, projetos para empreiteiros, que possibilita essa integração de informações, o que facilita o processo de modelagem, planejamento e orçamentação.

Foram realizadas adaptações para que o projeto se adequasse em modelos construtivos alternativos utilizando além do bloco cerâmico, tijolos de solo-cimento e blocos de alvenaria estrutural, para ser possível extrair o detalhamento e quantitativos para realizar a análise de viabilidade econômica, conforme as Figuras 17, 18 e 19.

Figura 17: Alvenaria com blocos cerâmica

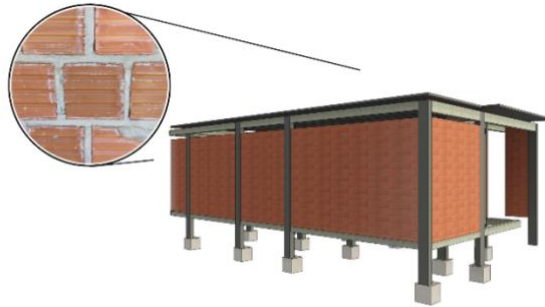


Figura 18: Alvenaria com tijolo de solo-cimento

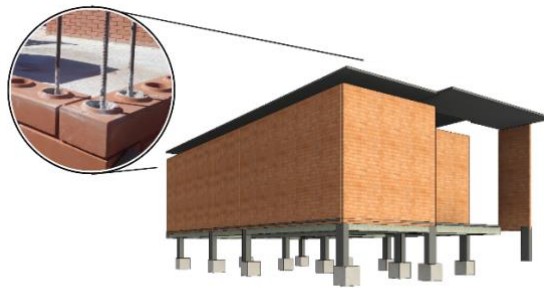
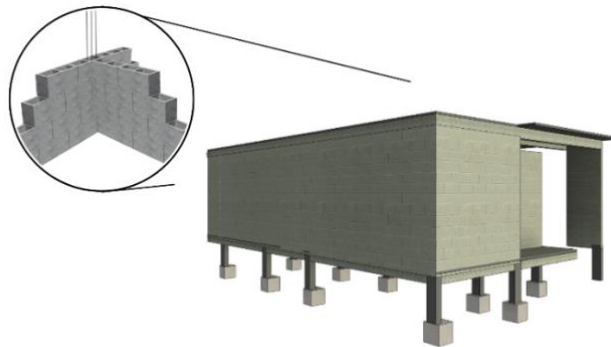


Figura 19: Alvenaria com bloco estrutural



Fonte: Autor

3.2.2. Diretrizes adotadas

Na terceira etapa, foram realizadas as considerações das diretrizes adotadas para o projeto, adoção destas práticas possibilita otimizar os resultados encontrados, uma vez que é possível realizar as considerações de projeto diretamente na modelagem e adicionar as considerações nos parâmetros do projeto.

Dentre as considerações adotadas, é necessário definir um coeficiente de perda para as considerações no orçamento. Dito isso, Mattos (2019), admite o coeficiente de 8% de perdas para construções com blocos cerâmicos, contudo para os dois métodos inovadores, será adotado 5%, recorrentes devido a perdas e detalhes construtivos, que exigem cortes nos blocos para adequá-los na estrutura, assim como a especificação das dimensões e especificidades de cada bloco construtivo:

- Bloco cerâmico: 9x19x19 cm;
- Tijolo de solo-cimento: 12x7x24 cm;
- Bloco estrutural de concreto simples: 9x19x39 cm.

Para o bloco cerâmico poucas considerações no projeto são realizadas, uma vez que o bloco adotado tem função apenas de vedação, por ser associado as estruturas, vigas e pilares, de concreto armado a alvenaria em si não recebe cargas, o que possibilita futuras alterações, ou adaptações durante o processo construtivo, a exemplo o corte para a inserção de uma nova tomada ou ponto de luz, sem danos estruturais.

A execução em blocos estruturais e tijolos de solo-cimento, como descritas nos itens 2.2.2.2. e 2.2.2.3., os quais apresentam algumas especificidades no processo de construção como o alinhamento rigoroso, a adequação dos pontos elétricos e hidráulicos, assim como atenção nos pontos de reforço estrutural, conforme a Figura 20.

Figura 20: Detalhes construtivos considerados



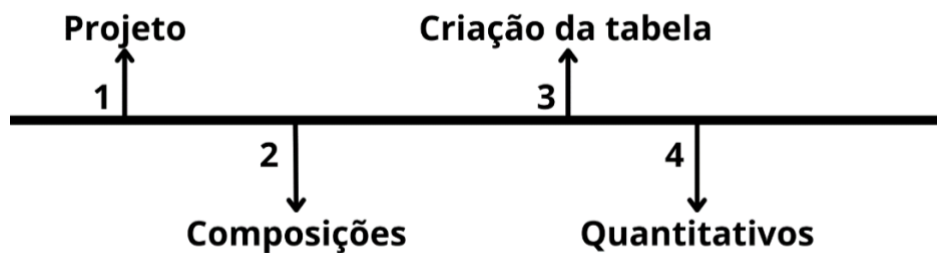
Fonte: Adaptada de ABCP, 2016.

3.3. ORÇAMENTAÇÃO

3.3.1. Extração dos quantitativos

A primeira parte da orçamentação se deu através da extração quantitativos, os insumos necessários para a execução da estrutura, para este processo é necessário a elaboração do projeto, a criação das composições dos serviços, a criação das tabelas dos processos e por fim, a extração dos quantitativos para implementa-los no orçamento, conforme a Figura 21.

Figura 21: Processo de extração dos quantitativos

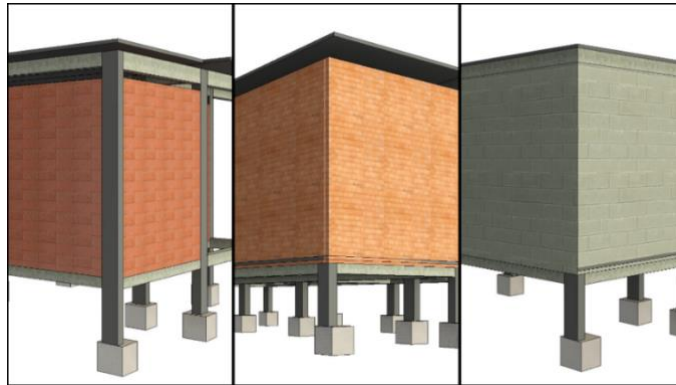


Fonte: Autor

Para que seja possível a extração dos dados de forma correta do projeto para realizar o orçamento, é necessário um planejamento e um bom entendimento das etapas descritas, conforme a Figura 21. Ao realizar a modelagem da edificação de maneira coerente com as especificidades de cada modelo construtivo, é possível partir para a organização dos dados.

A análise das composições busca elucidar as especificidades de cada modelo, como a edificação padrão utilizada é realizada com alvenaria convencional, realizar as considerações no processo construtivo (Figura 20), como a escolha dos pontos de reforço, a retirada de pilares ou vigas, amarrações (Figura 22).

Figura 22: Comparação das considerações por modelo.

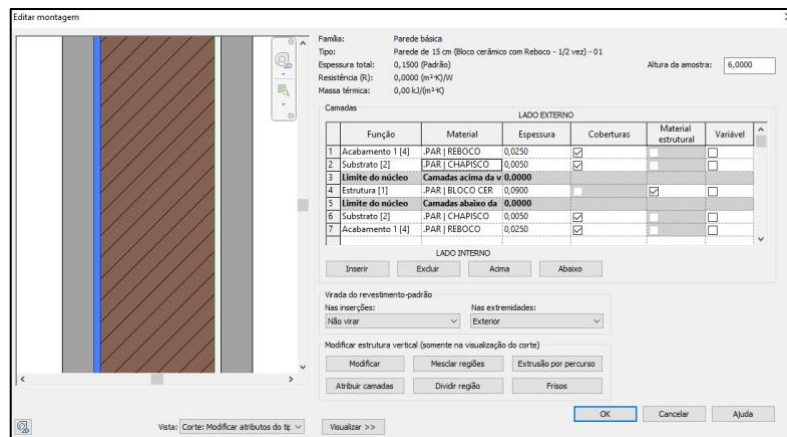


Fonte: Autor

A capacidade de editar parâmetros de parede no Revit oferece diversas vantagens importantes para representar com precisão a realidade arquitetônica. As configurações são editáveis, o que por sua vez possibilita a livre edição da composição estrutural da parede (Figura 23), levando em consideração alterações nas camadas de alvenaria, impermeabilização, reboco e acabamento.

Estas alterações permitem uma representação mais fiel aos modelos construtivos, facilitando a representação e compreensão das diferentes etapas, assim como os materiais envolvidos. Com isso, a facilidade da edição dos parâmetros no software possibilita a integração entre os projetos complementares e aumenta a precisão e a eficiência do projeto.

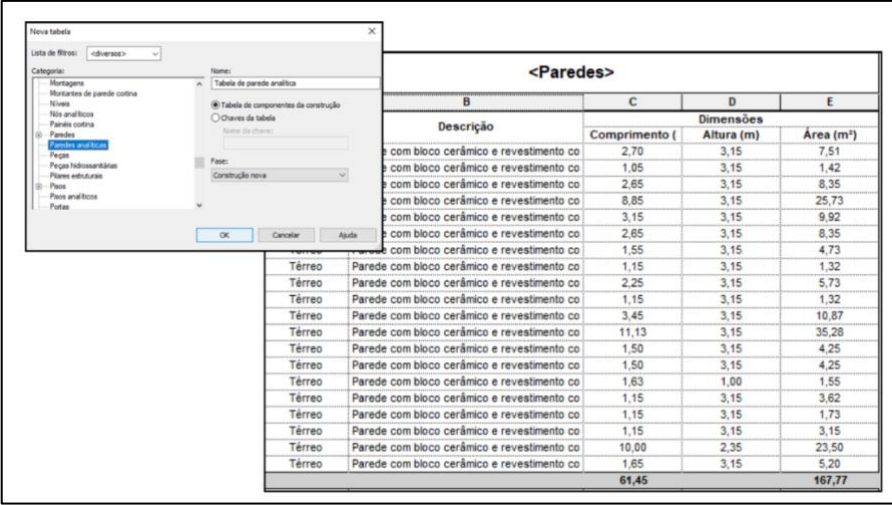
Figura 23: Composição da alvenaria com bloco cerâmico



Fonte: Autor

Dento do Revit existe a possibilidade da criação de tabelas de composições para que através das mesmas o processo de orçamentação seja mais ágil, ao escolher os parâmetros considerados, os níveis de detalhes, unidades e composições é possível maximizar o nível de detalhamento e com isso orçar de maneira eficiente (Figura 24).

Figura 24: Criação de tabelas



The image shows a screenshot of the Revit software interface. On the left, a dialog box titled 'Nova tabela' is open, showing a tree view of categories and a list of items. The 'Paredes' category is selected. On the right, a table titled '<Paredes>' is displayed, showing a list of wall components with their dimensions and areas.

		B	C	D	E
		Descrição	Dimensões		
			Comprimento (Altura (m)	Área (m²)
		com bloco cerâmico e revestimento co	2,70	3,15	7,51
		com bloco cerâmico e revestimento co	1,05	3,15	1,42
		com bloco cerâmico e revestimento co	2,65	3,15	8,35
		com bloco cerâmico e revestimento co	8,85	3,15	25,73
		com bloco cerâmico e revestimento co	3,15	3,15	9,92
		com bloco cerâmico e revestimento co	2,65	3,15	8,35
		com bloco cerâmico e revestimento co	1,55	3,15	4,73
Térreo	Parede com bloco cerâmico e revestimento co	1,15	3,15	1,32	
Térreo	Parede com bloco cerâmico e revestimento co	2,25	3,15	5,73	
Térreo	Parede com bloco cerâmico e revestimento co	1,15	3,15	1,32	
Térreo	Parede com bloco cerâmico e revestimento co	3,45	3,15	10,87	
Térreo	Parede com bloco cerâmico e revestimento co	11,13	3,15	35,28	
Térreo	Parede com bloco cerâmico e revestimento co	1,50	3,15	4,25	
Térreo	Parede com bloco cerâmico e revestimento co	1,50	3,15	4,25	
Térreo	Parede com bloco cerâmico e revestimento co	1,63	1,00	1,55	
Térreo	Parede com bloco cerâmico e revestimento co	1,15	3,15	3,62	
Térreo	Parede com bloco cerâmico e revestimento co	1,15	3,15	1,73	
Térreo	Parede com bloco cerâmico e revestimento co	1,15	3,15	3,15	
Térreo	Parede com bloco cerâmico e revestimento co	10,00	2,35	23,50	
Térreo	Parede com bloco cerâmico e revestimento co	1,65	3,15	5,20	
			61,45		167,77

Fonte: Autor

Ao repetir esse processo, foi possível realizar a criação de todas as tabelas relativas aos insumos considerados, para realizar, na sequência, a extração dos dados. Ao personalizar as tabelas no Revit, as informações exportadas estarão organizadas pelo usuário, serão precisas sobre materiais, componentes e quantidades necessárias para o projeto. Assim como qualquer outro parâmetro, as tabelas podem ser configuradas para apresentar dados como áreas de superfície, volumes, comprimentos de elementos estruturais, tipos de materiais e muito mais.

Quando as tabelas são integradas no modelo BIM, as listas de materiais e quantidades podem ser preparadas automaticamente. Assim as informações são constantemente atualizadas, o que gera confiança para estimativa e controle de custos, no planejamento financeiro.

3.3.2. Orçamento

A segunda parcela do processo de orçamentação, a qual custeia os insumos e serviços previstos no projeto, busca elencar o método mais viável. Para a comparação foram adotados dois principais meios, a orçamentação com a composição para cada etapa construtiva utilizando o caderno técnico de composição para alvenarias da SINAPI (sistema nacional de custos e índices da construção civil) cujos dados são adaptados em todos os estados, assim como um levantamento regional acerca dos preços dos processos e materiais.

A Caixa Econômica federal em parceria com o IBGE apresenta os relatórios do SINAPI, que abrangem insumos (materiais, mão de obra e equipamentos) e composições, que representam os serviços mais frequentes em obras que utilizam recursos da União. Os valores apresentados para os insumos consideram custos com os Encargos Sociais Desonerado e Não Desonerado, cujo percentual adotado consta no cabeçalho de cada relatório.

Para a pesquisa será adotada a tabela do SINAPI de custos de composições analítico, referente a 01/02/2024, para que através desta seja realizada a extração dos serviços e insumos para o processo de orçamentação. Dentre as informações coletadas no SINAPI, é possível a escolha de subgrupos para direcionar a escolha das informações coletadas, conforme a Figura 25.

Figura 25: Cadernos técnicos

Serviços Preliminares, Canteiros de Obras, Segurança e Saúde	Infraestrutura	Superestrutura	Alvenaria, Vedações e Divisórias	Cobertura e Impermeabilização	Esquadrias
Sistemas e Instalações Hidrossanitárias	Sistemas e Instalações Elétricas	Automação, Gás Canalizado, Lógica e Telecomunicação	SPDA, Ar condicionado, Ventilação e Exaustão	Revestimentos para paredes, pisos e forros	Forros, Pinturas e Texturas
Ligações Prediais	Carga, Transporte e Descarga de Materiais	Serviços Auxiliares e Complementares	Equipamentos	Movimentação de Terra	Contenções e Arrimos
Drenagem Pluvial	Distribuição de Água e Esgotamento Sanitário	Pavimentação e Arruamento	Urbanização, Paisagismo e Equipamentos Urbanos	Composições Representativas	

Fonte: Caixa econômica federal, (SINAPI, 2024).

No processo de extração das composições na tabela SINAPI, é necessária a identificação cuidadosa dos insumos necessários para o projeto, como materiais de construção e tipos específicos de mão de obra, para ser possível a orçamentação em obras de engenharia.

A tabela SINAPI possibilita obter os custos unitários de insumos (Figura 26), levando em consideração fatores importantes como a localização da obra e suas especificidades. Com isso é possível multiplicar os custos unitários pelos quantitativos requeridos de cada serviço para obter os custos totais da obra. Esse processo é fundamental e garante um embasamento técnico para a elaboração de orçamentos precisos e alinhados com as condições desejadas.

Figura 26: Tabela do SINAPI

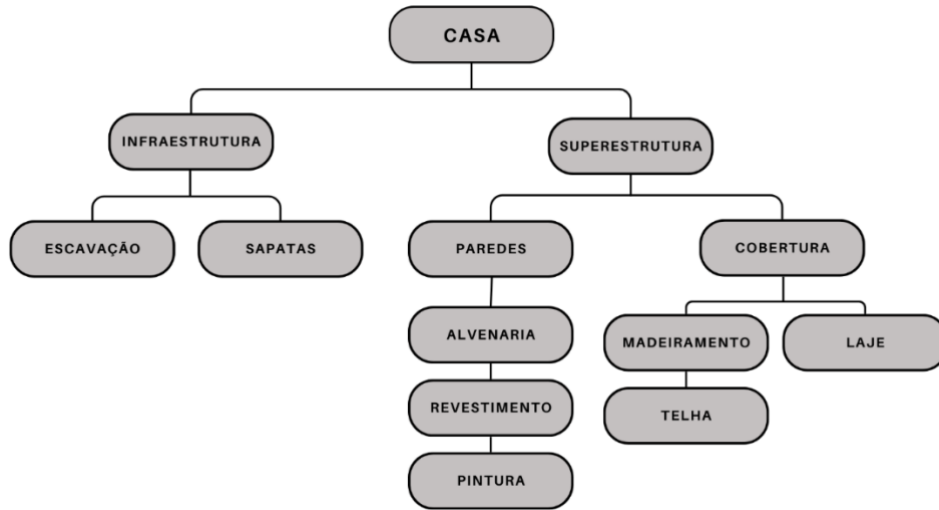
CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	ORIG.	COEFICIENTE	PREÇO UNIT.	CUSTO TOTAL
VÍNCULO : CAIXA REFERENCIAL						
CLASSE: ASTU - ASSENTAMENTO DE TUBOS E PECAS						
TIPO1 : 0450 - FORNEC E/OU ASSENT DE TUBO DE FERRO FUNDIDO JUNTA						
97141	ASSENTAMENTO DE TUBO DE FERRO FUNDIDO PARA REDE DE ÁGUA, DN 80 MM, JUNTA ELÁSTICA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIAS (NÃO INCLUI FORNECIMENTO) - AF_11/2017	M				
C	5678 RETROSCAVADEIRA SOBRE RODAS COM CARREGADEIRA, TRAÇÃO 4X4, POTÊNCIA LÍQ. 8 CHP, 8 HP, CAÇAMBA CARREG. CAP. MÍN. 1 M3, CAÇAMBA RETRO CAP. 0,26 M3, PESO OPE RACIONAL MÍN. 6.674 KG, PROFUNDIDADE ESCAVAÇÃO MÁX. 4,37 M - CHP DIURNO. A F_06/2014	CR		0,0099000	155,08	1,53
C	5679 RETROSCAVADEIRA SOBRE RODAS COM CARREGADEIRA, TRAÇÃO 4X4, POTÊNCIA LÍQ. 8 CHI, 8 HP, CAÇAMBA CARREG. CAP. MÍN. 1 M3, CAÇAMBA RETRO CAP. 0,26 M3, PESO OPE RACIONAL MÍN. 6.674 KG, PROFUNDIDADE ESCAVAÇÃO MÁX. 4,37 M - CHI DIURNO. A F_06/2014	CR		0,0477000	67,84	3,23
I	20078 PASTA LUBRIFICANTE PARA TUBOS E CONEXÕES COM JUNTA ELÁSTICA, EMBALAGEM DE UN *400* GR (USO EM PVC, AÇO, POLIETILENO E OUTROS)	UN	CR	0,0046000	23,81	0,10
C	88246 ASSENTADOR DE TUBOS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	0,0905000	19,88	1,79
C	88316 SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	0,0905000	18,14	1,64
	EQUIPAMENTO	:		2,42	29,3040293	%
	MATERIAL	:		1,56	18,9255189	%
	MÃO DE OBRA	:		4,31	51,7704518	%
	TOTAL COMPOSIÇÃO	:		8,29	100,0000000	% - ORIGEM DE PREÇO: CR
97142	ASSENTAMENTO DE TUBO DE FERRO FUNDIDO PARA REDE DE ÁGUA, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, INSTALADO EM LOCAL COM NÍVEL ALTO DE INTERFERÊNCIAS (NÃO INCLUI FORNECIMENTO) - AF_11/2017	M				

Fonte: Caixa econômica federal, (SINAPI, 2024).

3.4. HIPÓTESES COMPLEMENTARES

No processo de orçamentação, foram considerados os mesmos processo para todos os métodos construtivos para a execução da alvenaria e acabamento, nbem como para os serviços de execução da infraestrutura e superestrutura, relevantes para a análise proposta, conforme a Figura 27.

Figura 27: Estrutura Analítica de Projetos(EAP) para uma edificação



Fonte: adaptada de Mattos, 2019b.

Ao considerar os processos descritos no EAP, algumas questões dúbias despertam curiosidade, questões como o tipo de acabamento que a alvenaria vai receber, o tipo de cobertura considerada e especificidades nos métodos alternativos como a influência da produção dos blocos estruturais ou tijolos de solo-cimento diretamente na obra. A análise destas propostas possibilita um melhor entendimento sobre a viabilidade, assim como servirá de material de consulta para as empresas locais.

4. RESULTADOS

4.1. MODELAGEM

4.1.1. Modelo escolhido

A seleção de um modelo de construção padrão para orçamentação deve ser consistente com as realidades locais devido ao impacto nos custos estimados. Para fazer esta escolha, vários fatores devem ser considerados, tais como o contexto geográfico, cultural, normativo e econômico da região. Estas características climáticas, materiais de construção disponíveis localmente, regulamentações governamentais e preferências estéticas regionais.

Para tanto, foram treinados os padrões de construção de moradias populares da região e treinados os modelos realizados por empresas locais. Buscou-se o modelo mais consistente com área total construída de 58 m², bem como as dimensões internas por cômodo, conforme a Tabela 6, o qual é implantado por uma empresa da região, já que atende às normas de construção para financiamento, Figura 28.

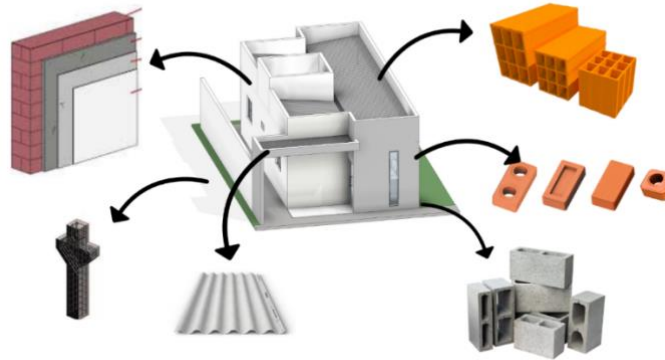
Figura 28: Modelo de edificação proposto



Fonte: Autor

A modelagem da edificação teve como principal objetivo a atenção aos detalhes e a utilização das ferramentas adequadas, utilizando o *software Revit*. No processo, são considerados os métodos construtivos mais comuns na região, assim como suas especificidades técnicas e detalhes construtivos relativos a cada método, Figura 29.

Figura 29: Considerações na modelagem



Fonte: Autor

Com enfoque para a veracidade de todas as informações e especificações inseridas durante a modelagem, o que inclui a verificação precisa das dimensões, materiais, sistemas construtivos e acabamentos, para assegurar que as informações coletadas estejam coerentes com a realidade, buscou-se verificar:

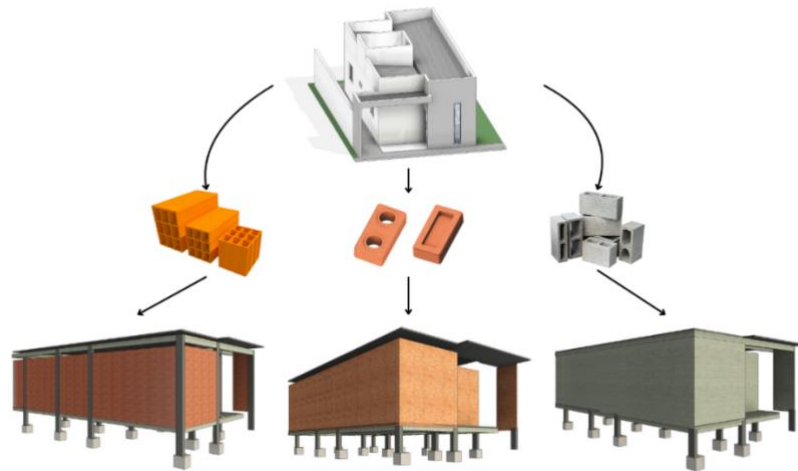
- Viabilidade econômica;
- Aceitabilidade no mercado;
- Mão de obra especializada;
- Adequação às normas técnicas e exigências de financiamento.

Dessa forma, com um modelo padrão bem definido e baseando-se nas práticas construtivas locais e adaptando-as às exigências das normas técnicas, será possível obter uma estimativa de custo mais precisa e confiável, determinando a viabilidade de implementação na realidade local.

4.1.2. Construção do modelo

A construção do modelo BIM do projeto, iniciou-se com a construção do modelo arquitetônico, para que seja possível determinar os cômodos, os detalhes dos ambientes e a área construída, posterior ao arquitetônico foi possível a construção dos modelos das alvenarias (Figura 30), que também foram realizadas no Revit, para ser possível representar fielmente a proposta de execução.

Figura 30: Adaptação aos modelos de alvenaria



Fonte: Autor

O processo de construção para cada método construtivo se deu de maneiras diferentes para cada método, por cada um exigir suas especificações, assim como descrito nos Tópicos 2.2.2., que trata do processo de instalação de cada método, aliado ao 2.3., que apresenta as especificações normativas, para que a execução seja correta. Com isso, foi necessário construir modelos detalhados para que a orçamentação seja coerente e assertiva.

4.2. QUANTITATIVOS

4.2.1. Quantitativos considerados

Para iniciar a etapa de levantamentos dos quantitativos, é necessário compreender de forma clara os processos que serão analisados, assim como os materiais e serviços que irão compor as etapas construtivas. Para esquematizar a realização da composição, a extração será realizada em blocos, sendo um bloco para cada método construtivo (bloco cerâmico, tijolo de solo-cimento e bloco estrutural), os quais consideram alguns processos em comum e outros específicos.

De maneira geral, as etapas construtivas e os processos realizados são relativos, único e exclusivamente, a construção da residência, considerando a infraestrutura e superestrutura, descritas na Figura 27. O detalhamento dos quantitativos considerados está exposto na Tabela 6, que individualiza os processos.

A Tabela 6, descreve os componentes considerados na infraestrutura, que seguirá a mesma para os três métodos propostos, que tem em conta a escavação do terreno e a execução das fundações. Com a infraestrutura finalizada, os processos de superestrutura são iniciados, considerando o piso, o levantamento das paredes e dos pontos estruturais e o acabamento relacionado ao método, por fim a análise do tipo de cobertura que será realizada no método tradicional com madeiramento e telha ou executado em laje.

Tabela 6: Quantitativos considerados

Extração de quantitativos				
Etapas	Considerações			
	Serviços	Processos	Sub processos	
INFRAESTRUTURA	Escavação e preliminares	Mão de obra	—	
		Equipamentos e/ou maquinários	—	
	Fundações/ Sapatas	Mão de obra	—	
		Ferragem	—	
		Concretagem	—	
SUPERESTRUTURA	Piso	Mão de obra	—	
		Ferragem	—	
		Concretagem	—	
		Acabamento	Cerâmica	
	Paredes (Alvenaria)	Componentes estruturais		Vigas
				Pilares
				Vergas e contravergas
				Pontos de graute
		Alvenaria de vedação		Bloco cerâmico
				Tijolo solo-cimento
				Bloco estrutural
		Mão de obra		—
		Massa		Argamassa
				Argamassa polimérica
		Impermeabilização		—
		Acabamento		Reboco
				Emboço
			Pintura	
			Cerâmica	
			Resina	
	Cobertura	Telhado convencional		Madeiramento
				Telhas cerâmicas
				Telhas de Fibrocimento
		Mão de obra		—
		Laje		Escoras
				Ferragem
				Concretagem
	Acabamento/impermeabilização			

Fonte: Autor

4.2.2. Valores extraídos do projeto

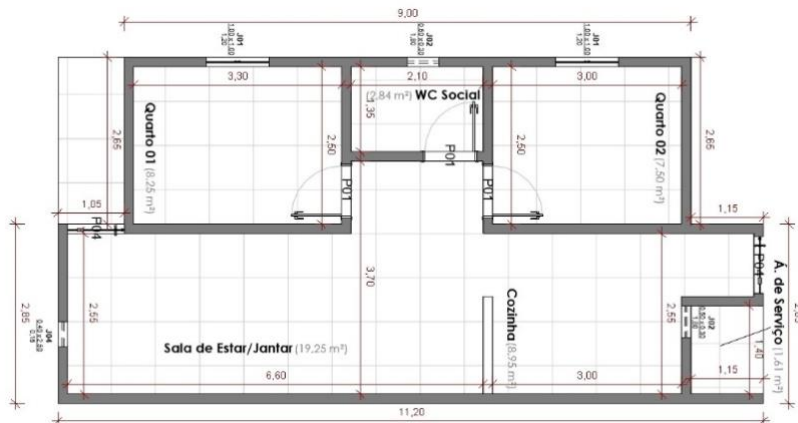
Para ser possível cotar alguns serviços no processo de orçamentação, é necessário conhecer de maneira concisa o máximo possível de informações sobre o projeto, seus ambientes, composições, dimensões, áreas, acabamentos. Tendo em vista a demanda, a seguir serão detalhadas algumas especificações técnicas para que, durante as etapas seguintes, não surjam dúvidas acerca dos componentes.

4.2.2.1. Componentes considerados por processo

4.2.2.1.1. Pisos

Para a quantificação do piso da edificação é necessário conhecer as dimensões relativas aos espaços, portanto, foi realizada uma quantificação acerca da área quadrada relativa a cada espaço da edificação, assim como a área total dos pisos (Tabela 7), conforme apresentado na Figura 32.

Figura 31: Quantitativo de pisos



Fonte: Autor

Tabela 7: Área e perímetro dos ambientes

Ambientes	Área (m ²)	Perímetro (m)
Sala estar / jantar	19,25	18,3
Cozinha	8,95	15,6
Área de serviço	1,61	5,10
Banheiro (W.C.)	2,84	6,90
Quarto 01	8,25	11,6
Quarto 02	7,50	11,0

Fonte: Autor

4.2.2.1.2. Fundação

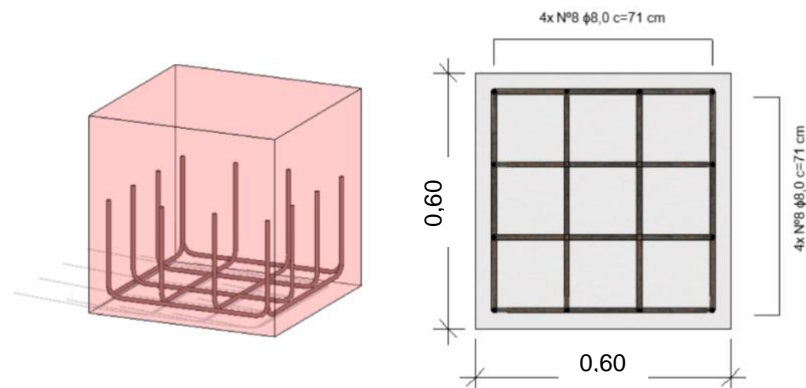
A construção do modelo de fundação para a edificação foi considerado um modelo de sapata maciça de concreto armado (Figura 33), de dimensões de 60X60X60 centímetros, em sua altura, largura e comprimento, conforme exposta na Tabela 8.

Tabela 8: Quantitativos Fundações

Fundações		Traço 1 : 3 : 3			Φ=8,00 mm			
fck = 25 MPa cobertura = 3,00 cm								
Descrição	Dimensões		Cimento (50 kg)	Areia (m ³)	Brita (m ³)	Malha de aço		
	b (m)	h (m)				Espaçamento (m)	Comp. total (m)	Qt. de barras
Fund.(60x60x60)	0,6	0,6	0,42	0,06	0,06	0,15	5,68	8,00
Total de Fundações					13			
Total			5,47	0,78	0,78	0,15	73,84	104,00

Fonte: Autor

Figura 32: Representação da fundação



Fonte: Autor

4.2.2.1.3. Alvenaria

A alvenaria será o elemento mais influente no processo de orçamentação, uma vez que cada método irá dispor de especificidades que irão influenciar no valor considerado na etapa de alvenarias. Para que seja possível orçar esta etapa, é necessário conhecer os componentes, assim como as dimensões de cada elemento e sua metragem quadrada (Tabela 9), para estimar seu consume e aplicação.

Tabela 9: Quantitativos de paredes

Nível	Descrição	Dimensões		
		Comprimento (m)	Altura (m)	Área (m ²)
Térreo	Alvenaria de vedação			
Total do Térreo		61,45	VARIA	167,77
Coberta	Alvenaria de vedação			
Total da cobertura		48,03	VARIA	52,63
Total		109,48		220,40

Fonte: Autor

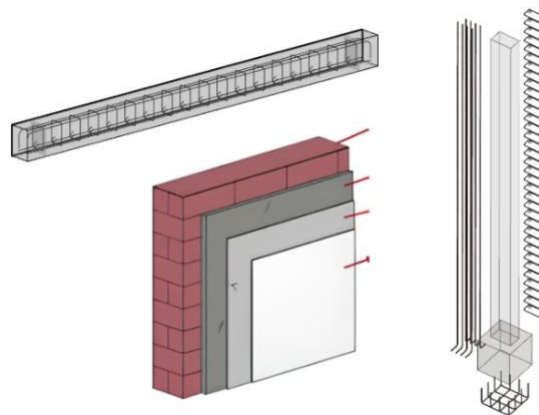
Após a realização das considerações para a elaboração do estrutural, a construção dos pilares e vigas correspondentes a construção com estruturas de concreto armado e utilizando alvenaria de vedação de blocos cerâmicos (Figura 34). Dentre as considerações, uma estabelecida é a da quantidade de vergalhões que seriam necessários para compor o pilar, obtido através da divisão da altura do pilar por 6 metros, relativo a um vergalhão, como exposto na Tabela 10.

Tabela 10: Quantitativos pilares

Pilares						
Descrição	Altura (m)	Volume (m ³)	Cimento (50 kg)	Areia (m ³)	Brita (m ³)	Quant. (Un.)
Pilar (15x25)	4,00	0,15	0,99	0,09	0,09	0,67
Total de pilares				14		
Total	56,00	2,08	13,67	1,25	1,18	9,33

Fonte: Autor

Figura 33: Elementos quantificados na alvenaria



Fonte: Autor

Ainda dentro dos elementos estruturais da alvenaria, para o caso da estrutura que utiliza blocos cerâmicos, outro elemento estrutural a se considerar, são as vigas,

para que as mesmas recebam as cargas da estrutura e distribua para os pilares para não sobrecarregar as alvenarias de vedação, uma vez que os blocos cerâmicos propostos não tem função estrutural. Visto isso, a edificação em questão utiliza do sistema de canaletas para realizar as vigas, as quais a dispõem de um bloco molde, que recebe ferragem e concretagem para formar a estrutura, com isso suas dimensões e os elementos adicionais são relevantes para a composição de custos, Tabela 11.

Tabela 11: Quantitativo das vigas (Canaletas 19x19x39)

Descrição	Nível	Comprimento (m)	Volume (m ³)	Cimento (50 kg)	Areia (m ³)	Brita (m ³)	Armadura principal		Qt. de canaletas (Un.)
							Qt. de barras	Qt. de varões	
Canaleta	Térreo	60,70	1,60	10,50	0,96	0,91	22,00	10,12	151,75
Total Terreo									
Canaleta	Cobertura	45,88	1,28	8,39	0,77	0,73	16,00	7,65	114,70
Total Cobertura									
Total		106,58	2,87	18,89	1,72	1,64	36,00	17,76	266,45

Fonte: Autor

4.2.2.1.4. Cobertura

Para a análise na cobertura, dentre as duas alternativas consideradas, é imprescindível conhecer a metragem quadrada correspondente aos espaços (Tabela 09) que será destinado à construção do telhado em laje acrescido de madeira e telhas ou apenas com as lajes, (Figura 32).

Tabela 12:Quantitativo de Cobertura

Telhados		
Nível	Descrição	
Coberta	.TEL TELHA CERÂMICA OU FIBROCIMENTO	
Total		52,42
Coberta	Laje Laje maciça de concreto 15 cm	
Total		56,25

Fonte: Autor

Figura 34: Coberturas estudadas



Fonte: Autor

4.2.2.1.5. Esquadrias

Dentre os critérios considerados, as esquadrias são um elemento invariável no processo de orçamentação, uma vez que os três métodos construtivos possuem as mesmas esquadrias na estrutura.

Tabela 13: Esquadrias

JANELAS	
Descrição	Quant.
J01 Janela 03 (1,00x1,00 m) - Abrir	2
J02 Janela 02 (0,30x0,50 m) - Fixa	2
J04 Janela 04 (0,40x2,50 m) - Maxiar	1
PORTAS	
Descrição	Quant.
P01 Porta (80 cm) - Abrir 90º	3
P04 Porta de vidro (90 cm) - Abrir 90º	2

Fonte: Autor

4.3. ORÇAMENTO

4.3.1. Estimativa de preço

O IBGE (2024) apresenta em seu site o custo médio por metro quadrado em moeda corrente e variações percentuais no mês e em 12 meses. O custo do metro quadrado na construção civil é calculado pelo Sistema Nacional de Pesquisa e Índices da Construção Civil (SINAPI), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em parceria com a Caixa Econômica Federal, com isso foi estimado o valor de 1736,37, como o valor do metro quadrado de construção para a moeda corrente, com base no mês de fevereiro de 2024.

Com o intuito de fornecer uma base diversificada para a análise da pesquisa, a utilização do Custos Unitários Básicos de Construção (CUB) para o estado de Pernambuco no mês de Março 2024, o qual apresenta o custo por metro quadrado de construção relacionado ao tipo e porte da edificação, calculados de acordo com a Lei Fed. nº. 4.591, de 16/12/64 e com a Norma Técnica NBR 12.721, (ABNT, 2006). Com isso, foi adotada a estimativa residencial de baixo padrão R1, a qual apresenta o valor de 2043,08 para cada metro construído.

De acordo com isso, é possível estimar um valor mínimo para a construção, multiplicando a metragem quadrada da casa de área construída pelo valor estimado do metro quadrado, conforme a Tabela 14.

Tabela 14: Estimativa de preço

Área construída da edificação (m²)	58,00
Valor estimado para SINAPI	R\$ 100.709,46
Valor estimado para CUB	R\$ 118.498,64

Fonte: Autor

Com isso, é possível estimar um valor base para o processo de orçamentação, que, segundo os processos considerados, o valor final da edificação será possivelmente acrescido do estimado.

4.3.2. Cálculo de custos e produtividade dos componentes construtivos

4.3.2.1. Serviços preliminares e Fundações

Dentre os elementos analisados no processo de orçamentação, é necessário entender os processos que irão ser variáveis e fixos na proposta do estudo. Com isso, o primeiro processo analisado e invariável para os três modelos construtivos propostos, que irão utilizar blocos cerâmicos, tijolos de solo-cimento e blocos estruturais, trata-se da etapa de infraestrutura, a qual analisa a preparação do terreno, com a locação, bem como a execução do processo de fundações, a escavação, formas, ferragem, concretagem e aterro da fundação.

Para isso, foi realizado com base nos dados da SINAPI, em paralelo com registros coletados de empresas da região, para melhor adequar os valores ao cenário local, e possibilitar uma utilização como meio de consulta. Ao final, foi possível construir uma tabela que sintetiza os processos e quantifica os serviços necessários para a etapa da infraestrutura (Tabela 15).

A análise dos processos foi realizada em tópicos, enumerados de 1 a 3 para essa etapa, a primeira etapa discrimina o custo para o serviço preliminar de preparação e marcação da obra, na sequência o tópico 2, descreve os serviços de movimentação de terra para escavação e aterro das sapatas e valas da fundação. Por fim, a terceira etapa descreve os processos atrelados à execução das fundações, os elementos estruturais da infraestrutura.

Tabela 15: Orçamentação da Fundação

Nº	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE	VAL. UNIT.	TOTAIS
1	SERVIÇOS PRELIMINARES				R\$3.174,97
1.1	LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, GABARITO DE TÁBUAS CORRIDAS PONTALETADAS A CADA 2,00M - 2X	m	42,46	R\$74,77	R\$3.174,97
2	MOVIMENTO DE TERRA				R\$560,55
2.1	REATERRO MANUAL DE VALAS COM COMPACTAÇÃO MECANIZADA.	m³	5,48	R\$31,55	R\$172,96
2.2	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M E MENOR QUE 2,5 M, COM CAMADA DE BRITA, LANÇAMENTO MANUAL.	m³	1,56	R\$248,46	R\$387,60
3	FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS				R\$8.795,24
3.1	CONCRETAGEM DE SAPATAS, FCK 30 MPA– LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO.	m³	0,92	R\$829,71	R\$766,65
3.2	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA (INCLUINDO ESCAVAÇÃO E FÔRMAS).	m³	4,03	R\$119,51	R\$481,86
3.3	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM.	Kg	65,89	R\$16,75	R\$1.103,59
3.4	ARMAÇÃO DE BLOCO, VIGA BALDRAME OU SAPATA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM - MONTAGEM.	Kg	6,17	R\$14,44	R\$89,09
3.5	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM MADEIRA SERRADA, 2X	m²	2,00	R\$99,05	R\$198,10
3.6	CONCRETAGEM DE BLOCOS DE COROAMENTO E VIGAS BALDRAMES, FCK 30 MPA, COM USO DE BOMBA – LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO.	m³	0,29	R\$632,36	R\$183,38
3.7	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR, APLICAÇÃO EM BLOCOS DE COROAMENTO, ESPESSURA DE *5 CM*.	m³	0,32	R\$199,20	R\$64,64
3.8	ARMAÇÃO DE ESTRUTURAS DIVERSAS DE CONCRETO ARMADO, EXCETO VIGAS, PILARES, LAJES E FUNDAÇÕES, UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM.	Kg	44,76	R\$17,81	R\$797,22
3.9	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA SAPATA, EM MADEIRA SERRADA, 2 UTILIZAÇÕES.	m²	6,16	R\$192,00	R\$1.182,72
3.1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA PARA VIGA BALDRAME (INCLUINDO ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÔRMAS).	m³	0,59	R\$131,71	R\$77,05
3.11	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA- LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO.	m³	2,10	R\$580,83	R\$1.219,74
3.12	ARMAÇÃO DE ESTRUTURAS DIVERSAS DE CONCRETO ARMADO, EXCETO VIGAS, PILARES, LAJES E FUNDAÇÕES, UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM.	Kg	110,60	R\$13,99	R\$1.547,29
3.13	ARMAÇÃO DE ESTRUTURAS DIVERSAS DE CONCRETO ARMADO, EXCETO VIGAS, PILARES, LAJES E FUNDAÇÕES, UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM.	Kg	86,38	R\$12,02	R\$1.038,29
3.14	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM PONTALETE DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 2 UTILIZAÇÕES.	m²	0,19	R\$239,97	R\$45,59
	TOTAL				R\$12.530,74

Fonte: Autor

4.3.2.2. Pisos

A quantificação para a execução do piso, o qual será padrão, a escolha dos componentes considerados, bem como a metragem, foi realizada conforme o padrão de execução realizado na região. Dentre os elementos cotados, a preparação, execução e finalização foram os principais critérios de escolha, com isso foi possível determinar o custo final desta etapa, bem como descrever com detalhes os processos, conforme a Tabela 16.

Tabela 16: Orçamentação dos pisos

Nº	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE	VAL. UNIT.	TOTAIS
1	PISOS E PAVIMENTAÇÕES				R\$6.581,16
1.1	APLICAÇÃO DE LONA PLÁSTICA PARA EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO.	m ²	52,00	R\$1,58	R\$82,16
1.2	LASTRO DE CONCRETO MAGRO E CONTRAPISO EM ARGAMASSA TRAÇO 1:4 (CIMENTO E AREIA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L, APLICADO EM ÁREAS MOLHADAS SOBRE LAJE, ADERIDO, ACABAMENTO NÃO REFORÇADO, ESPESSURA 3CM.	m ²	52,00	R\$52,09	R\$2.708,68
1.3	RODAPÉ CERÂMICO DE 7CM DE ALTURA COM PLACAS TIPO ESMALTADA COMERCIAL DE DIMENSÕES 35X35CM (PADRAO POPULAR).	m	39,00	R\$7,98	R\$311,22
1.4	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PISO COM PLACAS TIPO ESMALTADA PADRÃO POPULAR DE DIMENSÕES 35X35 CM APLICADA EM AMBIENTES DE ÁREA ENTRE 5 M2 E 10 M2.	m ²	52,00	R\$62,11	R\$3.229,72
1.5	SOLEIRA EM GRANITO, LARGURA 15 CM, ESPESSURA 2,0 CM.	M	2,00	R\$124,69	R\$249,38

Fonte: Autor

4.3.2.3. Alvenaria

A execução das alvenarias, buscou descrever a orçamentação base para os três métodos propostos, a realização com elementos estruturais em concreto armado e com blocos de vedação de material cerâmico, a alvenaria de tijolos de solo-cimento acrescido dos pontos de reforço estrutural, assim como dos blocos estruturais de concreto simples com os pontos de reforço.

Para isso, a orçamentação será realizada de maneira segmentada, no qual foi realizado um orçamento para esta etapa em cada método.

4.3.2.4. Blocos Cerâmicos

A orçamentação da etapa da construção das alvenarias e estruturas auxiliares foi realizada com base na vivência e conhecimentos descritos nas normas, bibliografias relacionadas, bem como a consulta de empresas locais. Com isso, foi dividida a análise nos tópicos estruturas, paredes e os acabamentos realizados em revestimento e pinturas, conforme apresentado na Tabela 17.

Tabela 17: Orçamentação para alvenaria de bloco cerâmico

Nº	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE	VAL. UNIT.	TOTAIS
1	ESTRUTURAS				R\$44.968,92
1.1	ARMAÇÃO DE ESTRUTURAS DIVERSAS DE CONCRETO ARMADO, EXCETO VIGAS, PILARES, LAJES E FUNDAÇÕES, UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM.	KG	115,92	R\$17,81	R\$2.064,55
1.2	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 2 UTILIZAÇÕES.	m ²	44,80	R\$169,68	R\$7.601,66
1.3	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO.	m ³	2,10	R\$580,83	R\$1.219,74
1.4	ARMAÇÃO DE ESTRUTURAS DIVERSAS DE CONCRETO ARMADO, EXCETO VIGAS, PILARES, LAJES E FUNDAÇÕES, UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM.	KG	110,60	R\$13,99	R\$1.547,29
1.5	ARMAÇÃO DE ESTRUTURAS DIVERSAS DE CONCRETO ARMADO, EXCETO VIGAS, PILARES, LAJES E FUNDAÇÕES, UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM.	KG	530,62	R\$12,02	R\$6.378,05
1.6	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM PONTALETE DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 2X	m ²	87,19	R\$239,97	R\$20.922,98
1.7	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO.	m ³	8,27	R\$580,29	R\$4.796,10
1.8	VERGA PRÉ-MOLDADA PARA JANELAS COM MAIS DE 1,5 M DE VÃO.	m	3,30	R\$68,28	R\$225,32
1.9	CONTRAVERGA PRÉ-MOLDADA PARA VÃOS DE MAIS DE 1,5 M DE COMPRIMENTO.	m	3,30	R\$64,61	R\$213,21
2	PAREDES				R\$22.628,47
2.1	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA.	m ²	220,40	R\$102,67	R\$22.628,47
3	REVESTIMENTOS				R\$9.119,77
3.1	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	m ²	220,40	R\$6,90	R\$1.520,76
3.2	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, ESPESSURA DE 10MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS.	m ²	200,00	R\$27,13	R\$5.426,00
3.3	EMBOÇO, PARA RECEBIMENTO DE CERÂMICA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADO MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES,	m ²	20,40	R\$35,36	R\$721,34

Nº	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE	VAL. UNIT.	TOTAIS
	PARA AMBIENTE COM ÁREA ENTRE 5M2 E 10M2, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS.				
3.4	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS COM PLACAS TIPO ESMALTADA PADRÃO POPULAR DE DIMENSÕES 20X20 CM, ARGAMASSA TIPO AC III, APLICADAS EM AMBIENTES DE ÁREA MAIOR QUE 5 M2 NA ALTURA INTEIRA DAS PAREDES.	m ²	20,40	R\$71,16	R\$1.451,66
4	PINTURAS			R\$8.423,97	
4.1	APLICAÇÃO DE FUNDO SELADOR ACRÍLICO EM PAREDES.	m ²	420,40	R\$4,96	R\$2.085,18
4.2	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA LÁTEX ACRÍLICA EM PAREDES.	m ²	100,00	R\$14,68	R\$1.468,00
4.3	APLICAÇÃO MANUAL DE TINTA LÁTEX ACRÍLICA EM PAREDE EXTERNAS DE CASAS.	m ²	110,20	R\$18,41	R\$2.028,78
4.4	APLICAÇÃO E LIXAMENTO DE MASSA LÁTEX EM PAREDES.	m ²	200,00	R\$14,21	R\$2.842,00
	TOTAL			R\$85.141,13	

Fonte: Autor

Ao orçar esta etapa, é possível perceber sua grande influência no valor final da edificação, sendo, dentre as consideradas, a etapa mais representativa.

4.3.2.5. Tijolos de Solo-cimento

A utilização desta metodologia de construção que utiliza os tijolos de solo cimento como um elemento estrutural, quando acrescido dos pontos de reforço utilizando ferragem e pontos de grauteamento, para adicionar a estrutura rigidez e durabilidade, portanto, a consideração destes elementos na orçamentação são fundamentais para validar o estudo.

Outra vertente que agrega a este método é a estética, o qual este método proporciona, portanto, além dos métodos de acabamento tradicional, foi estudado também a possibilidade da aplicação de resina, para que a estética fosse preservada, conforme apresentados na Tabela 18.

Tabela 18: Orçamento alvenaria com tijolos de solo-cimento

Nº	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE	VAL. UNIT.	TOTAIS
1	ESTRUTURAS			R\$2.796,71	
1.1	CINTA DE AMARRAÇÃO DE ALVENARIA MOLDADA IN LOCO COM UTILIZAÇÃO DE BLOCOS CANALETA.	m	46,38	R\$60,30	R\$2.796,71
2	PAREDES E PAINÉIS			R\$37.752,32	
2.1	ALVENARIA COM TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO DE 12X7X24CM E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA.	m ²	220,40	R\$171,29	R\$37.752,32
3	REVESTIMENTOS			R\$9.119,77	

Nº	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE	VAL. UNIT.	TOTAIS
3.1	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.	m ²	220,40	R\$6,90	R\$1.520,76
3.2	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, ESPESSURA DE 10MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS.	m ²	200,00	R\$27,13	R\$5.426,00
3.3	EMBOÇO, PARA RECEBIMENTO DE CERÂMICA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADO MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, PARA AMBIENTE COM ÁREA ENTRE 5M2 E 10M2, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS.	m ²	20,40	R\$35,36	R\$721,34
3.4	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS COM PLACAS TIPO ESMALTADA PADRÃO POPULAR DE DIMENSÕES 20X20 CM, ARGAMASSA TIPO AC III, APLICADAS EM AMBIENTES DE ÁREA MAIOR QUE 5 M2 NA ALTURA INTEIRA DAS PAREDES.	m ²	20,40	R\$71,16	R\$1.451,66
4	PINTURAS			R\$8.423,97	
4.1	APLICAÇÃO DE FUNDO SELADOR ACRÍLICO EM PAREDES.	m ²	420,40	R\$4,96	R\$2.085,18
4.2	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA LÁTEX ACRÍLICA EM PAREDES.	m ²	100,00	R\$14,68	R\$1.468,00
4.3	APLICAÇÃO MANUAL DE TINTA LÁTEX ACRÍLICA EM PAREDE EXTERNAS DE CASAS.	m ²	110,20	R\$18,41	R\$2.028,78
4.4	APLICAÇÃO E LIXAMENTO DE MASSA LÁTEX EM PAREDES.	m ²	200,00	R\$14,21	R\$2.842,00
	TOTAL			R\$58.092,77	

Fonte: Autor

4.3.2.6. Blocos Estruturais

A etapa de acabamento das alvenarias é realizada similar a dos blocos cerâmicos, devido ao fato dos blocos não possuírem uma estética comumente aceita, portanto, os serviços de revestimentos e pinturas também foram considerados na orçamentação, conforme apresentados na Tabela 19.

Tabela 19: Orçamento para alvenaria com bloco estrutural

Nº	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE	VAL. UNIT.	TOTAIS
1	ESTRUTURAS			R\$2.796,71	
1.1	CINTA DE AMARRAÇÃO DE ALVENARIA MOLDADA IN LOCO COM UTILIZAÇÃO DE BLOCOS CANALETA.	m	46,38	R\$60,30	R\$2.796,71
2	PAREDES			R\$31.250,52	
2.1	ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL 9X19X39 CM (ESPESSURA 14 CM), FBK = 4,5 MPA, UTILIZANDO COLHER DE PEDREIRO.	m ²	220,40	R\$141,79	R\$31.250,52
3	REVESTIMENTOS			R\$9.119,77	
3.1	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.	m ²	220,40	R\$6,90	R\$1.520,76

Nº	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE	VAL. UNIT.	TOTAIS
3.2	MASSA ÚNICA, PARA RECEBIMENTO DE PINTURA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADA MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, ESPESSURA DE 10MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS.	m ²	200,00	R\$27,13	R\$5.426,00
3.3	EMBOÇO, PARA RECEBIMENTO DE CERÂMICA, EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400L, APLICADO MANUALMENTE EM FACES INTERNAS DE PAREDES, PARA AMBIENTE COM ÁREA ENTRE 5M2 E 10M2, ESPESSURA DE 20MM, COM EXECUÇÃO DE TALISCAS.	m ²	20,40	R\$35,36	R\$721,34
3.4	REVESTIMENTO CERÂMICO PARA PAREDES INTERNAS COM PLACAS TIPO ESMALTADA PADRÃO POPULAR DE DIMENSÕES 20X20 CM, ARGAMASSA TIPO AC III, APLICADAS EM AMBIENTES DE ÁREA MAIOR QUE 5 M2 NA ALTURA INTEIRA DAS PAREDES.	m ²	20,40	R\$71,16	R\$1.451,66
4	PINTURAS			R\$8.423,97	
4.1	APLICAÇÃO DE FUNDO SELADOR ACRÍLICO EM PAREDES.	m ²	420,40	R\$4,96	R\$2.085,18
4.2	APLICAÇÃO MANUAL DE PINTURA COM TINTA LÁTEX ACRÍLICA EM PAREDES.	m ²	100,00	R\$14,68	R\$1.468,00
4.3	APLICAÇÃO MANUAL DE TINTA LÁTEX ACRÍLICA EM PAREDE EXTERNAS DE CASAS.	m ²	110,20	R\$18,41	R\$2.028,78
4.4	APLICAÇÃO E LIXAMENTO DE MASSA LÁTEX EM PAREDES.	m ²	200,00	R\$14,21	R\$2.842,00
	TOTAL			R\$51.590,97	

Fonte: Autor

4.3.2.7. Cobertura

O estudo orçamentário relacionado a cobertura da edificação será realizado considerando as duas hipóteses descritas no item **4.3.2.2.4.**, que propõe duas possibilidades para a execução da cobertura, realizada em laje impermeabilizada (realizado com os aditivos correspondentes da cobertura) ou a realização da laje acrescida de um telhado em telha de fibrocimento e madeiramento.

Com isso, foi possível a construção de duas tabelas, a primeira apresenta a orçamentação para execução da laje maciça e a seguinte os processos correspondentes a execução do telhado em madeira e telha de fibrocimento para agregar a estrutura de laje.

Tabela 20: Orçamento para laje maciça

Nº	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE	VAL. UNIT.	TOTAIS
1	LAJE				R\$17.746,67
1.1	ARMAÇÃO DE ESTRUTURAS DIVERSAS DE CONCRETO ARMADO, EXCETO VIGAS, PILARES, LAJES E FUNDAÇÕES, UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM.	KG	706,49	R\$12,02	R\$8.491,96
1.2	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO.	m³	3,96	R\$580,29	R\$2.295,05
1.3	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA E CIMBRAMENTO DE MADEIRA, 2 UTILIZAÇÕES.	m²	56,50	R\$123,18	R\$6.959,67
2	IMPERMEABILIZAÇÕES				R\$2.095,80
2.1	IMPERMEABILIZAÇÃO DE SUPERFÍCIE COM ARGAMASSA POLIMÉRICA / MEMBRANA ACRÍLICA, 3 DEMÃOS.	m²	60,00	R\$34,93	R\$2.095,80
	TOTAL				R\$19.842,47

Fonte: Autor

Tabela 21: Orçamento para execução do telhado (madeira e telha)

Nº	DESCRIÇÃO	UNID	QTDE	VAL. UNIT.	TOTAIS
1	COBERTURAS				R\$6.090,62
1.1	TELHAMENTO COM TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO E = 6 MM, COM RECOBRIMENTO LATERAL DE 1/4 DE ONDA PARA TELHADO COM INCLINAÇÃO MAIOR QUE 10°, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO IÇAMENTO.	m²	53,00	R\$45,86	R\$2.430,58
1.2	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR TERÇAS PARA TELHADOS DE ATÉ 2 ÁGUAS PARA TELHA ESTRUTURAL DE FIBROCIMENTO, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL.	m²	53,00	R\$22,48	R\$1.191,44
1.3	CUMEEIRA PARA TELHA DE FIBROCIMENTO ONDULADA E = 6 MM, INCLUSO ACESSÓRIOS DE FIXAÇÃO E IÇAMENTO.	m	20,00	R\$77,60	R\$1.552,00
1.4	CALHA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, DESENVOLVIMENTO DE 50 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL.	m	10,00	R\$91,66	R\$916,60
2	INSTALAÇÕES				R\$2.636,56
2.1	GRELHA DE FERRO FUNDIDO SIMPLES COM REQUADRO, 300 X 1000 MM, ASSENTADA COM ARGAMASSA 1 : 3 CIMENTO: AREIA - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	Unid	3,53	R\$442,77	R\$1.562,54
2.2	TUBO PVC, SÉRIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM CONDUTORES VERTICAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS.	m	10,29	R\$31,31	R\$322,31
2.3	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE R, ÁGUA PLUVIAL, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM CONDUTORES VERTICAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS.	Unid	10,00	R\$44,24	R\$442,40
2.4	FURO EM ALVENARIA PARA DIÂMETROS MAIORES QUE 75 MM.	Unid	1,18	R\$74,92	R\$88,11
2.5	FURO EM CONCRETO PARA DIÂMETROS MAIORES QUE 75 MM.	Unid	2,94	R\$43,09	R\$126,73
2.6	CHUMBAMENTO PONTUAL EM PASSAGEM DE TUBO COM DIÂMETRO MAIOR QUE 75 MM.	Unid	4,12	R\$22,95	R\$94,49
3	PINTURAS				R\$574,52
3.1	PINTURA IMUNIZANTE PARA MADEIRA, 1 DEMÃO.	m²	42,40	R\$13,55	R\$574,52
	TOTAL				R\$9.301,70

Fonte: Autor

4.3.2.8. Esquadrias

Assim como a fundação e serviços preliminares, pisos e cobertura, as esquadrias, também configuram um elemento fixo na tabela de orçamentação, uma vez que as portas e janelas serão invariáveis nas três configurações da edificação.

Para isso foi cotado os valores correspondentes ao valor do produto e da execução da instalação do mesmo, com isso foi possível quantificar os custos para as portas e janelas, conforme a Tabela 22.

Tabela 22: Orçamento das esquadrias

Nº	DESCRIÇÃO	UNID	ÁREA	VAL. UNIT.	TOTAIS
1	ESQUADRIAS				R\$7.601,00
1.1	JANELA DE ALUMÍNIO DE CORRER COM 2 FOLHAS PARA VIDROS (100X100 CM). FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	m ²	3,00	R\$422,03	R\$1.266,09
1.2	JANELA DE ALUMÍNIO (0,30 X 0,50 CM) TIPO MAXIM-AR. FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	m ²	0,30	R\$703,97	R\$211,19
1.3	KIT DE PORTA-PRONTA DE MADEIRA EM ACABAMENTO MELAMÍNICO BRANCO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	Unid	3,00	R\$931,71	R\$2.795,13
1.4	FECHADURA DE EMBUTIR COM CILINDRO FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO.	Unid	3,00	R\$250,21	R\$750,63
1.5	PORTA PIVOTANTE DE VIDRO TEMPERADO, 90X210 CM, ESPESSURA 10 MM, INCLUSIVE ACESSÓRIOS.	Unid	2,00	R\$1.288,98	R\$2.577,96

Fonte: Autor

4.3.3. Análise da viabilidade entre os três métodos propostos

Ao concluir todas as etapas consideradas na orçamentação da edificação modelo proposta, na qual foi realizado o estudo de viabilidade de três métodos construtivos, é possível determinar o método mais viável financeiramente.

A análise da hipótese complementar, que analisa a fabricação *in-loco*, é uma alternativa para os blocos estruturais e para os tijolos de solo cimento, ademais os principais agravantes desta prática, se torna o controle de qualidade e a disponibilidade da prensa dos tijolos e da forma dos blocos, portanto é preferível a compra em locais adequados por possibilitar uma garantia e certeza do padrão e qualidade.

Para isso, foi realizada uma comparação final dos critérios para determinar o valor final, levando em consideração os critérios fixos e variáveis da orçamentação. Como apresentado em destaque na Tabela 23, o critério de grande impacto no

orçamento é a execução das alvenarias e estruturas auxiliares, que apresenta de forma direta os principais impactos propostos pelo trabalho, da análise da viabilidade comparativa dos três métodos construtivos.

A execução da alvenaria utilizando blocos cerâmicos apresentou um aumento considerável por estar associado a grandes elementos estruturais, como pilares e vigas, que aumentaram significativamente o valor deste método. Diferente dos outros dois métodos que não utilizam estruturas auxiliares complexas na execução, o que reduz o custo desta etapa.

Tabela 23: Orçamento Final

SERVIÇO	BLOCO CERÂMICO	TIJOLO DE SOLO-CIMENTO	TIJOLO DE SOLO-CIMENTO C/ ACABAMENTO DE RESINA	BLOCO ESTRUTURAL
Fundação e preliminares	R\$ 12530,74	R\$ 12530,74	R\$ 12530,74	R\$ 12530,74
Pisos	R\$ 6.581,16	R\$ 6.581,16	R\$ 6.581,16	R\$ 6.581,16
Alvenaria e estruturas	R\$ 85.141,13	R\$ 58.092,77	R\$ 56.823,33	R\$ 51.590,97
Laje	R\$ 19.842,47	R\$ 19.842,47	R\$ 19.842,47	R\$ 19.842,47
Cobertura	R\$ 9.301,70	R\$ 9.301,70	R\$ 9.301,70	R\$ 9.301,70
Esquadrias	R\$ 7.601,00	R\$ 7.601,00	R\$ 7.601,00	R\$ 7.601,00
Total:	R\$ 140.998,20	R\$ 113.949,84	R\$ 112.680,40	R\$ 107,448,04

Fonte: Autor

A análise comparativa dentre os métodos tem como fator determinante a execução das alvenarias, uma vez que os demais processos foram fixados como padrão para a edificação. Na pesquisa de Carneiro (2023), o qual faz uma comparação de uma edificação construída com blocos cerâmicos e blocos estruturais de concreto, com aproximadamente 60m² para o estado de Goiás, em que apesar de uma pequena diferença o orçamento utilizando bloco estrutural se tornou mais viável financeiramente a construção com blocos cerâmicos.

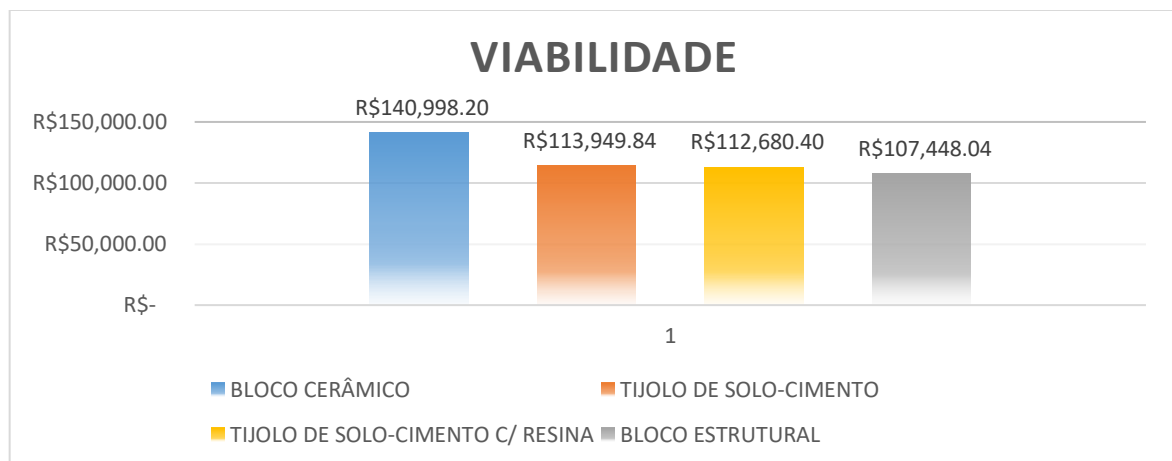
Como na pesquisa de Carneiro (2023) não há uma descrição dos serviços considerados na orçamentação, não é possível determinar quais fatores compõem o valor final desta etapa construtiva, o que impossibilita uma comparação direta com os valores obtidos neste trabalho, possibilitando apenas hipóteses de comparação, uma vez que muitos fatores diferem a depender do local e da etapas consideradas na construção.

Uma análise similar, na qual compara a produção dos três métodos construtivos é apresentada por Sousa e Alves (2021), no qual apresentam um estudo de orçamento que considera apenas os custos de execução e dos blocos utilizados para o estado de Goiás, mostra um comparativo de custos em que o método mais viável é o utilizando blocos cerâmicos, uma vez que não é considerado os elementos auxiliares na construção com função estrutural.

É possível notar também que o segundo método mais viável na pesquisa é o que utiliza blocos estruturais, o que valida a hipótese apresentada na comparação realizada neste trabalho.

Para uma análise visual e didática, foi realizada a construção de um infográfico que apresenta as informações correspondentes a cada método, bem como o valor final para cada um (Gráfico 1).

Gráfico 1: Orçamento



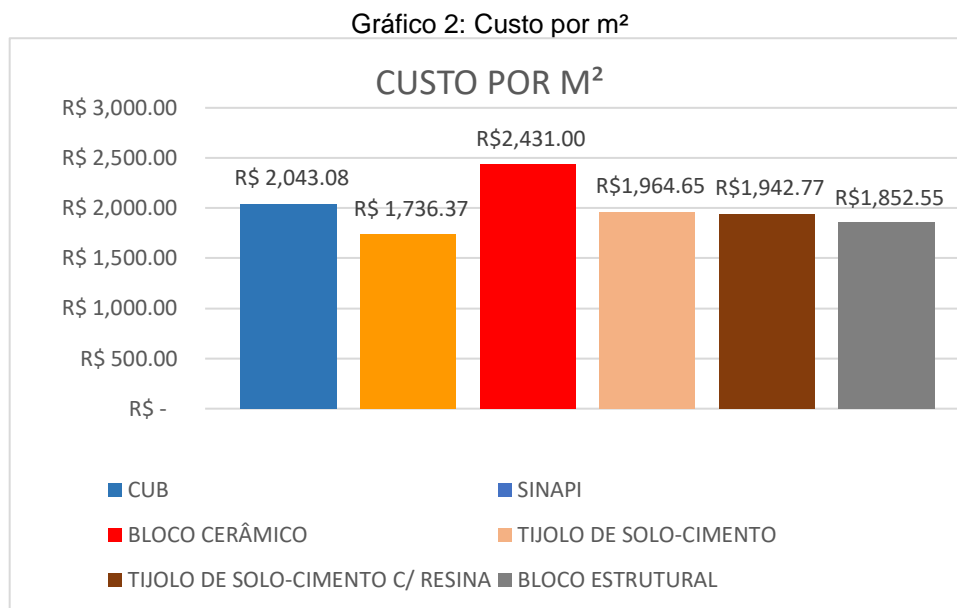
Fonte: Autor

Por fim, ao iniciar o processo de orçamentação, foi realizada a estimativa do valor mínimo para a edificação, utilizando o custo do metro quadrado na construção civil, disponibilizado pela SINAPI, onde chegou a um valor mínimo de R\$ 100.709,46, e de R\$ 118.498,64 baseado no valor do CUB. Ao realizar a orçamentação completa proposta pelo trabalho, é possível perceber que os valores foram superiores ao estimado pela SINAPI, tendo em vista que foram levantados critérios extras no processo que aumentaram o valor da edificação.

Com isso, é possível afirmar que o modelo construtivo mais viável financeiramente é utilizando os blocos estruturais para a construção, ademais é

indispensável outra análise aliada a monetária, o estudo de viabilidade buscando as vantagens e desvantagens da implementação dos métodos em novas edificações, assim como descritos no item 2.4., que lista as vantagens e desvantagens na utilização destes métodos conforme a literatura.

Ao final, foi possível determinar o valor do metro quadrado construído baseado no estudo realizado na pesquisa, com isso chegou-se aos seguintes valores (Gráfico 2).



Fonte: Autor

Ao realizar a comparação entre os valores obtidos para o metro quadrado construído, ao fazer ao correlacionar os custos entre os métodos, é possível analisar a redução no valor entre os métodos. A utilização de uma alvenaria com tijolo de solo-cimento em comparação com a de bloco cerâmico oferece uma redução de 19,09% no valor do metro quadrado construído. Ao fazer a mesma comparação entre o bloco estrutural de concreto simples e o bloco cerâmico, a redução se mostra em 23,69%.

Dentre os critérios apresentados que apresentam as vantagens e desvantagens operacionais aliadas à análise dos orçamentos entre os modelos estudados, evidencia-se que o método que utiliza as estruturas de blocos estruturais de concreto se mostrou o mais vantajoso para a região.

5. CONCLUSÃO

Na pesquisa foi realizada a análise bibliográfica e o estudo orçamentário que permitiu determinar o método construtivo mais viável financeiramente entre os sistemas com blocos cerâmicos de vedação, tijolos de solo-cimento e blocos estruturais de concreto simples. Após a análise detalhada dos custos associados a cada um desses métodos, foi constatado que o sistema com blocos estruturais de concreto simples é o mais econômico, com um valor de 1852,55 para o metro quadrado construído de edificação, cerca de 24% de economia em relação ao método de bloco cerâmico, o mais comum na região.

Esta conclusão baseia-se na característica dos blocos estruturais que dispensam a necessidade de estruturas auxiliares complexas, como pilares e vigas, indispensáveis no sistema com blocos cerâmicos de vedação, utilizando apenas pontos de reforço com barras de aço e graute, o que resulta em uma significativa redução dos custos totais da obra.

Apesar da viabilidade financeira comprovada do uso de blocos estruturais de concreto simples, e também do potencial econômico do tijolo de solo-cimento, ambos os métodos ainda enfrentam desafios significativos no mercado. A utilização desses materiais inovadores não está consolidada, o que resulta em uma percepção social de desvalorização. Essa resistência do mercado pode ser atribuída principalmente à falta de informações adequadas e ao desconhecimento das vantagens técnicas e econômicas desses sistemas construtivos alternativos.

A realização de pesquisas científicas, como essa, possibilita uma fonte de informação e pesquisa, fator que possibilita a inserção destas propostas no mercado e muda a visão do público, em geral. Com isso, este estudo não só identifica a solução mais viável economicamente, como também destaca a necessidade de um esforço contínuo para superar barreiras culturais e informacionais, visando à inovação e à sustentabilidade no setor da construção civil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONSTRUÇÃO INDUSTRIALIZADA. **Manual técnico de alvenaria**. São Paulo: ABCI/Projeto, 1990.

ABBAS, S. et al. **Production of sustainable clay bricks using waste fly ash: Mechanical and durability properties**. *Journal of Building Engineering*, [s. l.], v. 14, p. 7-14, 2017.

ABCP, E. **Alvenaria - Metodologia de Execução**, 2016. *Disponível em:* <https://abcp.org.br/alvenaria-metodologia-de-execucao/>. Acesso em: 9 mar. 2024.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria: métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.520: informação e documentação – apresentação de citações em documentos**. Rio de Janeiro, 2001.

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 12721:2006 Versão Corrigida 3, 2021: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13438: Blocos de concreto celular autoclavado**. Rio de Janeiro, 2013. 5 p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531: Elaboração de projetos de edificações - Arquitetura**. Rio de Janeiro, 1995.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15270-1: componentes cerâmicos; parte 1: blocos cerâmicos para alvenaria de vedação, terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: Edifícios Habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE**. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria - Requisitos**. 2016.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491: Tijolo maciço de solo-cimento**. Rio de Janeiro, 2012.

AGUIAR, C. M. et al. **Processos de fabricação de cerâmica vermelha**. 2022.

ALVENARIA vai predominar no Minha Casa, Minha Vida – Cimento Itambé. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/alvenaria-vai-predominar-no-minha-casa-minha-vida/>. Acesso em: 8 jun. 2024.

AMBROZEWICZ, P. H. L. **Materiais de construção: normas, especificações, aplicações e ensaios de laboratório.** São Paulo: PINI, 2012.

ARAÚJO, M. H. M.; DE SOUSA JUNIOR, R. R.; DE CARVALHO SANTOS, L. **Estudo comparativo entre os métodos do tijolo ecológico e do bloco cerâmico na construção sustentável de residências populares no Brasil.** *Revista da FAESF*, v. 5, n. 1, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). **Alvenaria Estrutural - Passo a Passo.** São Paulo: ABCP, 2012.

Associação Brasileira de Construção Industrializada. **Manual Técnico de Alvenaria.** São Paulo: ABCI/Projeto (1990).

BAIA, D. V. S. **Uso de ferramentas BIM para o planejamento de obras da construção civil.** 2017.

BARBOSA, E. M. L. **Análise comparativa entre alvenaria em bloco cerâmico de vedação e dry wall.** *Revista Especialize Online IPOG*, edição 10, 2015.

BAUER, F. L. A. **Materiais de Construção 2.** 5 ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2013.

BOLETIM TÉCNICO PRÁTICA RECOMENDADA ALVENARIA ARMADA DE BLOCOS DE CONCRETO BT-108. Disponível em: https://abcp.org.br/wp-content/uploads/2016/01/BT-108_Alvenaria_armada_blocos_PR.pdf. Acesso em: 14 maio. 2024.

BRAGA, W. A.; SANTOS, M. W. L. C.; SALES, J. C. **Qualidade na indústria de cerâmica vermelha: medidas e alternativas para o controle dimensional.** *Cerâmica Industrial*, v. 21, n. 5-6, p. 40-43, 2017.

BRASIL. Controladoria-Geral da União. AGENCIA GOV, **CONHEÇA as regras do Minha Casa, Minha Vida, maior programa de habitação do Brasil.** 2024. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202404/conheca-as-regras-do-minha-casa-minha-vida-maior-programa-de-habitacao-do-brasil>. Acesso em: 15 maio 2024.

CAMACHO, J. S. **Contribuição ao estudo de modelos físicos reduzidos de alvenaria estrutural cerâmica.** 1995. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo. Acesso em: 09 mar. 2024.

CAMPOS, R. F. F.; WEBER, E.; BORGA, T. **Análise da eficiência do tijolo ecológico solo-cimento na construção civil.** *IGNIS Periódico Científico de Arquitetura e Urbanismo Engenharias e Tecnologia de Informação*, 2017.

CARNEIRO, E. V.; SANTOS, W. K. A. dos. **Análise comparativa: alvenaria estrutural em blocos de concreto e alvenaria convencional em blocos cerâmicos.** 2023. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Escola Politécnica e de Artes, Goiânia-GO, 2023.

CAVALHEIRO, O. P. **Alvenaria estrutural em destaque. Alvenaria estrutural: tão antiga e tão atual.** *Jornal da ANICER*, Porto Alegre, p. 5, 31 jul. 1998.

Cavalheiro, O. P., **Notas de aula: Alvenaria estrutural tão antiga e tão atual**, 2018. Disponível em: https://anicerpro.com.br/wpcontent/uploads/2018/04/Alvenaria-Estrutural_T%C3%A3o-antiga-e-t%C3%A3o-atual_cavalheiro1.pdf

CUB/m² | CBIC. Disponível em: <http://www.cub.org.br/cub-m2-estadual/PE/>. Acesso em: 4 ago. 2024.

DE MIRANDA, G. A. et al. **Análise comparativa do custo entre o tijolo solo-cimento e o bloco cerâmico na construção civil.** *RECIEC-Revista Científica de Engenharia Civil*, v. 5, n. 02, p. 158-174, 2022.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Órgão: Ministério das Cidades/Gabinete do Ministro. Portaria MCID nº 725, de 15 de junho de 2023.** [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://autogestao.unmp.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Portaria725-Especificacoes-MCMV.pdf>. Acesso em: 15 maio 2024.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. **Página 5 do Diário Oficial da União - Seção 1, n. 65, de 03 abr. 2020 - Imprensa Nacional.** Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=03/04/2020&jornal=515&pagina=5&totalArquivos=146>. Acesso em: 28 fev. 2024.

DO, P. **Panorama do Censo 2022.** Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/?utm_source=ibge&utm_medium=home&utm_campaign=portal. Acesso em: 09 mar. 2024.

FIGUEROLA, V. **Alvenaria de solo-cimento.** *Téchne*, São Paulo: PINI, n. 85, p. 30-35, Abril, 2004.

FRAGMAQ – INDÚSTRIA E COMERCIO DE MÁQUINAS. **Vantagens e desvantagens do tijolo ecológico**, 2014. Disponível em: <https://www.fragmaq.com.br/tijolo-ecologico/>. Acesso em: 09 mar. 2024.

GOMES, J. H. D.; NETO, A. F. B.; SALOMÃO, P. E. A.; SANTIAGO, A. N. O. **Análise comparativa do sistema construtivo de alvenaria convencional e**

sistema construtivo de alvenaria estrutural em uma casa térrea em Teófilo Otoni, 2018.

IBDA- INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA. **Tipos de sistemas construtivos para casas**, 2015. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=957>. Acesso em: 08 mar. 2024.

IBGE. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Pesquisas por Amostra de Domicílios. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua - PNAD Contínua** - 2023.

KALIL, S., M.; PUCRS-PROFA. **Alvenaria estrutural**, 2007. Disponível em: https://www.politecnica.pucrs.br/professores/soares/Topicos_Especiais_Estruturas_d_e_Madeira/Alvenaria.pdf.

MAIORIA dos brasileiros tem casa própria, mas 13,5% sem documentação. Metrôpoles. Disponível em: <https://www.metropoles.com/brasil/maioria-tem-casa-propria-mas-135-nao-possuem-documentacao-diz-ibge>. Acesso em: 23 fev. 2024.

MANZIONE, L. **Projetos e Execução de Alvenaria Estrutural**. Editora Nome da Rosa, 2007.

MATTOS, ALDO D. **Como preparar orçamentos de obras**. São Paulo: Pini, 2019a.

MATTOS, ALDO D. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini, 2019b.

MINHA CASA, MINHA VIDA - FAIXA I - CAIXA. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/faixa-i/Paginas/default.aspx>.

MOHAMAD, G.; MACHADO, D. W. N.; JANTSCH, A. C. A. **Alvenaria estrutural: construindo conhecimento**. 1ª Ed. São Paulo: Blucher. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni, 2018.

MORETT, H. T. **A importância da inserção dos sistemas construtivos de solo-cimento no processo de industrialização da construção**. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

MOTTA, J. C. S. S. et al. **Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis**. e-xacta, v. 7, n. 1, p. 31, maio 2014.

PEREIRA, A. R.; ALENCAR, E. A. B. **Análise do uso das novas tecnologias na construção civil**. Artigo apresentado no Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Norte – Uninorte, 2019.

SANTIN, E. **Solo-cimento**, 2009. Disponível em: <https://abcp.org.br/solo-cimento/>. Acesso em: 9 mar. 2024.

SANTOS, A. de P. L.; GARCIA, L. E.. **Orçamento executivo como ferramenta do processo de planejamento e controle de custos de obras públicas**. Revista – Gestão e Políticas Públicas, p.42-67, 2012 Acesso: 07 de nov. de 2024.

SILVEIRA, A. **Estabilização de solos com cimento – síntese de notas de aula**. EESC – USP, 1966. Publicação 128, p. 1-44.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Disponível em: <<https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 18 dez. 2024.

SISTEMA Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil | IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9270-sistema-nacional-de-pesquisa-de-custos-e-indices-da-construcao-civil.html?=&t=destaques>. Acesso em: 3 jun. 2024.

SOARES, G. V. **Elaboração do orçamento de uma residência unifamiliar utilizando a metodologia bim para a extração dos quantitativos**. 2021.

SOUSA, K. W. R.; ALVES, V. D. **Análise comparativa de produtividade e custos das alvenarias: em solo-cimento, blocos cerâmicos e estrutural em habitação popular**. 2021.

SOUZA, M. I., PEREIRA, J. A.; SEGANTINI, A. A. S. **Tijolos solo-cimento com resíduos de construção**. *Revista Técnica*, São Paulo, n. 113, ago. 2006.

TAIGY, A. C. **Perfil das inovações tecnológicas na construção civil sub-setor edificações em João Pessoa**. 1991. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 1991.

VIEIRA, G. I. F. et al. **Verificação da qualidade dos blocos cerâmicos conforme NBR 15270 em Serra Talhada-PE e região**. *Revista Semiárido De Visu*, v. 12, n. 3, p. 1525-1540, 2024.

YEMAL, J. A.; TEIXEIRA, N. O.; NÃÃS, I. A. **Sustentabilidade na Construção Civil**. In: *3rd International Workshop Advances in Cleaner Production*, 2011.

Zaccaron, A., Nandi, V. S., & Bernardin, A. M. (2020). **Fast drying for the manufacturing of clay ceramics using natural clays**. *Journal of Building Engineering*.