



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA - UEPB
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE - CCTS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL – DEC

ERYCLAPTON GOMES ARAÚJO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM UMA
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR: ESTUDO DE CASO DO CUSTO-BENEFÍCIO DO
SISTEMA EM ALVENARIA ESTRUTURAL E ALVENARIA CONVENCIONAL.**

ARARUNA

2022

ERYCLAPTON GOMES ARAÚJO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM UMA
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR: ESTUDO DE CASO DO CUSTO-BENEFÍCIO DO
SISTEMA EM ALVENARIA ESTRUTURAL E ALVENARIA CONVENCIONAL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Departamento de Engenharia Civil da
Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil

Área de concentração: Estruturas.

Orientadora: Karina dos Santos Fernandes de
Souza

ARARUNA

2022

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A663a Araujo, Eryclapton Gomes.

Análise comparativa de métodos construtivos em uma residência unifamiliar: estudo de caso do custo-benefício do sistema em alvenaria estrutural e alvenaria convencional. [manuscrito] / Eryclapton Gomes Araujo. - 2022.

43 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2022.

"Orientação : Profa. Esp. Karina dos Santos Fernandes de Souza, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Análise de estrutura. 2. Gastos. 3. Economia. I. Título

21. ed. CDD 624.171

ERYCLAPTON GOMES ARAÚJO

**ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM UMA
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR: ESTUDO DE CASO DO CUSTO-BENEFÍCIO DO
SISTEMA EM ALVENARIA ESTRUTURAL E ALVENARIA CONVENCIONAL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Departamento de Engenharia Civil da
Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil

Área de concentração: Estruturas.

Orientadora: Karina dos Santos Fernandes de
Souza.

Aprovado em: 01 de Dezembro de 2022

BANCA EXAMINADORA

Karina dos Santos F. Souza

Prof. Bel. Karina dos Santos Fernandes de Souza (Orientadora)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Lays Raianne Azevedo da Costa

Prof. Me. Lays Raianne Azevedo da Costa (Examinadora Interna)

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Diego de Paiva Bezerra

Prof. Bel. Diego de Paiva Bezerra (Examinador Externo)

Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por nunca ter desistido de mim, mesmo quando eu acreditei que eu não era mais capaz, e ele me capacitou.

Aos meus pais, minha irmã e a minha família que fizeram com que esse sonho se tornasse realidade me apoiando e acreditando que eu daria o meu melhor. Por todo amor e dedicação a mim, e principalmente por serem meu maior incentivo.

A família Ribeiro e Fernandes, que abriu as portas e me acolheu em todos os momentos que eu precisei longe da minha família, se tornando de fato a minha segunda família.

A minha namorada, Tallyne Ribeiro, que sempre me acalmou em momentos de pressão, esteve ao meu lado durante 4 anos, e fez com que eu tivesse um motivo para seguir.

Aos meus amigos da universidade, Alexandre Pimenta, Arthur Lima, Ben Hur, Carlos Henrique, Eugenio Pacelli, João Vitor Guedes, Joel Victor e Thaisa Montenegro, que por muitas vezes deram as mãos para poder prosseguir mais firme na graduação.

Ao meu grupo de estudos, Alex Guedes, Luiza Paulino e Maria Ana, que auxiliava um aos outros para que ninguém ficasse para trás durante todo o curso, mesmo com todas as adversidades.

A todos que dividiram momentos felizes e tristes comigo na mesma casa, Diego Paiva, Everlan Duarte, Jeferson Araujo, Karina Fernandes, Lucas Delfino, Matheus Fellipe e Rodrigo Freire servindo de válvula de escape para todas as preocupações existentes.

Aos meus amigos de infância, Argemiro Neto, Phelipe Cavalcante, Vamberson Silva e Vanilson Santos, pela admiração e apoio que tiveram para comigo, para que eu não desistisse e fosse mais forte até o fim.

Aos meus amigos de Araruna, Diógenes Diniz, Edmilson Ribeiro, Gustavo Targino, Halan Fernandes, Júlio Rodrigues, Júnior Bernardo, Mauro Ponciano, Senna Macêdo, Thomas Kauam e Yan Victor, por todo apoio quando precisei, e por todas as vezes que mesmo sem saber me fizeram esquecer das preocupações, me oxigenando para seguir em frente.

A todos que fazem parte da AN Construções, Jefferson Moura, Matheus Cassiano, Michaelson Macena, Remerson Oliveira, por toda contribuição na construção do meu conhecimento profissional, e pela amizade construída ao longo desse processo, em especial a Adonias Neto, o qual considero como pai na engenharia.

Dedico.

“Tu verás o fruto do teu penoso trabalho e
ficarás completamente satisfeito.”

Isaias 53:11

RESUMO

A construção civil sofre ao longo dos anos várias modificações, influenciadas por diversos fatores, que afetam diretamente o aumento da competição, e conseqüentemente o surgimento de novos concorrentes. Sob esse viés, é necessário que haja formas de otimizar os processos, e garantir um lucro satisfatório para assegurar a continuidade das empresas no mercado de trabalho. A presente pesquisa realizou uma análise comparativa dos sistemas construtivos de alvenaria convencional e alvenaria estrutural, identificando os custos dos materiais a serem utilizados em cada método, e os benefícios dos mesmos. A metodologia adotada na pesquisa consistiu na definição arquitetônica de um projeto residencial térreo unifamiliar, e posteriormente o projeto estrutural do mesmo foi desenvolvido em alvenaria estrutural, e alvenaria convencional, utilizando os softwares Eberyck e Revit, respectivamente, possibilitando realizar o levantamento quantitativo, e dimensionar os elementos utilizados em cada sistema, além de possibilitar a confecção de uma planilha orçamentária a respeito da diferença construtiva entre os dois métodos a serem analisados a partir da precificação dos materiais realizada no comércio da cidade de Guarabira-PB. A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que o método construtivo em alvenaria estrutural se torna mais eficiente, devido ao menor custo com materiais a serem utilizados, chegando a uma economia equivalente a 43,06% do custo relacionado ao sistema de alvenaria convencional, alinhado com um baixo índice de desperdício, e eficiência no tempo de construção, em relação ao sistema construtivo em alvenaria convencional.

Palavras-Chave: Construção civil. Gastos. Bloco de Vedação. Bloco Estrutural. Economia.

ABSTRACT

Civil construction has undergone several changes over the years, influenced by several factors, which directly affect the increase in competition, and consequently the emergence of new competitors. Under this bias, it is necessary to have ways of optimizing processes, and guaranteeing a satisfactory profit to ensure the continuity of companies in the labor market. This research seeks to carry out a comparative analysis of conventional masonry and structural masonry construction systems, identifying the costs of materials to be used in each method, and their benefits. The methodology adopted in the research consisted of the architectural definition of a single-family ground floor residential project, and later the construction of the same in structural masonry, and conventional masonry, using the Eberlyck and Revit software, respectively, making it possible to carry out the quantitative survey of materials, and to dimension the elements used in each system, in addition to enabling the preparation of a budget spreadsheet regarding the constructive difference between the two methods to be analyzed from the pricing of materials carried out in the commerce of the city of Guarabira-PB. From the results obtained, it was concluded that the constructive method in structural masonry becomes more efficient, due to the lower cost of materials to be used, reaching savings equivalent to 43.06% of the cost related to the conventional masonry system, aligned with a low rate of waste, and efficiency in construction time, in relation to the constructive system in conventional masonry.

Keywords: Civil construction. Costs. Structural masonry. Conventional masonry. Economy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de alvenaria convencional com paredes de vedação.	14
Figura 2 - Edifício residencial em alvenaria estrutural não-armada.	15
Figura 3 - Alvenaria estrutural armada.	16
Figura 4 - Residência unifamiliar construída em alvenaria estrutural parcialmente armada.	17
Figura 5 - Sistema de alvenaria estrutural com ponto de graute.	17
Figura 6 - Apresentação 3D da solução em abertura do tipo shaft e embutida para colunas hidráulicas.	18
Figura 7 - Ações permanentes diretas agrupadas.	20
Figura 8 - Ações variáveis consideradas conjuntamente.	21
Figura 9 - Valores dos fatores de combinação (ψ_0) e de redução (ψ_1 e ψ_2) para as ações variáveis.	21
Figura 10 - Peso específico aparente dos materiais de construção expresso em kN/m^3	22
Figura 11 - Fluxograma das atividades realizadas na pesquisa.	24
Figura 12 - Mapa geográfico da cidade de Guarabira-PB.	25
Figura 13 - Mapa conceitual do loteamento Rota do Alto.	26
Figura 14 - Planta baixa residência unifamiliar térrea.	26
Figura 15 - Vista 3D da modelagem do projeto arquitetônico.	27
Figura 16 - Modelagem do projeto estrutural fiada 01.	27
Figura 17 - Vista de planta dos pilares e vigamento baldrame no Revit.	28
Figura 18 - Modelagem da parede utilizada no projeto de alvenaria convencional.	29
Figura 19 - Lista de materiais e relação de aço utilizada na parede 1 do projeto estrutural.	29
Figura 20 - Execução de alvenaria de embasamento no método de alvenaria estrutural.	31
Figura 21 - Execução de residência em alvenaria convencional com presença de vigas e pilares.	31
Figura 22 - Detalhamento da parede 04 do projeto em alvenaria estrutural.	32
Figura 23 - Quantitativo de materiais do método em alvenaria estrutural.	33
Figura 24 - Vista 3D da concepção estrutural em concreto armado no Revit.	34
Figura 25 - Detalhamento das armaduras em alvenaria convencional.	34
Figura 26 - Vista 3D da superestrutura alinhada com a alvenaria de vedação e alvenaria de embasamento.	35
Figura 27 - Levantamento quantitativo de materiais para alvenaria convencional.	35
Figura 28 - Quantitativo de materiais do método em alvenaria convencional.	36
Figura 29 - Precificação de materiais no comércio da cidade de Guarabira-PB.	37
Figura 30 - Precificação de materiais em alvenaria estrutural.	37
Figura 31 - Precificação de materiais em alvenaria convencional.	38
Figura 32 - Tabela comparativa de consumo entre alvenaria estrutural e alvenaria convencional.	38
Figura 33 - Assentamento de bloco estrutural com o uso de palheta.	39

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Combinação normal do estado limite último	20
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo Geral	13
2.2 Objetivo Específico	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 Sistema estrutural convencional	14
3.2 Sistema de alvenaria estrutural	15
3.2.1 Alvenaria estrutural não armada.....	15
3.2.2 Alvenaria estrutural armada.....	16
3.2.3 Estrutura de alvenaria parcialmente armada.....	16
3.3 Cargas atuantes	18
3.3.1 Ações permanentes.....	19
3.3.2 Ações variáveis.....	19
3.3.3 Ações variáveis especiais.....	19
3.3.4 Ações variáveis normais.....	19
3.4 Análise orçamentária	22
4 METODOLOGIA	25
4.1 Caracterização da área de estudo	26
4.2 Concepção e modelagem arquitetônica e estrutural	28
4.3 Extração de quantitativos	30
4.4 Levantamento orçamentário	30
4.5 Avaliação comparativa	29
5 RESULTADOS	32
5.1 Consumo de materiais	32

5.1.1	Projeto em alvenaria estrutural.....	32
5.1.2	Projeto em alvenaria convencional.....	33
5.2	Precificação de materiais.....	36
5.3	Análise comparativa.....	37
6	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

A sociedade desde os primórdios possui a necessidade de estar abrigada para se sentir segura, essa situação faz com que a mesma crie sistemas construtivos para determinados fins, como: moradias individuais, alojamentos, comércios, entre outros. Com a sua modernização, além de analisar os materiais construtivos que apresentassem boas características de desempenho, também passou a ser importante a avaliação do custo-benefício. Segundo Nunes e Junges (2008), a busca pela redução de custos e aumento de eficiência, tem levado ao surgimento de estudos comparativos dos métodos construtivos.

Com o desenvolvimento da humanidade, a sociedade em cada época percebeu a existência padrões construtivos eficientes que atendiam a necessidade imediata da população, o que a levou a chegar ao método construtivo em alvenaria convencional, a qual conta com uma infraestrutura geralmente em pórticos de concreto armado ou de aço, e sua função é somente vedar e sustentar o próprio peso, sem funções estruturais, como determina a NBR 15270-1:05 a qual define a resistência a compressão mínima dos blocos cerâmicos, devendo ser de 1,5MPa.

“Os blocos cerâmicos para vedação constituem as alvenarias externas ou internas que não tem a função de resistir a outras cargas verticais, além do peso da alvenaria da qual faz parte.” (ABNT NBR 15270-1:2005, p. 6)

Apesar de ser um método moderno, a alvenaria estrutural tem origem pré-histórica, o que a torna um dos sistemas construtivos mais antigos da humanidade. As primeiras construções contavam com pedras ou tijolos cerâmicos seco ao sol, os quais apresentavam grandes dimensões e espessuras, principalmente devido ao desconhecimento a respeito das resistências dos materiais, impossibilitando o cálculo estrutural da edificação.

Entre os séculos XIX e XX, as obras de maior porte começaram a ser executadas com modelos mais racionais, porém, ainda com espessuras de alvenaria muito altas, a exemplo do clássico edifício Monadnock, construído em Chicago, EUA, contando com 16 pavimentos, 65 metros e altura, e paredes no térreo com espessura de 1,80 metros.

Segundo Cavalheiro (2016), por volta dos anos 50 começou a surgir normas que possibilitavam o uso adequado da alvenaria, tanto com relação as suas espessuras, quanto a sua resistência, através de cálculos mais racionais e experimentações laboratoriais principalmente na Suíça, acarretando no ressurgimento do sistema de alvenaria estrutural na Europa, quando foram construídos vários edifícios com alturas relevantes e paredes com altos índices de esbeltez.

Já os anos 60 e 70 ficaram marcados pelo desenvolvimento das pesquisas experimentais e aperfeiçoamento dos modelos matemáticos de cálculo, tanto para cargas permanentes, como para as variáveis e excepcionais.

Nos Estado Unidos, Reino Unido e na Alemanha, a alvenaria estrutural atinge altos níveis de cálculo, execução e controle de recursos, praticamente equivalentes aos parâmetros aplicados em estruturas de alvenaria convencional, seja de aço ou de concreto, principalmente devido ao seu modelo econômico e competitivo com os demais métodos, sendo de fácil industrialização, devido as dimensões reduzidas do bloco.

No Brasil, o uso da alvenaria estrutural é constatado ainda no período colonial, com o uso principalmente de pedra, tijolo de barro cru e taipa de pilão, e a técnica construtiva foi avançando ao longo do século XIX, que possibilitava construções com maiores vãos e mais resistentes à água, extinguindo a técnica da taipa de terra socada.

No século XX, mais precisamente no ano de 1966 foram construídos os primeiros edifícios em alvenaria estrutural armada no Brasil, no Conjunto Habitacional Central Parque da Lapa, em São Paulo, e após o sucesso da construção, foram construídos mais quatro edifícios com 12 pavimentos cada, no mesmo conjunto. Já a alvenaria estrutural não armada foi inaugurada no Brasil no ano de 1977 com a construção de um edifício de 9 pavimentos em blocos de sílico-calcário. Só na década de 80 os blocos cerâmicos de alvenaria estrutural são inseridos no mercado.

É possível aplicar o uso de alvenaria estrutural em habitações unifamiliares, edifícios multifamiliares ou comerciais de baixa e grandes alturas.

É comum a visualização de residências e edifícios sendo construídos com a alvenaria estrutural, onde a mesma serve de vedação e conta com paredes que sustentam outras cargas além do próprio peso. A NBR 6136-94 define que esses blocos precisam resistir a uma compressão mínima de 4,5MPa para se encaixar no grupo, podendo chegar até a resistências de 16MPa. Possibilitando suportar as variáveis solicitações existentes na estrutura.

Com essas definições, a alvenaria estrutural possui a vantagem de unir as etapas de estrutura e vedação da edificação, atendendo a todas as necessidades estruturais e de conforto.

A atual pesquisa teve por objetivo analisar a viabilidade financeira da utilização da alvenaria estrutural em uma residência unifamiliar, comparando com o método construtivo de alvenaria convencional, para a aplicação em campo.

2 OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Realizar uma análise comparativa do custo-benefício entre o sistema de construção em alvenaria convencional e alvenaria estrutural em uma residência popular na cidade de Guarabira, Paraíba.

2.2 Objetivo Específico

- Elaborar o levantamento quantitativo de materiais utilizados para cada sistema construtivo;
- Precificar os insumos construtivos na região de Guarabira, Paraíba;
- Comparar financeiramente os sistemas construtivos;
- Avaliar as vantagens e desvantagens dos modelos construtivos.

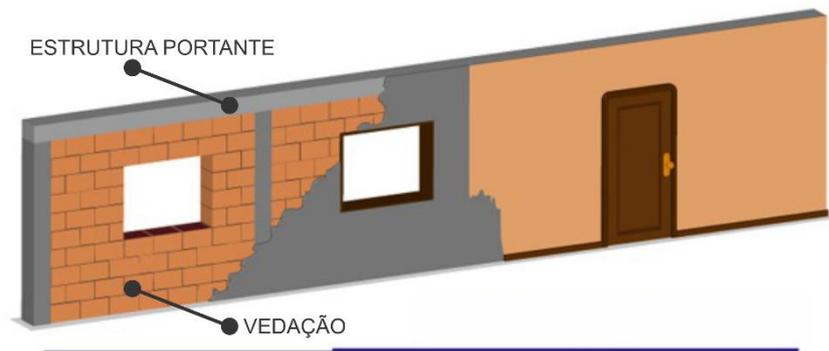
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Sistema estrutural convencional

Segundo Martins (2009), o sistema estrutural convencional é composto basicamente de elementos em concreto armado, pedras naturais, tijolos ou blocos unidos entre si, com ou sem argamassa de ligação, em fiadas horizontais que se repetem, e sobrepõem-se uma sobre as outras, formando um sistema de vedação rígido e coeso.

O conjunto dos elementos em concreto armado, como por exemplo, pilares, vigas e lajes, formam a estrutura que suporta todas as cargas provenientes da edificação, as quais recolhem todas as solicitações a que são expostas, e transferem diretamente para a fundação, sendo esta responsável por transmitir as cargas para o solo. Segundo Vasques e Pizzo (2014), as paredes são conhecidas como não-portantes, visto que não tem a função de assegurar as cargas provenientes da edificação.

Figura 1 - Sistema de alvenaria convencional com paredes de vedação.



Fonte: Astra (2016)

O sistema construtivo em alvenaria convencional de construção faz uso de barras de aço como armaduras da estrutura, as quais são posicionadas no interior das formas de concretagem e preenchidas com concreto em sua forma fresca, o que possibilita a variedade de formas de concretagem, e a resistência a grandes cargas (GISAH E THOMPSON, 2013).

A alvenaria hoje, é o principal elemento de vedação vertical, utilizado no Brasil, o fato de ser o sistema mais usual, deriva da questão cultural do construtor, que por muitas vezes cria um bloqueio a novas tecnologias construtivas (SIMAS, 2011).

A alvenaria por sua vez, não é dimensionada para resistir as cargas além de seu peso próprio, é utilizada somente com elemento de vedação vertical, responsável pela divisão interna dos ambientes, e fechamentos laterais da edificação como um todo.

Segundo Vasques e Pizzo (2014), na construção civil brasileira, ainda é predominante o uso do sistema convencional de estruturas, devido a sua enorme popularidade, e grande oferta de mão de obra qualificada, entretanto, o sistema se caracteriza pelo alto índice de desperdício, e baixo índice de produtividade, embora o Brasil apresente domínio sobre a tecnologia das construções tanto residenciais como industriais, possibilitando uma construção mais eficiente, com rapidez e qualidade.

3.2 Sistema de alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural é definida como uma estrutura em que todas as paredes funcionam como elementos portantes, unidos por argamassa, e compostos de alvenaria cerâmica ou de concreto, com a finalidade de resistir a outras cargas além do seu próprio peso (PRUDÊNCIO JR.; OLIVEIRA E BEDIN, 2002).

Segundo a NBR 10837:1989, a qual normatiza o cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, o sistema de alvenaria estrutural pode ser dividido em três categorias.

3.2.1 Alvenaria estrutural não armada

A NBR 10837:1989 descreve como: aquela construída com blocos vazados, e assentados com argamassa, contendo armaduras com finalidade construtiva ou de amarração, como vergas de portas e janelas, e contravergas de janelas, não sendo considerado na absorção dos esforços solicitados.

Figura 2 - Edifício residencial em alvenaria estrutural não-armada.



Fonte: ResearchGate (2012)

3.2.2 Alvenaria estrutural armada

A NBR 10837:1989 descreve como: aquela construída com blocos vazados, assentados com argamassa, e que certas cavidades são preenchidas continuamente com graute, contendo armaduras envolvidas o suficiente para absorver os esforços calculados, além daquelas armaduras com finalidade construtiva ou de amarração.

Figura 3 - Alvenaria estrutural armada.



Fonte: Lume-re-demonstração (2015)

3.2.3 Estrutura de alvenaria parcialmente armada

A NBR 10837:1989 descreve como: aquela em que algumas paredes são construídas, segundo as recomendações da alvenaria armada, com blocos vazados de concreto, assentados com argamassa, e que contém armaduras localizadas em algumas cavidades preenchidas com graute, para resistir aos esforços calculados, além daquelas armaduras com finalidade construtiva ou de amarração, sendo as paredes restantes consideradas não armadas.

Figura 4 – Residência unifamiliar construída em alvenaria estrutural parcialmente armada.



Fonte: Autoral (2022)

Ainda de acordo com Prudêncio JR.; Oliveira e Bedin (2022), em qualquer uma das categorias acima citadas, a alvenaria estrutural possui a dupla função de servir de suporte para as cargas calculadas, e servir de vedação para os ambientes construídos, e justamente por isso, a alvenaria pode tornar o custo de execução da obra menor, dependendo das características da edificação, como altura, tipo de uso, arranjo arquitetônico, entre outros.

Figura 5 – Sistema de alvenaria estrutural com ponto de graute.



Fonte: Habitismo (2014)

Tauil e Nesse (2010), ressaltam que a alvenaria estrutural é um modelo construtivo na teoria mais enxuto, pois o mesmo une várias etapas da construção em apenas uma, por atenderem tanto as necessidades de conforto e privacidade, separando os ambientes, como as

necessidades estruturais, visto que servem tanto para vedar os cômodos, quanto para portar as cargas calculadas na estrutura.

É importante salientar que não é recomendado o corte da parede para instalações hidrossanitárias e elétricas, podendo diminuir a resistência a compressão dos blocos, para isso, deve ser previsto em projeto um shaft, em caso de edifícios, ou encontrar soluções que impeçam o corte das paredes, como o uso de paredes separadas, passagem de dutos horizontais pelo piso ou pelo forro, ou utilização de vigas hidráulicas. Recomenda-se que as áreas molhadas estejam o mais próximo possível, de forma a agrupar todas as instalações. Os tubos e conduítes podem ser embutidos nos blocos, e sair do plano da parede através de um furo pontual para que haja o mínimo de invasão da parede (SANTANA, BATISTA, LIMA E ESPERANDIO, 2018).

Figura 6 – Apresentação 3D da solução em abertura do tipo shaft e embutida para colunas hidráulicas.



Fonte: Santana, Batista, Lima e Esperandio (2018).

3.3 Cargas atuantes

Para todo e qualquer projeto estrutural, é necessário um estudo preliminar de todas as cargas atuantes na estrutura, o que permite que seja possível dimensionar as vigas, pilares e fundações adequadas, a partir de uma determinada edificação, onde cada elemento possui suas peculiaridades e especificidades de execução e estrutura.

Segundo a NBR 6120:2019, as ações são definidas como causas que provocam esforços solicitantes que atuam sobre a estrutura, capazes de produzir ou alterar as deformações ou o estado de tensão nos elementos estruturais. Do ponto de vista prático, as forças e as deformações

impostas pelas ações são consideradas como se fossem as próprias ações são consideradas como se fossem as próprias ações.

A norma NBR 6120:2019 traz algumas definições a respeito das cargas/ações que devem ser consideradas para definição de um projeto estrutural:

3.3.1 Ações permanentes

Ações que atuam com valores praticamente constantes, ou com pequenas variações em torno de sua média, durante a vida da edificação ou que aumentam com o tempo, tendendo a um valor-limite constante. Vale salientar que parte desta ação corresponde ao peso próprio exclusivo da estrutura.

3.3.2 Ações variáveis

Ações cujo valores, estabelecidos por consenso, apresentam variações significativas em torno de sua média durante a vida da edificação. Seus valores possuem de 25% a 35% de probabilidade de serem ultrapassados no sentido desfavorável em um período de 50 anos (o que corresponde a um período médio de retorno de 174 a 117 anos, respectivamente). Em função da probabilidade de ocorrência durante a vida da edificação, as ações variáveis são classificadas como normais ou especiais.

3.3.3 Ações variáveis especiais

Ações transitórias com duração muito pequena em relação ao período de referência da edificação, tendo período de atuação e valores nominais normalmente bem definidos e controlados, sendo utilizados em verificações específicas, como a passagem de um veículo ou equipamento específico sobre uma parte da estrutura.

3.3.4 Ações variáveis normais

Ações variáveis com probabilidade de ocorrência suficiente grande para que sejam obrigatoriamente consideradas no projeto das estruturas de determinado tipo de edificação.

Ao obter todos os dados de ações existentes na estrutura, é necessário combina-las para o estado limite último (ELU), para que se obtenha um dado de carga que irá atuar na

determinada edificação. Dentre todas as combinações, a mais utilizada em dimensionamentos, é a combinação normal:

Equação 1 – Combinação normal do estado limite último

$$Fd = \sum \gamma gi Gi + \gamma q1 Q1 + \sum \gamma qj \psi 0j Qj$$

Fonte: NBR 8681:2003

Onde:

Fd = Valor da solicitação

γ = Coeficiente de majoração de ações

G = Ações permanentes

$Q1$ = Ação variável principal

Qj = Ação variável secundária

Ψ = Coeficiente de combinação de ações

Os coeficientes, tanto o de majoração de ações, quanto o de combinação de ações, também são determinados através da NBR 8681:2003, visando sempre favorecer a segurança da edificação.

Figura 7 – Ações permanentes diretas agrupadas.

Combinação	Tipo de estrutura	Efeito	
		Desfavorável	Favorável
Normal	Grandes pontes ¹⁾	1,30	1,0
	Edificações tipo 1 e pontes em geral ²⁾	1,35	1,0
	Edificação tipo 2 ³⁾	1,40	1,0
Especial ou de construção	Grandes pontes ¹⁾	1,20	1,0
	Edificações tipo 1 e pontes em geral ²⁾	1,25	1,0
	Edificação tipo 2 ³⁾	1,30	1,0
Excepcional	Grandes pontes ¹⁾	1,10	1,0
	Edificações tipo 1 e pontes em geral ²⁾	1,15	1,0
	Edificação tipo 2 ³⁾	1,20	1,0

¹⁾ Grandes pontes são aquelas em que o peso próprio da estrutura supera 75% da totalidade das ações.
²⁾ Edificações tipo 1 são aquelas onde as cargas acidentais superam 5 kN/m².
³⁾ Edificações tipo 2 são aquelas onde as cargas acidentais não superam 5 kN/m².

Fonte: NBR 8681:2003.

De acordo com a norma NBR 8681:2003, os coeficientes de ponderação “ γq ”, das ações permanentes majoram os valores representativos das ações permanentes que provocam efeitos desfavoráveis e minoram os valores representativos daquelas que provocam efeitos favoráveis para a segurança da estrutura.

Com relação ao coeficiente de majoração “ γq ”, a NBR 8681:2003 afirma que esses coeficientes majoram os valores representativos das ações variáveis que provocam efeitos desfavoráveis para a segurança da estrutura. As ações favoráveis que provocam efeitos favoráveis não são consideradas nas combinações de ações, admitindo-se que sobre a estrutura atuem somente parcelas de ações variáveis que produzam efeitos desfavoráveis.

Figura 8 - Ações variáveis consideradas conjuntamente.

Combinação	Tipo de estrutura	Coefficiente de ponderação
Normal	Pontes e edificações tipo 1	1,5
	Edificações tipo 2	1,4
Especial ou de construção	Pontes e edificações tipo 1	1,3
	Edificações tipo 2	1,2
Excepcional	Estruturas em geral	1,0

¹⁾ Quando as ações variáveis forem consideradas conjuntamente, o coeficiente de ponderação mostrado na tabela 5 se aplica a todas as ações, devendo-se considerar também conjuntamente as ações permanentes diretas. Nesse caso permite-se considerar separadamente as ações indiretas como recalque de apoio e retração dos materiais conforme tabela 3 e o efeito de temperatura conforme tabela 4.

Fonte: NBR 8681:2003.

Para os coeficientes de ponderação para as ações excepcionais, o coeficiente de ponderação “ γ^p ”, salvo indicação em contrário, expressa em norma relativa ao tipo de construção e de material considerados, deve ser tomado com o valor básico (1), segundo a NBR 8681:2003. Assim como os fatores de combinação, são elementos de ponderação minorativo, isso se explica pela improvável combinação da maior sobrecarga prevista de forma variável, e a maior sobrecarga prevista de forma excepcional em um mesmo instante, reduzindo assim o seu valor.

Figura 9 - Valores dos fatores de combinação (ψ_0) e de redução (ψ_1 e ψ_2) para as ações variáveis.

Ações	ψ_0	ψ_1	ψ_2 ^{3), 4)}
Cargas acidentais de edifícios			
Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas ¹⁾	0,5	0,4	0,3
Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevadas concentrações de pessoas ²⁾	0,7	0,6	0,4
Bibliotecas, arquivos, depósitos, oficinas e garagens	0,8	0,7	0,6
Vento			
Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura			
Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3
Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos			
Passarelas de pedestres	0,6	0,4	0,3
Pontes rodoviárias	0,7	0,5	0,3
Pontes ferroviárias não especializadas	0,8	0,7	0,5
Pontes ferroviárias especializadas	1,0	1,0	0,6
Vigas de rolamentos de pontes rolantes	1,0	0,8	0,5

¹⁾ Edificações residenciais, de acesso restrito.
²⁾ Edificações comerciais, de escritórios e de acesso público.
³⁾ Para combinações excepcionais onde a ação principal for sismo, admite-se adotar para ψ_2 o valor zero.
⁴⁾ Para combinações excepcionais onde a ação principal for o fogo, o fator de redução ψ_2 pode ser reduzido, multiplicando-o por 0,7.

Fonte: NBR 8186:2003.

Em caso de residências térreas projetadas em alvenaria estrutural, a carga suportada pela alvenaria, é definida pelo peso próprio da laje, contabilizando os elementos de cobertura, como: calha, telhado, rufo, platibanda e casa da caixa d'água; e pelo seu próprio peso. Segundo a NBR

6136-94, os blocos estruturais precisam resistir a uma compressão mínima de 4,5Mpa, para suportar as cargas que serão aplicadas, e posteriormente transferi-las para a fundação (geralmente feitas em sapata corrida) na forma de carga distribuída, o que difere da construção do tipo alvenaria convencional, que transmite as cargas de forma pontuais.

Figura 10 - Peso específico aparente dos materiais de construção expresso em kN/m³.

2 Blocos artificiais e pisos	Blocos de concreto vazados (função estrutural, classes A e B, ABNT NBR 6136)	14
	Blocos cerâmicos vazados com paredes vazadas (função estrutural, ABNT NBR 15270-1)	12
	Blocos cerâmicos vazados com paredes maciças (função estrutural, ABNT NBR 15270-1)	14
	Blocos cerâmicos maciços	18
	Blocos de concreto celular autoclavado (Classe C25 – ABNT NBR 13438)	5,5
	Blocos de vidro	9
	Blocos sílico-calcários	20
	Lajotas cerâmicas	18
	Porcelanato	23
	Terracota	21

Fonte: NBR 6120:2019.

Os blocos estruturais possuem peso específico normativos e bastante consideráveis, o que faz com que seja indispensável calcular as cargas permanentes devido ao peso próprio dos blocos a partir do quantitativo de blocos em m³ levantado diante do projeto em questão, visto que este peso atua diretamente na estrutura da edificação.

3.4 Análise orçamentária

A gestão de custos é um importante sistema de controle e medição de desempenho, capaz de indicar como a empresa está sendo conduzida em termos financeiros. Para que a gestão de custos seja efetiva, é fundamental que seja realizado a comparação entre os custos que foram incorridos em um determinado tempo, e os custos planejados para esse mesmo período. (GONÇALVES; CEOTTO, 2014).

A elaboração de orçamentos, em geral, tem sido feita de modo que os componentes do projeto do empreendimento sejam apurados e transcritos, manualmente, a partir de desenhos em 2D, o que dificulta a busca por informações.

A literatura aponta como uma possível solução para o processo de gestão de custos, a utilização do BIM 5D, o que possibilita a extração de quantitativos e precificação de materiais de forma automatizada. (STAUB-FRENCH *et al.*, 2003; SHEN; ISSA, 2016, ARAM; EASTMAN; SACKS, 2014).

Entretanto, é necessário alimentar o software BIM de informações a respeito dos valores de materiais, que podem ser obtidos de várias formas, entre elas as mais usuais:

- SINAPI: Plataforma inicialmente de responsabilidade do Banco Nacional de Habitação (BNH), atualmente da Caixa Econômica Federal, que tem como objetivo a produção com abrangência nacional de informações de custos e índices a serem utilizados pela construção civil. Em parceria com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o BNH delegou a função de produzir séries mensais de preços de insumos: materiais de construção e salário de mão de obra. Em 1986, com a extinção do BNH, a Caixa Econômica Federal assumiu as atribuições de manutenção da base técnica de engenharia do sistema (MARTINS, 2012).
- ORSE: Plataforma desenvolvida e mantida pela Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas de Sergipe (CEHOP) e pela Companhia de Saneamento de Sergipe (DESO), como o objetivo de atender as determinações contidas nos artigos 8º e 9º da Lei Estadual nº 4.189 de 28 de dezembro de 1999, que criou o Sistema Estadual de Registro de Preços para Obras e Serviços de Engenharia no Estado de Sergipe. Segundo o manual do ORSE, a plataforma destina a propiciar aos usuários executar a atividade de coleta de preços por meio eletrônico (ALMEIDA, 2009).

Entretanto, esses orçamentos se tornam genéricos quando comparados ao comércio local, devido à alta variabilidade de valores de insumos e mão de obra, ocasionado por fatores como: mão de obra qualificada, dificuldade de locomoção, fornecimento de insumos para as lojas de materiais de construção, ausência ou presença de fábricas de materiais cerâmicos, frete, demanda e oferta de materiais. Desta forma, se torna mais sensato, alimentar os valores de acordo com o comércio local, tornando o orçamento da residência mais preciso e real de acordo com a disponibilidade de compra.

4 METODOLOGIA

O conhecimento científico tem como principal característica a assertividade e precisão com relação a realidade, o que faz com que as ideias e os métodos utilizados sejam relevantes para o uso no cotidiano. Por isso, é necessário que se configure uma cronologia organizacional para a pesquisa, com a finalidade de alcançar os seus objetivos. A figura 11 representa o fluxograma das etapas realizadas na pesquisa.

Figura 11 – Fluxograma das atividades realizadas na pesquisa.



Fonte: Autor (2022).

Inicialmente, foi necessário definir o projeto arquitetônico, desenvolvido pelo escritório AN Construções, e o projeto estrutural desenvolvido pelo engenheiro civil João Bosco Vieira da Silva, para a construção da residência unifamiliar.

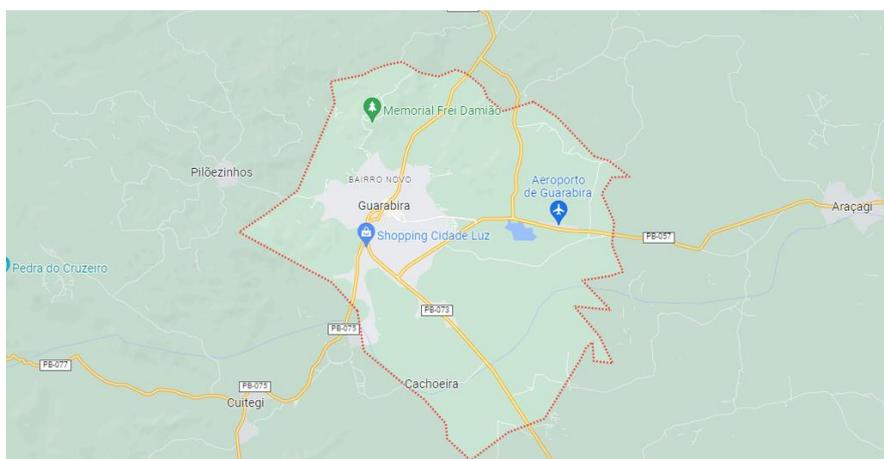
O projeto em alvenaria estrutural foi desenvolvido utilizando o software Revit, com produção autoral, a fim de levantar todos os quantitativos utilizados no projeto.

De posse de todos os quantitativos de ambos os métodos, foi realizado a precificação dos materiais utilizados no âmbito comercial de Guarabira-PB, a fim de produzir um orçamento mais compatível com a realidade da região, e possibilitar uma análise comparativa dos seus custos e benefícios.

4.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado em uma obra localizada na cidade de Guarabira, na Paraíba, cidade limitada ao norte com o município de Píripituba, ao sul com Mulungu e Alagoinha, a leste com Araçagi, a oeste com Pilõezinhos e Cuitegi, onde o município se contra a 97 metros de altitude. A cidade de Guarabira conta com aproximadamente 59.115 habitantes, de acordo com o IBGE (2020).

Figura 12 – Mapa geográfico da cidade de Guarabira-PB.

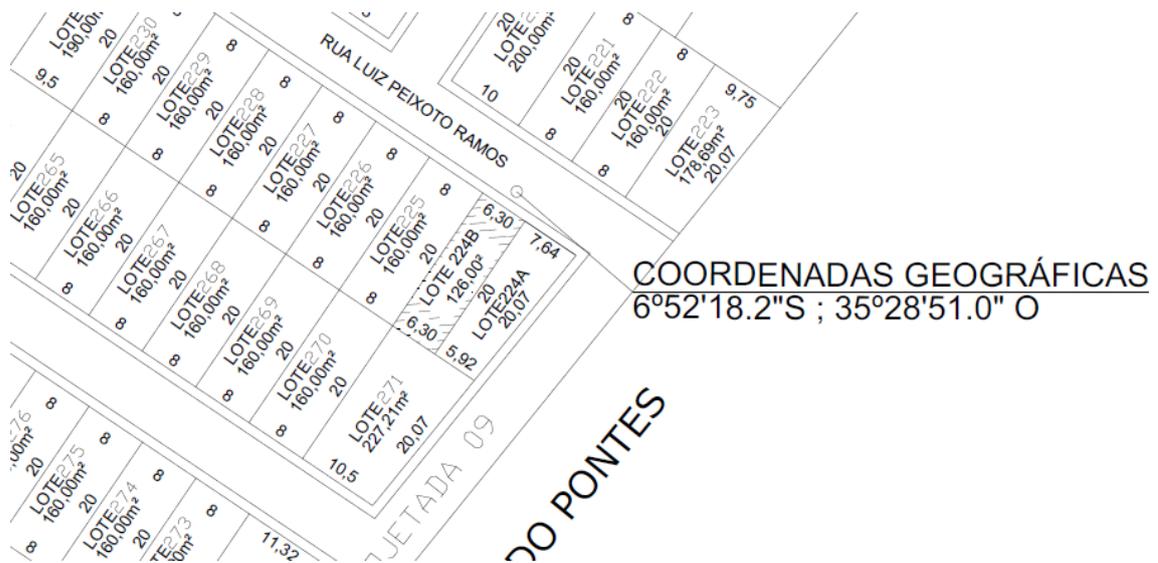


Fonte: Google Maps (2022).

Em Guarabira, a estação seca é de ventos fortes. Durante o ano inteiro é quente, opressivo e de céu parcialmente encoberto. Ao longo do ano, em geral, a temperatura varia de 21°C a 33°C, e raramente é inferior a 20°C ou superior a 35°C, segundo o Weather Spark (2022).

A obra será realizada no loteamento Rota do Alto rua Luiz Peixoto Ramos, lote 224A, da quadra 06, localizado nas coordenadas geográficas: 6°52'18.2"S ; 35°28'51.0" O.

Figura 13 – Mapa conceitual do loteamento Rota do Alto.



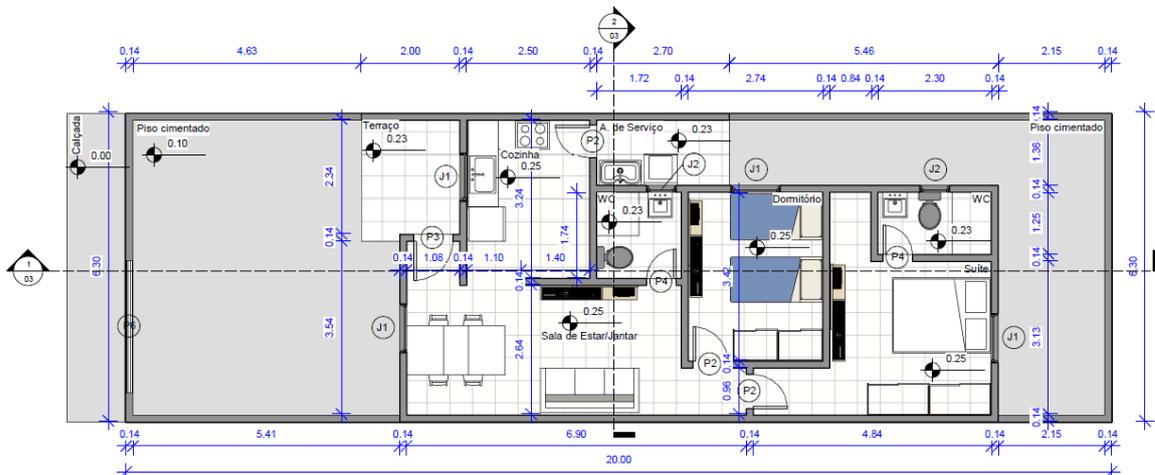
Fonte: Autor (2022).

O loteamento Rota do Alto encontra-se localizado na saída para João Pessoa, foi planejado no ano de 2017 com uma predominância de construção residencial térreo, e arquitetura padrão médio-baixo, visto que muitas residências foram vendidas no sistema Casa Verde e Amarela em operações com grande volume de unidades residenciais.

4.2 Concepção e modelagem arquitetônica e estrutural

A obra trata-se de uma residência térrea unifamiliar de 70,46m², encravada em um terreno de 6,30 metros de frente e fundos, e 20 metros de lateral esquerda e lateral direita. Incluindo: terraço, sala de estar/jantar, cozinha, área de serviço, wc social, dormitório 1, suíte e wc suíte.

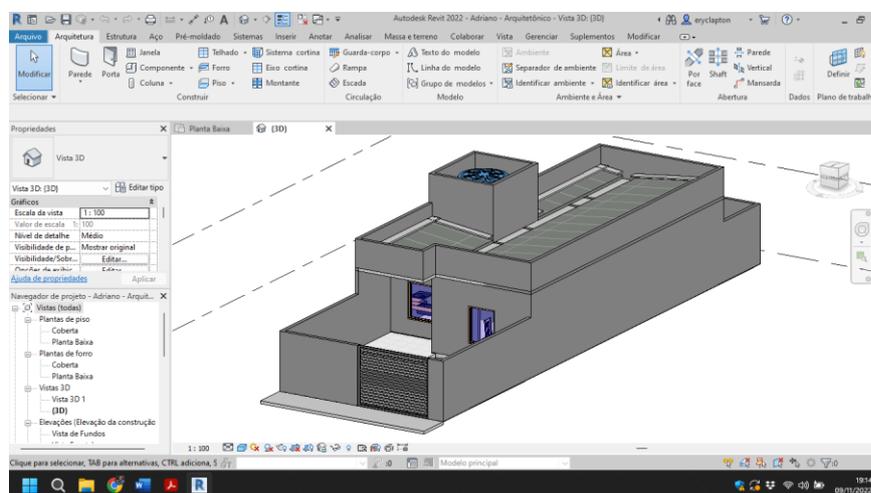
Figura 14 – Planta baixa residência unifamiliar térrea.



Fonte: Autoral (2022).

O projeto apresentado na figura 14 foi desenvolvido no software Revit, programa com a finalidade de modelagem de projetos construtivos e integração do modelo com informações e orçamentos, que conta com a tecnologia BIM (Modelagem de Informação da Construção).

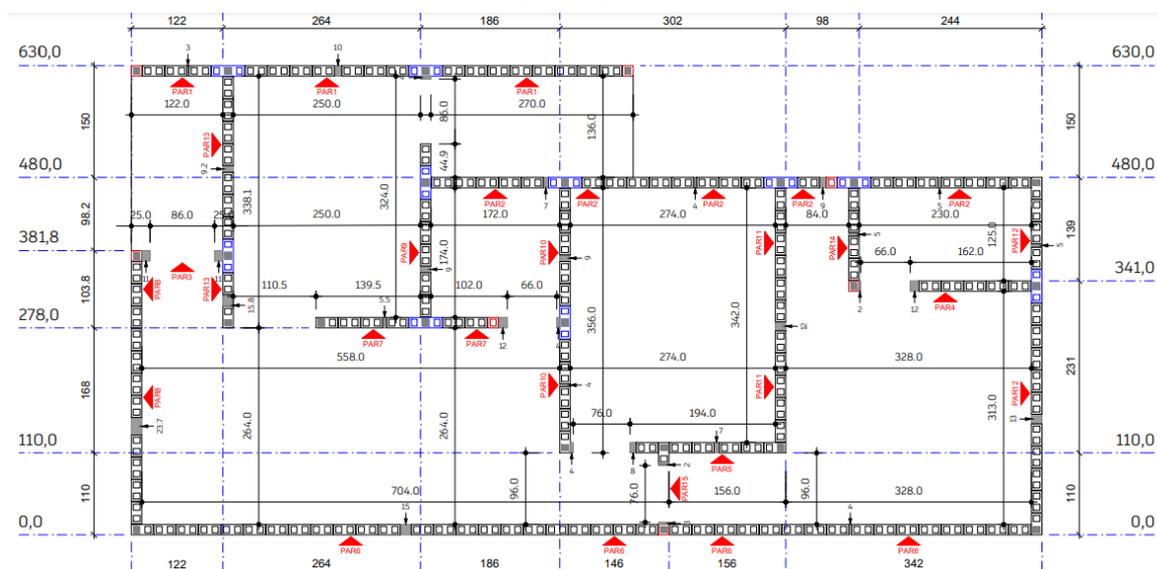
Figura 15 – Vista 3D da modelagem do projeto arquitetônico.



Fonte: Autorial (2022).

O projeto estrutural desenvolvido em alvenaria estrutural foi disponibilizado pelo engenheiro civil responsável pela obra Adonias da Costa Fernandes Neto, e idealizado pelo engenheiro civil João Bosco Vieira da Silva.

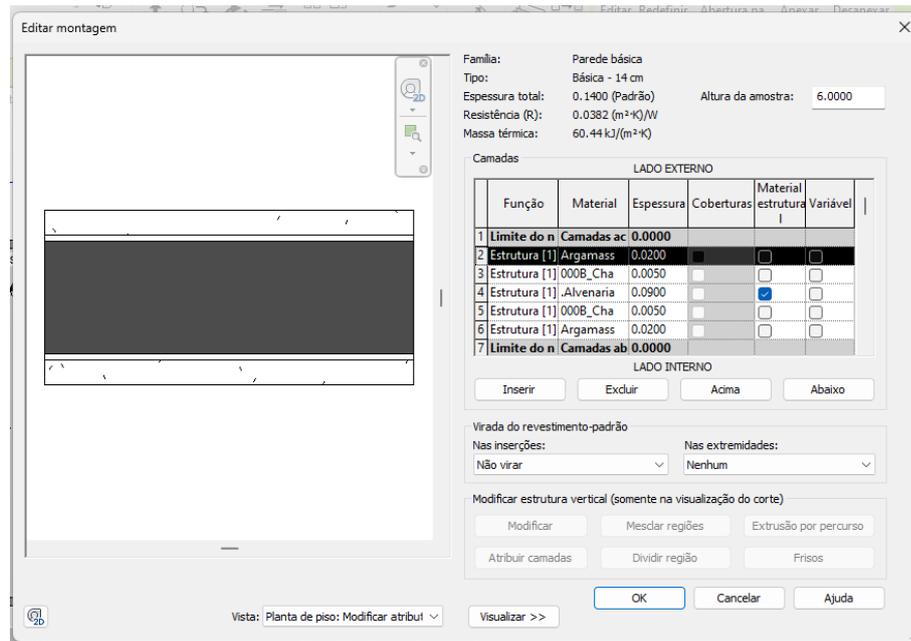
Figura 16 – Modelagem do projeto estrutural fiada 01.



Fonte: João Bosco (2022).

O projeto estrutural em alvenaria estrutural foi desenvolvido utilizando blocos cerâmicos vazados com paredes vazadas, utilizando os seguintes elementos: família de blocos inteiros com 14x29x19 (cm), meio bloco de 14x14x19, contrafiamento T, com blocos de 14x44x19, compensador com blocos de 14x29x07, armaduras com diâmetro de 10.0mm para aplicação dos grautes, e travamento das cintas, assim como execução de verga e contra-verga,

Figura 18 – Modelagem da parede utilizada no projeto de alvenaria convencional.



Fonte: Autoral (2022).

As espessuras utilizadas na modelagem levam em consideração o padrão dos tijolos de 8 furos utilizados para alvenaria de vedação, e o método de reboco utilizado na construtora responsável pela obra.

A extração de quantitativo de materiais do projeto em alvenaria estrutural foi realizado de acordo com o projeto estrutural disponibilizado pelo engenheiro civil João Bosco, o qual descreve todos os materiais utilizados em cada etapa de execução.

Figura 19 – Lista de materiais e relação de aço utilizada na parede 1 do projeto estrutural.

Lista de Materiais	
Argamassas e Grautes	
Argamassa de assentamento 3MPa	0.3 m³
Graute 15MPa	0.14 m³
Blocos cerâmicos (Parede vazada)	
Familia 14x29x19 (3MPa)	
Canaleta J (14x29x19x07)	17 pç
Contrafiamento "T" (14x44x19)	14 pç
Inteiro (14x29x19)	269 pç
Meio bloco (14x14x19)	16 pç

Relação do aço

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA50	1	10.0	1	769	769
	2	10.0	4	298	1192

Fonte: João Bosco (2022).

O projeto em alvenaria estrutural conta com um total de 15 paredes, todas executadas com os materiais definidos anteriormente.

4.4 Levantamento orçamentário

O orçamento utilizado para cada material em específico foi realizado de acordo com o comércio local na cidade de Guarabira, Paraíba, comparando todos os preços, incluindo frete, em todos os comércios possíveis da cidade de Guarabira e na região circunvizinha.

4.5 Avaliação comparativa

A comparação se dará pelo custo de materiais específicos de cada método construtivo, em paralelo ao tempo de execução de cada modelo, o que interfere diretamente no custo da mão de obra ao longo da execução, além de todos os benefícios trazidos em cada uma das opções.

É fato que em ambos os métodos existem etapas em comum, o que significa que terá o mesmo custo material e de execução, como: fundação em sapata corrida, vigamento do tipo baldrame, verga e contraverga, laje, telhado, estrutura para a caixa de água, muro, reboco, instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias, louças, portas, revestimentos, pintura e acabamento.

Entretanto, existem etapas que se diferem nos métodos construtivos, para o método em alvenaria estrutural: a alvenaria de embasamento utiliza blocos estruturais, visto que não existem pilares para transferir a carga do vigamento baldrame; para a fundação, os tijolos de vedação são os próprios blocos estruturais; para combater a flambagem é previsto pontos de graute em pontos específicos da casa; e a cinta superior é executada utilizando canaletas do tipo U e J para serem concretadas junto com vergalhões de 10.0mm.

Figura 20 – Execução de alvenaria de embasamento no método de alvenaria estrutural.



Fonte: Autoral (2022).

Para o método construtivo em alvenaria convencional: a alvenaria de embasamento é confeccionada por tijolos cerâmicos comuns assentados de forma deitada, com a finalidade de vedar o vão entre a sapata corrida e o vigamento baldrame, visto que a transferência de carga entre estes é realizada através de pilares. É previsto a existência de pilares ao longo da casa para transferência de carga da laje para o vigamento baldrame, e o vigamento superior abafado com tábuas para execução de uma viga armada.

Figura 21 – Execução de residência em alvenaria convencional com presença de vigas e pilares.



Fonte: Autor (2022).

5 RESULTADOS

Neste capítulo, são apresentados os resultados referentes ao levantamento de quantitativo da alvenaria estrutural e custos de materiais correspondente a este sistema construtivo, e ainda, a concepção da mesma residência em alvenaria convencional, e os seus respectivos quantitativos e custos para a posterior comparação.

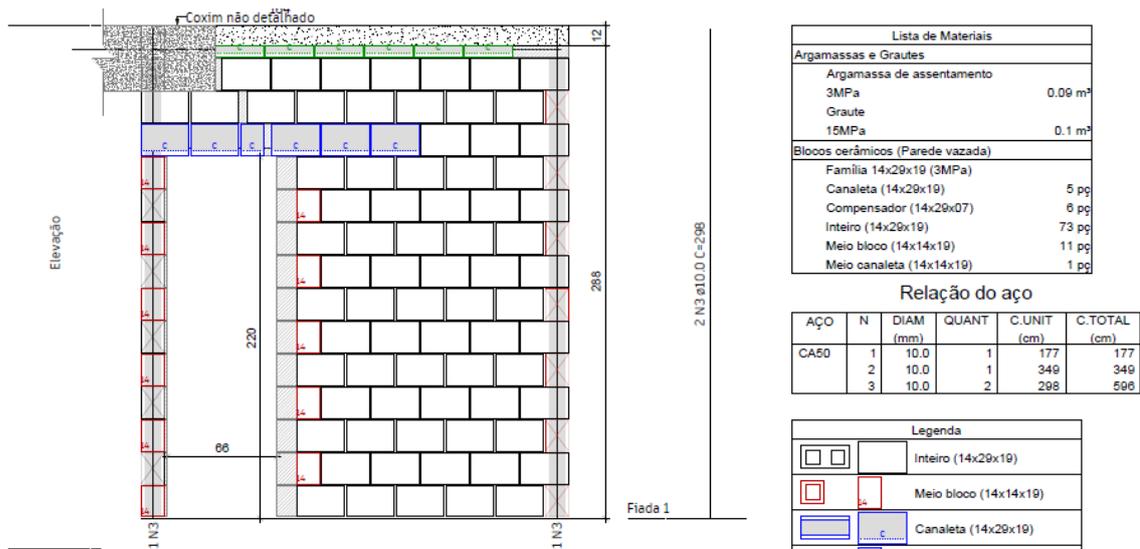
5.1 Consumo de materiais

A partir da concepção estrutural dos dois métodos a serem analisados, será calculado o consumo de materiais provenientes de cada método, possibilitando uma análise precisa do custo real de cada modalidade construtiva.

5.1.1 Projeto em alvenaria estrutural

Para a realização do levantamento quantitativo de materiais referente ao projeto em alvenaria estrutura, foi utilizado o projeto completo, no qual dispõe de listas referentes a cada parede, vigamento baldrame e cinta de amarração de toda a edificação, o que possibilita somar cara elemento e obter um quantitativo geral da edificação, a exemplo da figura 22.

Figura 22 – Detalhamento da parede 04 do projeto em alvenaria estrutural.



Fonte: João Bosco (2022).

De posse dos projetos e dados, foi possível a realização do somatório de materiais necessários para a execução da superestrutura da residência, chegando aos seguintes resultados:

Figura 23 – Quantitativo de materiais do método em alvenaria estrutural.

Alvenaria de Embasamento e Vigamento Baldrame			
Material	Quantidade	Unidade	Tipo
Aço 5.0mm	20	barras	CA50
Aço 8.0mm	34	barras	CA50
Argamassa de assentamento	0,461	m³	3MPa
Blocos estruturais inteiro	686	unidades	14x29x19
Canaleta U	229	unidades	U
Concreto	2,66	m³	25MPa
Cimento	20,48	sacos	CP2
Areia	2,414	m³	Média
Brita	1,936	m³	Média
Alvenaria de Elevação			
Material	Quantidade	Unidade	Tipo
Argamassa de assentamento	2,46	m³	3MPa
Concreto	2,24	m³	25MPa
Canaleta U	132	unidades	U
Canaleta J	84	unidades	J
Compensador	59	unidades	14x29x07
Contrafiamento "T"	74	unidades	14x44x19
Blocos estruturais inteiro	2113	unidades	14x29x19
Meio bloco	136	unidades	14x14x19
Meia canaleta	12	unidades	14x14x19
Aço 10.0	15,60	varas	CA50
Cimento	26,85	sacos	CP2
Areia	5,442	m³	Média
Brita	1,631	m³	Média

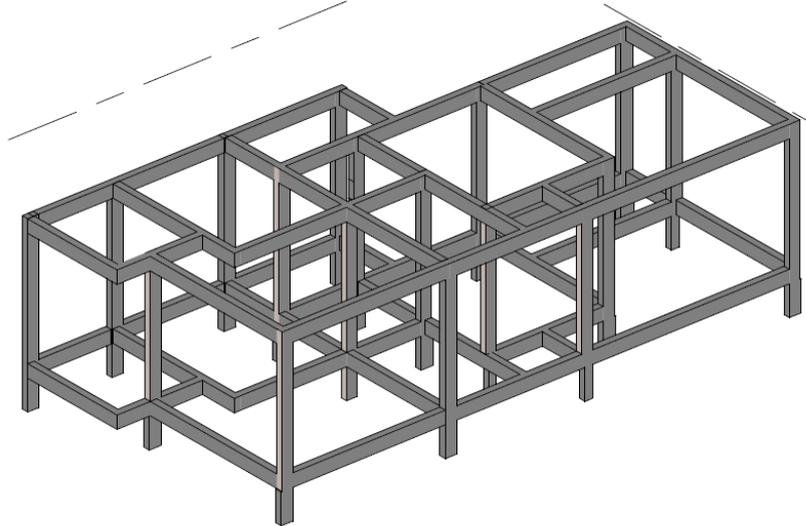
Fonte: Autoral (2022)

O projeto em análise disponibiliza o quantitativo de graute e de argamassa de assentamento em m³, assim como a sua resistência em MPa, o que possibilitou calcular a quantidade de cimento, areia e brita, a partir do traço específico para cada situação, em que para a argamassa foi utilizado o traço de 1:8 com uma resistência de 3MPa, e para o concreto, o traço de 1:5:5.9 com uma resistência de 25MPa.

5.1.2 Projeto em alvenaria convencional

A partir da arquitetura da residência em estudo, foi possível idealizar um modelo estrutural em concreto armado que atendesse as necessidades e as configurações da residência, possibilitando levantar o quantitativo de materiais a serem utilizados pelo sistema de alvenaria convencional como mostra na figura 24.

Figura 24 – Vista 3D da concepção estrutural em concreto armado no Revit.

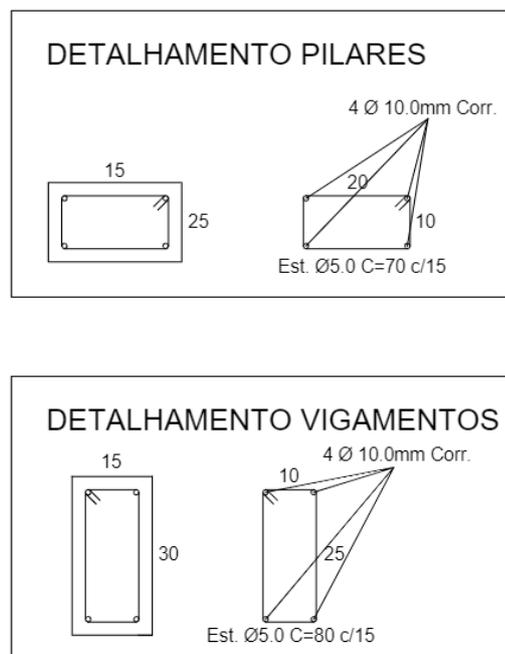


Fonte: Autoral (2022).

A concepção foi feita levando em consideração os aspectos mínimos da NBR 6118, o qual define a seção mínima do pilar como 360cm^2 , o que possibilitou configurar os pilares com dimensão de $15\text{cm} \times 25\text{cm}$. Os vigamentos foram configurados com 15cm de largura por 30cm de altura, visando facilitar a execução dos mesmos, visto que terá a mesma largura dos pilares.

A armadura utilizada no interior dos pilares e das vigas foram 4 barras corridas de 10.0mm com estribos de 5.0mm , como mostra o detalhamento na figura 24.

Figura 25 – Detalhamento das armaduras em alvenaria convencional.

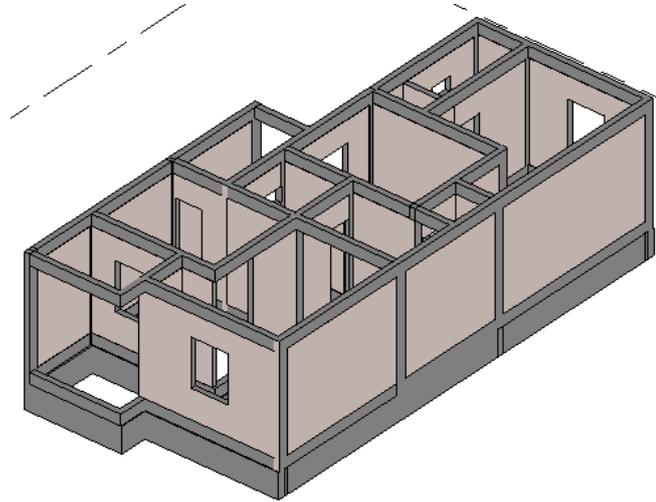


Fonte: Autoral (2022).

Além da estrutura, foi necessário produzir as paredes em alvenaria convencional e a alvenaria de embasamento, assim como a abertura dos vãos para receber as portas e janelas para

possibilitar o levantamento quantitativo de materiais de forma precisa a partir dos tipos de paredes, tudo isso em plena compatibilização com a superestrutura.

Figura 26 – Vista 3D da superestrutura alinhada com a alvenaria de vedação e alvenaria de embasamento.



Fonte: Autoral (2022).

A partir da concepção estrutural utilizando o Revit, a tecnologia BIM permite retirar informações a partir da modelagem dos elementos construtivos, fazendo com o projeto seja diretamente integrado com o quantitativo de materiais necessários para a realização da obra.

Figura 27 – Levantamento quantitativo de materiais para alvenaria convencional.

QUANTITATIVO DE MATERIAIS										
Família e tipo	Área	Volume	Tijolos Elevação	Tijolos Embasamento	Argamassa Embasamento	Argamassa Elevação	Aço 10.0 Pilares	Aço 10.0 Vigamentos	Aço 5.0 Pilares	Aço 5.0 Vigamentos
Parede básica: 14 Cm Casa	138.82 m ²		3817.478796			1.218123				
Parede básica: 14Cm Muro e Platimbanda	116.05 m ²									
Parede básica: Alvenaria de Embasamento	47.31 m ²			2602.205458	1.303468					
Parede básica: Pilar	18.36 m ²	2.75 m ³					289.916607		338.236042	
Parede básica: Vigamento Baldrame	19.76 m ²	2.96 m ³						263.492762		351.323683
Parede básica: Vigamento Superior	19.86 m ²	2.98 m ³						264.797389		353.063185

Fonte: Autoral (2022).

A partir do quantitativo, foi possível criar uma tabela em que transparece todos os materiais que seriam utilizados para reproduzir a residência no método de alvenaria convencional, incluindo a quantidade de areia, brita e cimento a partir do volume de concreto e de argamassa disponibilizado pelo software e a quantidade de Aço a ser utilizado em varas de 12m, como é comumente comercializado.

Figura 28 – Quantitativo de materiais do método em alvenaria convencional.

Alvenaria de Embasamento e Vigamento Baldrame			
Material	Quantidade	Unidade	Tipo
Tijolos	2603	unidades	19x19x09
Aço 10.0	21,96	varas	CA50
Aço 5.0	29,28	varas	CA50
Argamassa de assentamento	1,31	m ³	3MPa
Concreto	2,96	m ³	25MPa
Cimento	26,48	sacos	CP2
Areia	3,997	m ³	Média
Brita	2,155	m ³	Média
Alvenaria de Elevação			
Material	Quantidade	Unidade	Tipo
Tijolos	3817	unidades	19x19x09
Aço 10.0	46,23	varas	CA50
Aço 5.0	57,61	varas	CA50
Argamassa de assentamento	1,21	m ³	3MPa
Concreto	5,73	m ³	25MPa
Tábuas de abafar	107,7066667	m ²	Pinho
Cimento	45,14	sacos	CP2
Areia	5,556	m ³	Média
Brita	4,171	m ³	Média

Fonte: Autoral (2022).

A resistência adotada para o assentamento da alvenaria de embasamento foi de 3MPa, com um traço de 1:8, assim como uma resistência de 25MPa para o desenvolver dos pilares e vigamentos da residência, utilizando o traço de 1:5:5,9, possibilitando gerar o consumo de insumos para a execução dos mesmos.

5.2 Precificação de materiais

De posse de todos os materiais a serem utilizados em ambas as situações de construção, foi levantado o valor unitário dos insumos da região de Guarabira, levando em consideração o valor disponibilizado para construtores referente ao mês de novembro, resultando tabela informativa a seguir.

Figura 29 – Precificação de materiais no comércio da cidade de Guarabira-PB.

PRECIFICAÇÃO DE MATERIAIS			
Material	Valor Unitário	Unidade	Fonte
Aço 10.0mm	R\$ 55,00	Vara	Aço Brasil
Aço 5.0mm	R\$ 17,00	Vara	Aço Brasil
Aço 8.0mm	R\$ 38,00	Vara	Aço Brasil
Arame	R\$ 12,00	Kg	Aço Brasil
Areia	R\$ 50,00	m³	AP Extração de Areia
Bloco Estrutural Contrafiamento	R\$ 2,25	Unidade	Cecida Cerâmica
Bloco Estrutural Inteiro	R\$ 1,50	Unidade	Cecida Cerâmica
Bloco Estrutural Meio	R\$ 0,75	Unidade	Cecida Cerâmica
Brita	R\$ 112,50	m³	Gilau Construções
Canaleta J	R\$ 1,50	Unidade	Cecida Cerâmica
Canaleta U	R\$ 1,50	Unidade	Cecida Cerâmica
Cimento	R\$ 32,00	Saco	Jaime Vieira
Compensador	R\$ 0,75	Unidade	Cecida Cerâmica
Meia canaleta	R\$ 0,75	Unidade	Cecida Cerâmica
Prego	R\$ 14,00	Kg	Aço Brasil
Tábuas	R\$ 48,00	m²	Aço Brasil
Tijolos	R\$ 0,55	Unidade	Cecida Cerâmica

Fonte: Autoral (2022).

5.3 Análise comparativa

Com a precificação de materiais e os levantamentos quantitativos devidamente calculados, foi possível analisar o custo total das diferenças construtivas entre os dois métodos, possibilitando analisar qual o método mais eficiente e com o maior custo-benefício para a execução de uma residência unifamiliar.

Figura 30 – Precificação de materiais em alvenaria estrutural.

PRECIFICAÇÃO DE MATERIAIS ALVENARIA ESTRUTURAL							
Material	Quantidade	Unidade	Tipo	Valor Unitário	Fonte	Valor Total	Total
Aço 10.0mm	15,60	Varas	CA50	R\$ 55,00	Aço Brasil	R\$ 857,91	R\$ 9.986,31
Aço 5.0mm	20	Varas	CA50	R\$ 17,00	Aço Brasil	R\$ 340,00	
Aço 8.0mm	34	Varas	CA50	R\$ 38,00	Aço Brasil	R\$ 1.292,00	
Areia	7,856	m³	Média	R\$ 50,00	AP Extração de Areia	R\$ 392,80	
Bloco Estrutural Contrafiamento	74	Unidades	14x44x19	R\$ 2,25	Cecida Cerâmica	R\$ 166,50	
Bloco Estrutural Inteiro	2799	Unidades	14x29x19	R\$ 1,50	Cecida Cerâmica	R\$ 4.198,50	
Bloco Estrutural Meio	136	Unidades	14x14x19	R\$ 0,75	Cecida Cerâmica	R\$ 102,00	
Brita	3,567	m³	Média	R\$ 112,50	Gilau Construções	R\$ 401,29	
Canaleta J	84	Unidades	J	R\$ 1,50	Cecida Cerâmica	R\$ 126,00	
Canaleta U	361	Unidades	U	R\$ 1,50	Cecida Cerâmica	R\$ 541,50	
Cimento	47,33	Sacos	CP2	R\$ 32,00	Jaime Vieira	R\$ 1.514,56	
Compensador	59	Unidades	14x29x07	R\$ 0,75	Cecida Cerâmica	R\$ 44,25	
Meia canaleta	12	Unidades	14x14x19	R\$ 0,75	Cecida Cerâmica	R\$ 9,00	

Fonte: Autoral (2022).

É notório o alto valor dedicado a compra de blocos estruturais, sendo este o material de maior custo do método, isso se explica pela elevada quantidade de blocos necessários para se construir, alinhado com o preço unitário mais elevado com relação ao tijolo comum, devido a sua alta trabalhabilidade na industrialização, e também a sua elevada resistência.

Figura 31 – Precificação de materiais em alvenaria convencional.

PRECIFICAÇÃO DE MATERIAIS ALVENARIA CONVENCIONAL							
Material	Quantidade	Unidade	Tipo	Valor Unitário	Fonte	Valor Total	Total
Aço 10.0mm	68,18	Varas	CA50	R\$ 55,00	Aço Brasil	R\$ 3.750,04	R\$ 17.539,16
Aço 5.0mm	86,88	Varas	CA50	R\$ 17,00	Aço Brasil	R\$ 1.477,04	
Areia	9,553	m ³	Média	R\$ 50,00	AP Extração de Areia	R\$ 477,65	
Tijolos	6420	Unidades	14x44x19	R\$ 0,55	Çecida Cerâmica	R\$ 3.531,00	
Brita	6,326	m ³	Média	R\$ 112,50	Gilau Construções	R\$ 711,68	
Cimento	71,62	Sacos	CP2	R\$ 32,00	Jaime Vieira	R\$ 2.291,84	
Prego	5	Kg	2,5/10	R\$ 14,00	Aço Brasil	R\$ 70,00	
Arame	5	Kg	Recozido	R\$ 12,00	Aço Brasil	R\$ 60,00	
Tábuas	107,7066667	m ²	14x14x19	R\$ 48,00	Gigante da Madeira	R\$ 5.169,92	

Fonte: Autoral (2022).

A partir da Figura 31, é possível identificar o alto consumo de tábuas produzir as formas, que se dá diretamente pelo baixo índice de reaproveitamento das mesmas, alinhado a necessidade de moldar todos os vigamentos e pilares simultaneamente afim de reproduzir os elementos em um tempo curto, e atingir a máxima resistência do concreto em um mesmo período.

Figura 32 – Tabela comparativa de consumo entre alvenaria estrutural e alvenaria convencional.

TABELA COMPARATIVA					
ALVENARIA ESTRUTURAL			ALVENARIA CONVENCIONAL		
MATERIAIS	QUANTIDADE	VALOR TOTAL	MATERIAIS	QUANTIDADE	VALOR TOTAL
Aço 10.0mm	15,60	R\$ 857,91	Aço 10.0mm	68,18	R\$ 3.750,04
Aço 5.0mm	20,00	R\$ 340,00	Aço 5.0mm	86,88	R\$ 1.477,04
Aço 8.0mm	34,00	R\$ 1.292,00	Areia	9,55	R\$ 477,65
Areia	7,86	R\$ 392,80	Tijolos	6420,00	R\$ 3.531,00
Bloco Estrutural Contrafiamento	74,00	R\$ 166,50	Brita	6,33	R\$ 711,68
Bloco Estrutural Inteiro	2799,00	R\$ 4.198,50	Cimento	71,62	R\$ 2.291,84
Bloco Estrutural Meio	136,00	R\$ 102,00	Prego	5,00	R\$ 70,00
Brita	3,57	R\$ 401,29	Arame	5,00	R\$ 60,00
Canaleta J	84,00	R\$ 126,00	Tábuas	107,71	R\$ 5.169,92
Canaleta U	361,00	R\$ 541,50	-	-	-
Cimento	47,33	R\$ 1.514,56	-	-	-
Compensador	59,00	R\$ 44,25	-	-	-
Meia canaleta	12,00	R\$ 9,00	-	-	-
TOTAL		R\$ 9.986,31	TOTAL		R\$ 17.539,16

Fonte: Autoral (2022).

É perceptível a partir da tabela 11 um aumento bastante significativo com relação ao custo direto da obra no método de alvenaria convencional, visto que a diferença entre ambos é de R\$ 7.552,85, o equivalente a 43,06% do custo relacionado a alvenaria convencional. Vale ressaltar a economia com relação ao aço utilizado na construção, assim como a inexistência de

tábuas para abafar a concretagem o que torna o processo mais rápido e econômico, visto que as tábuas por muitas vezes possuem um índice de desperdício muito grande, além do custo significativo.

Também existem outros pontos a serem considerados no orçamento, como a taxa de desperdício de materiais no assentamento de blocos estruturais no qual é utilizado uma palheta a qual dispõe uma quantidade específica de argamassa para assentar os tijolos de forma que a massa não se expanda tanto após o assentamento do bloco; já no tijolo comum, é necessário que a argamassa preencha toda a face do assentamento, o que faz com que consuma mais insumos, além da maior expansão da argamassa após assentar, e consequentemente, a perda desses materiais.

Figura 33 – Assentamento de bloco estrutural com o uso de palheta.



Fonte: Autoral (2022).

Outro fator a ser analisado é o custo de mão de obra, no método de alvenaria convencional, é necessário que haja um ferreiro para armar todo o vigamento e os pilares, em paralelo a um pedreiro que arme todas as formas para receber as ferragens de forma compatível, o que exige um tempo bastante significativo, diferente do método em alvenaria estrutural, o qual conta com calhas prontas para receber a concretagem dos vigamentos e cintas, e acarreta na diminuição drástica do tempo de execução do método, alinhado com uma menor quantidade de ferragem armada a ser utilizada durante toda a edificação.

Devido ao baixo índice de desperdício de materiais, o canteiro de obra do método de alvenaria estrutural se torna mais limpo e organizado, fazendo com que seja mais fácil a identificação de possíveis erros na execução e a auditoria de frentes de serviço.

6 CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos desse estudo, foi possível comparar o melhor custo-benefício entre o sistema de alvenaria estrutural e o sistema de alvenaria convencional, utilizando o levantamento quantitativo de ambos os métodos e os preços obtidos através do comércio de Guarabira e região.

Pode-se concluir que uma residência unifamiliar simples e com arquitetura de padrão médio, apresenta uma diferença significativa quando construída através do sistema de alvenaria estrutural, obtendo uma economia relevante no custo final da obra em relação a mesma edificação caso construída em alvenaria convencional.

Esses fatores se justificam pelo alto consumo de formas, aço e concreto, alinhado com um maior índice de desperdício, e um tempo de execução mais elevado no método de alvenaria convencional. Com isso, pode-se afirmar que os resultados comprovam a eficácia do sistema construtivo em alvenaria estrutural, quando comparado ao sistema convencional.

Desta forma, é viável a construção de habitações sociais a partir desse sistema, tornando a edificação mais acessível a população de renda mais baixa, o que interfere diretamente no mercado imobiliário que se apresenta cada dia mais concorrente.

Vale salientar que a alvenaria estrutural possui suas limitações, como citado no referencial teórico, como o número limitado de pavimentos, possibilidade de reformas, flexibilidade de construção arquitetônica, que nesses casos, é mais vantajoso utilizar o sistema de alvenaria convencional, devido a sua alta variabilidade.

Por fim, espera-se que cada vez mais acadêmicos e profissionais desenvolvam o interesse por estudos nesta área, visando outras possibilidades de construção e aplicação do sistema em alvenaria estrutural.

REFERÊNCIAS

- Almeida, Maurício da Cunha. **SINAPE x ORSE**: análise comparativa entre o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil e o sistema adotado pelo Governo do Estado de Sergipe / Maurício da Cunha Almeida. -- 2009.
- ARAM, S.; EASTMAN, C.; SACKS, R. **A Knowledge-Based Framework For Quantity Takeoff and Cost Estimation in the AEC Industry Using BIM**. In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION AND MINING, 31., Sidney, 2014. Proceedings... Sidney, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro: Abnt, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10837**: Cálculo estrutural de blocos vazados de concreto. Rio de Janeiro: Abnt, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: Abnt, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural. Rio de Janeiro: Abnt, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro: Abnt, 2003.
- CAVALHEIRO, Odilon Pancaro. **ALVENARIA ESTRUTURAL**: Tão antiga e tão atual. Disponível em: https://anicerpro.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Alvenaria-Estrutural_T%C3%A3o-antiga-e-t%C3%A3o-atual_cavalheiro1.pdf. Acesso em: 27 jul. 2022.
- GISAH, A. P.; THOMPSON, R. V. **Comparativo de Custos de Sistemas Construtivos, Alvenaria Estrutura e Estrutura em Concreto Armado no caso do Empreendimento Piazza Maggiore**. Curitiba, PR. 2011. Universidade Federal do Paraná.
- GOMES, Jarbas Herinson Dias *et al.* **ANÁLISE COMPARATIVA DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA CONVENCIONAL E SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA ESTRUTURAL EM UMA CASA TÉRREA EM TEÓFILO OTONI**. Alfa Unipac, Teofilo Otoni, v. 6925, n. 2178, p. 128-144, dez. 2018.
- GONÇALVES, C. M.; CEOTTO, L. H. **Custo Sem Susto**: projetando por objetivos. São Paulo: O Nome da Rosa, 2014.
- IBGE. **Guarabira**: população. População. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/guarabira/panorama>. Acesso em: 09 nov. 2022.
- MARTINS, Gabriel Costa. **Verificação do índice SINAPI para orçamento de obras**. 2012. 1 CD-ROM. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia Civil) – Universidade

Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/119864>>.

MARTINS, João Guerra. **Alvenaria – Condições Técnicas de execução**. 2009.

NUNES, C. C.; JUNGUES, E. **Comparação de custo entre estrutura convencional em concreto armado e alvenaria estrutural de blocos de concreto para edifício residencial em Cuiabá-MT**. Anais do XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Fortaleza-CE, 7 a 10 de outubro, 2008.

PESTANA, Eloi Heleno Assunção; MASCARENHAS, Kindersley Macedo; PINHEIRO, Luís Henrique Serra; QUEIROZ, Maikon Glaydson dos Santos; SOUZA, Wellington. **A alvenaria estrutural e seu desenvolvimento histórico: materiais e sistemas estruturais**. Materiais e sistemas estruturais. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/felipelimadacosta/a-alvenaria-estrutural-e-seu-desenvolvimento-historico>. Acesso em: 27 jul. 2022.

SANTANA, Ana Luiza da Silva; BATISTA, Tauana de Oliveira; LIMA, Leandro José de; SPERANDIO, Kastelli Pacheco. **COMPATIBILIZAÇÃO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS NO SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA ESTRUTURAL**. 2018. 9 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Facig, Igarassu, 2018.

SIMAS, R. E. **Estudo da Racionalização da Alvenaria Para Construção de Habitações**. Universidade do Vale do Itajaí, Monografia (Engenharia Civil), Itajaí, 2011. **TÉCHNE**. Sistema de gestão e coordenação de projetos. Mensal. Edição n. 110. São Paulo: PINI, mai, 2016.

SPARK, Weather. **Clima e condições meteorológicas médias em Guarabira no ano todo**. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/31407/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Guarabira-Brasil-durante-o-ano>. Acesso em: 09 nov. 2022.

PRUDENCIO JR, L. R.; DE OLIVEIRA, A. L.; BEDIN, C. A. **Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto**. Florianópolis: [s.n.], 2002. 208 p.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria Estrutural**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2010. 183 p.
VASQUES, Caio Camargo Penteadó Correa Fernandes; PIZZO, Luciana Maria Bonvino Figueiredo. **COMPARATIVO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS, CONVENCIONAL E WOOD FRAME EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES**. 2014. 18 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Lins, Lins, 2014.