



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ – IFAP
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS
CAMPUS MACAPÁ

LENNA LARISSA CARVALHO SANTOS

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA ENTRE O SISTEMA
CONVENCIONAL E O LIGHT STEEL FRAMING:** estudo de caso em habitação popular
no Amapá.

MACAPÁ – AP

2026

LENNA LARISSA CARVALHO SANTOS

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA ENTRE O SISTEMA
CONVENCIONAL E O LIGHT STEEL FRAMING:** estudo de caso em habitação popular
no Amapá.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
a coordenação do curso Tecnologia em
Construção de Edifícios como requisito
avaliativo para obtenção do título de
Tecnólogo em Construção de Edifícios.

Orientador: Me. Sandro Ferreira Barreto.

MACAPÁ – AP

2026

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- S237a Santos, Lenna Larissa Carvalho
 Análise de viabilidade técnica e econômica entre o sistema
 convencional e o light steel framing: estudo de caso em habitação popular no
 Amapá. / Lenna Larissa Carvalho Santos - Macapá, 2026.
 61 f.: il.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de
 Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Macapá, Tecnologia
 em Construção de Edifícios, 2026.
- Orientador: Me. Sandro Ferreira Barreto.
1. Light steel framing. 2. Viabilidade econômica. 3. Habitação popular. I.
 Barreto, Me. Sandro Ferreira, orient. II. Título.
-

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica do IFAP
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

LENNA LARISSA CARVALHO SANTOS

**ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA ENTRE O SISTEMA
CONVENCIONAL E O LIGHT STEEL FRAMING:** estudo de caso em habitação popular
no Amapá.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
a coordenação do curso Tecnologia em
Construção de Edifícios como requisito
avaliativo para obtenção do título de
Tecnólogo em Construção de Edifícios.

BANCA EXAMINADORA

Prof. MSc. Sandro Ferreira Barreto – (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Prof. MSc. Ruan Fabricio Goncalves Moraes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Prof. Mr. Valdemir Colares Pinto
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Apresentado em: 29/04/2026.

Conceito/Nota: 9,5

RESUMO

A indústria da construção civil brasileira enfrenta o desafio de modernizar-se perante altos índices de desperdício e baixa produtividade dos métodos convencionais. Este trabalho apresenta uma análise de viabilidade técnica e econômica entre o sistema construtivo convencional, em concreto armado e alvenaria, e o sistema industrializado *Light Steel Framing* (LSF) no Estado do Amapá. O objetivo geral consistiu em comparar custos diretos, prazos e produtividade de ambos os métodos aplicados a uma habitação popular de 40,00 m² no Amapá. A metodologia envolveu a modelagem estrutural conforme as normas NBR 6118:2024 e NBR 14762:2010, utilizando a tecnologia *Building Information Modeling* (BIM) para o levantamento de quantitativos e extração de Composições de Preços Unitários (CPUs) via SINAPI-AP/2026. Os resultados indicam que, embora o sistema LSF apresente um custo total 10,08% superior ao convencional (R\$ 41.200,82 contra R\$ 37.427,41), ele promove uma significativa redução no cronograma executivo de 36 para 12 dias. Conclui-se que o LSF se apresenta como a solução mais vantajosa para o cenário regional em comparação ao método convencional, pois a rapidez na entrega e a geração mínima de resíduos compensam o investimento inicial, otimizando o fluxo de caixa e mitigando riscos logísticos.

Palavras-Chave: *light steel framing*; método convencional; bim; viabilidade econômica; habitação popular.

ABSTRACT

The Brazilian civil construction industry faces the challenge of modernization in the face of high waste rates and low productivity in conventional methods. This study presents a technical and economic feasibility analysis between the conventional construction system, using reinforced concrete and masonry, and the industrialized Light Steel Framing (LSF) system in the state of Amapá. The overall objective was to compare direct costs, deadlines, and productivity of both methods applied to a 40.00 m² low-income housing in Amapá. The methodology involved the architectural and structural modeling of the housing according to NBR 6118:2024 and NBR 14762:2010 standards, using Building Information Modeling (BIM) technology for quantity takeoff and extraction of Unit Price Compositions (CPUs) via SINAPI-AP/2026. The results indicate that, although the LSF system presents a total cost 10.08% higher than the conventional one (R\$ 41,200.82 against R\$ 37,427.41), it promotes a drastic reduction in the execution schedule from 36 to 12 days. The study concludes that LSF presents itself as the most advantageous solution compared to the conventional method for the regional scenario, as the speed of delivery and the minimum generation of waste compensate for the initial investment, optimizing cash flow and mitigating typical logistical risks.

Keywords: light steel framing; conventional method; bim; economic feasibility; low-income housing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 -	Faixa de precisão esperada do custo estimado de uma obra em relação ao seu custo final.	15
Figura 02 -	Tela do app BIMx, que permite navegar e consultar informação 2D/3D de projeto.	18
Figura 03 -	Modelo IFC (esquerda) e modelo impresso (direita).	19
Figura 04 -	Imagens do REVIT com as duas possibilidades de compartilhar informações com o modelo RA.	20
Figura 05 -	Desenho esquemático dos componentes do sistema Light Steel Framing.	23
Figura 06 -	Fechamento de fachada com placas de OSB.	23
Figura 07 -	Modelo 3D projeto arquitetônico.	35
Figura 08 -	Planta Baixa projeto arquitetônico.	35
Figura 09 -	Modelo 3d projeto estrutural em concreto armado.	36
Figura 10 -	Modelo 3d projeto estrutural em LSF.	38
Figura 11 -	Planta Baixa compatibilização estrutura LSF no projeto arquitetônico.	39
Figura 12 -	Planta Baixa compatibilização revestimento LSF no projeto arquitetônico.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resumo dos ambientes e áreas.	34
Tabela 2 -	Orçamento sintético proposta em estrutura convencional e alvenaria com blocos cerâmicos.	37
Tabela 3 -	Steel Frame para parede interna, fechamento em gesso acartonado para ambiente seco, espaçamento entre os perfis verticais de 40cm – pavimento terço – m ² .	41
Tabela 4 -	Parede em Estrutura Metálica.	41
Tabela 5 -	Painéis revestidos com Placa Cimentícia e OSB.	42
Tabela 6 -	CPU01 - Parede Externa - Gesso Acartonado Interno / Cimentícia Externa.	42
Tabela 7 -	CPU 02 - Parede Interna - Gesso Acartonado.	43
Tabela 8 -	CPU 03 - Parede Interna - Gesso Acartonado Resistente à Umidade (RU) em uma face / Gesso Acartonado Simples na outra face.	43
Tabela 9 -	CPU04 - Parede Externa - Gesso Acartonado Resistente à Umidade (RU) Interno / Cimentícia Externa.	44
Tabela 10 -	CPU 05 - Parede Interna - Gesso Acartonado Resistente à Umidade (RU).	44
Tabela 11 -	Execução de radier, espessura de 20 cm, fck = 30 mpa, com uso de formas metálicas. Af_09/2021.	45
Tabela 12 -	Orçamento sintético proposta com o Sistema Light Steel Frame.	45
Tabela 13 -	Quadro de Sequenciação do Sistema Construtivo do Método Convencional.	48
Tabela 14 -	Quadro de Sequenciação do Sistema Construtivo do Método LSF.	49
Tabela 15 -	Diagrama de Precedência do Sistema Construtivo do Método Convencional.	49
Tabela 16 -	Diagrama de Precedência do Sistema Construtivo do Método LSF	50

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	Building Information Modeling
CBCA	Centro Brasileiro da Construção em Aço
CPUs	Composições de Preços Unitários
LSF	Light Steel Framing
PDM	Método do Diagrama de Precedência
PMCMV	Programa Minha Casa, Minha Vida
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivos	12
1.2	Objetivos Específicos	12
1.3	Justificativa	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Vantagens e benefícios do BIM	14
2.2	Tecnologias e inovações	17
2.3	Tipos de construção industrializada e sistemas construtivos	20
2.4	Sistema Light Steel Framing	22
2.4.1	Componentes e do Sistema Construtivo	22
2.4.2	Desempenho estrutural, térmico e acústico	24
2.4.3	Vantagens do Light Steel Framing	25
2.4.4	Desafios e Limitações de adoção do LSF	26
2.4.5	Integração ao BIM	27
2.5	Aplicações e Setores	28
2.6	Desafios e Limitações	30
2.7	Impactos Socioeconômicos	32
3	ESTUDO DE CASO	34
3.1	Apresentação do Empreendimento	34
3.2	Sistema Construtivo – método convencional	36
3.3	Levantamento de Quantitativos para construção convencional	36
3.4	Sistema Construtivo – Light Steel Framing (LSF)	38
3.5	Levantamento de Quantitativos para Light Steel Framing (LSF)	39
4	ANÁLISE COMPARATIVA: SISTEMA CONVENCIONAL vs. LSF	46
4.1	Análise Econômica	46
4.2	Análise do prazo de execução	47
4.3	Análise de mão de obra	51
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
	REFERÊNCIAS	56
	ANEXO A – CRONOGRAMA DE OBRA EM GANTT – MÉTODO CONVENCIONAL	59

**ANEXO B - CRONOGRAMA DE OBRA EM GANTT – MÉTODO
LSF**

61

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil brasileira, historicamente caracterizada por processos com altos custos, baixo nível de planejamento, baixa qualificação do trabalhador, altos índices de desperdícios, enfrenta o desafio crescente de se modernizar frente às demandas por sustentabilidade, redução de custos e maior eficiência nos prazos de execução (Abdi, 2015). Nesse cenário, o sistema construtivo convencional, baseado em estruturas reticuladas de concreto armado e vedações em alvenaria cerâmica, mantém-se como a técnica predominante, consolidada por décadas de domínio tecnológico e disponibilidade de mão de obra. Entretanto, a necessidade de otimização de recursos tem impulsionado a busca por sistemas industrializados, como o *Light Steel Framing* (LSF), que se apresenta como uma alternativa que promete transformar a eficiência nos canteiros de obras (Furtado, 2016).

Sob o prisma tecnológico, o sistema LSF configura-se como uma metodologia de construção a seco que utiliza perfis de aço galvanizado formados a frio como elementos estruturais, os quais são associados a diversas camadas de fechamento responsáveis pelo desempenho termoacústico e mecânico da edificação (Rodrigues; Caldas, 2016). A adoção dessa tecnologia, embora crescente, ainda enfrenta paradigmas culturais e incertezas quanto à viabilidade econômica em comparação aos métodos tradicionais, especialmente em projetos de interesse social, como aqueles vinculados ao Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV) (Hass; Martins, 2011). Diferente do padrão observado em outras regiões, o custo logístico no Amapá altera significativamente a viabilidade do LSF devido ao valor do aço galvanizado e do frete fluvial, fator que exige um planejamento rigoroso

Este estudo justifica-se pela necessidade de fornecer dados técnicos e financeiros precisos que auxiliem na tomada de decisão de projetistas e construtores em mercados isolados. A integração de novas tecnologias, como o *Building Information Modeling* (BIM), ao processo de planejamento e orçamentação, permite uma análise mais refinada desses sistemas, mitigando erros e prevendo com maior acurácia o comportamento dos custos ao longo do ciclo de vida da obra (Felisberto, 2021). Em termos práticos de monitoramento, o uso do BIM 5D atua como o pilar de sustentação para a industrialização, garantindo que o acréscimo inicial no custo dos materiais seja compensado pela redução drástica nos custos indiretos e no tempo de execução.

Historicamente, os dados indicam que a maneira como os projetos são planejados, executados e gerenciados progrediu consideravelmente com a adoção de metodologias como o BIM, que Eastman *et al* (2011, 2ª ed., pág. 14) define como “uma tecnologia de modelagem e conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção.”

Sob essa ótica, Penttilä (2006) descreve o BIM como uma metodologia essencial para a criação e gerenciamento de dados na qual os projetos duram todo ciclo de vida da edificação. A interação entre os conjuntos de informações presentes no projeto, direciona em uma colaboração de processos que abrangem diversas etapas da obra, garantindo assim, que não ocorra intercorrências ao longo de todo o ciclo de vida do projeto (Sheng; *et al.*, 2016).

Dessa forma, este trabalho propõe-se a analisar as divergências técnicas e econômicas entre o método convencional e o LSF, aplicando-os a um estudo de caso de uma residência unifamiliar de padrão baixo com 40,00 m². Através do levantamento rigoroso de quantitativos e da elaboração de Composições de Preços Unitários (CPUs) atualizadas via SINAPI-AP/2026, busca-se compreender se a rapidez e a redução de resíduos inerentes ao sistema industrializado compensam os custos unitários dos materiais e a exigência de mão de obra especializada. Essa correlação sugere que o investimento em tecnologia é a chave para superar o déficit habitacional do Amapá com maior qualidade e menor prazo.

1.1 Objetivos

Como objetivo geral, este trabalho visa realizar uma análise técnica e econômica comparativa entre o sistema construtivo convencional (concreto armado e alvenaria) e o sistema industrializado *Light Steel Framing* (LSF), focando na superestrutura e vedações de uma habitação popular.

1.2 Objetivos Específicos

Para a consecução do objetivo geral, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- Elaborar o projeto arquitetônico e os modelos estruturais em conformidade com as normas NBR 6118:2024 (concreto armado) e NBR 14762:2010 (aço formado a frio);
- Realizar o levantamento de quantitativos detalhados para ambos os sistemas, utilizando softwares especializados como CAD TQS e CYPE 3D;
- Produzir o orçamento sintético de cada método construtivo, considerando as etapas de infraestrutura (Sapata Isolada vs. Radier), superestrutura e fechamentos;
- Comparar os custos diretos totais, identificando o impacto de materiais e mão de obra especializada na formação do preço final de cada sistema;

- Discutir as vantagens qualitativas da industrialização e do uso do BIM no gerenciamento de projetos de engenharia civil.

1.3 Justificativa

O estudo justifica-se pela necessidade de fornecer dados técnicos e econômicos que auxiliem na escolha do sistema construtivo mais adequado, sendo determinante para a definição de custo, prazos e desempenho das edificações. No Brasil, as construções ainda são predominantemente baseadas em métodos convencionais, o que se evidencia a necessidade de adoção de soluções mais industrializadas e eficientes.

O *Ligth Steel Framing* (LSF), nesse contexto, destaca-se como uma alternativa promissora devido ao potencial de maior produtividade, redução de resíduos e otimização dos processos construtivos. No entanto, sua aplicação ainda enfrenta desafios relacionados a aceitação do mercado e a percepção de custos.

Assim, as análises comparativas permitem avaliar, de forma objetiva, as vantagens e limitações dos sistemas convencional e do sistema LSF, contribuindo para uma tomada de decisão fundamentada.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Vantagens e benefícios do BIM

A construção industrializada, quando aliada ao *Building Information Modeling* (BIM), oferece uma série de vantagens significativas que transformam o processo construtivo, promovendo maior eficiência e integração das etapas de projeto e execução. Uma das principais vantagens é a redução do tempo de construção, onde a produção simultânea de componentes em fábrica e a montagem rápida no local da obra permitem que as etapas do projeto sejam concluídas em um período muito menor comparado aos métodos tradicionais (Eastman; *et al.*, 2011; Abdi, 2015, pg. 42). Além disso, o uso do BIM contribui para a melhoria mais eficiente das atividades, integrando as informações e simulando as etapas construtivas. A modelagem digital integrada facilita a coordenação e a detecção de conflitos, além de permitir um planejamento mais eficiente e uma melhor gestão de recursos (Eastman *et al.*, 2011, p. 140–145; Kymmell, 2008, p. 34–40).

Assegurando que todos os componentes e processos estejam sincronizados, a coordenação digital através do BIM amplifica essa eficiência, evitando atrasos e retrabalhos, uma vez que uma das principais características do BIM é a centralização e a conexão de todas as informações em um único modelo acessado por meio de links (Kymmell, 2008, p. 49).

As especificações do projeto podem ser associadas a bibliotecas de objetos, permitindo que sejam automaticamente aplicadas quando os objetos da biblioteca são incorporados no projeto. Essa integração facilita a manutenção do conjunto de documentos do projeto básico e executivo sempre atualizado, mitigando a ocorrência de inconsistências entre seus diversos elementos. A atualização automática e a referência cruzada entre especificações e componentes do modelo ajudam a evitar erros e a garantir que todas as partes do projeto estejam em conformidade (Eastman *et al.*, 2011, p. 170–180; Kymmell, 2008, p. 30–40).

Além disso, a disponibilidade de aplicações de TI para seleção e edição de especificações relevantes para cada empreendimento simplifica a gestão das informações do projeto. Essas aplicações permitem realizar referência cruzada entre as especificações e os componentes do modelo, garantindo que as especificações estejam sempre corretas e atualizadas (Eastman *et al.*, 2014, p. 185). Este nível de organização e precisão é particularmente benéfico para os fiscais de obras, que podem contar com uma documentação de obra bem estruturada e atualizada, facilitando a fiscalização e o controle de qualidade.

Ao iniciar um projeto, o proprietário considera a vantagem econômica da construção da instalação, onde, conforme a Figura 1, a estimativa de custos é de 30% em obras de edificações. Desse modo, a decisão de aplicar a tecnologia BIM é frequentemente embasada por uma justificativa econômica, seja em termos de redução dos custos iniciais ou recorrentes ou então de aumentos potenciais no faturamento (Eastman; *et al.*, 2011).

Figura 1 - Faixa de precisão esperada do custo estimado de uma obra em relação ao seu custo final.

Tipo de orçamento	Fase de projeto	Cálculo do preço	Faixa de precisão
Estimativa de custo	Estudos preliminares	Área de construção multiplicada por um indicador.	$\pm 30\%$ ¹
Preliminar	Anteprojeto	Quantitativos de serviços apurados no projeto ou estimados por meio de índices médios, e custos de serviços tomados em tabelas referenciais.	$\pm 20\%$
Detalhado ou analítico (orçamento base da licitação)	Projeto Básico	Quantitativos de serviços apurados no projeto e custos obtidos em composições de custos unitários com preços de insumos oriundos de tabelas referenciais ou de pesquisa de mercado relacionados ao mercado local, levando-se em conta o local, o porte e as peculiaridades de cada obra.	$\pm 10\%$
Detalhado ou analítico	Projeto executivo	Quantitativos apurados no projeto e custos de serviços obtidos em composições de custos unitários com preços de insumos negociados, ou seja, advindos de cotações de preços reais feitas para a própria obra ou para outra obra similar ou, ainda, estimados por meio de método de custo real específico.	$\pm 5\%$

Fonte: Adaptado de Abdi (2017, p. 14).

O uso dos modelos BIM 4D e 5D facilitou a verificação e aprovação dos relatórios periódicos de execução dos serviços e obras. Esses modelos permitem uma visualização clara dos serviços concluídos e uma análise detalhada dos custos incorridos, bem como do estágio da obra em relação ao planejado (Miranda; Salvi, 2019). A capacidade de integrar a dimensão temporal (4D) e os custos (5D) ao modelo BIM possibilita um acompanhamento preciso e em tempo real do progresso da obra. Com isso, a verificação dos relatórios de execução torna-se mais eficiente e confiável, permitindo uma gestão mais eficaz dos prazos e custos do projeto (Eastman; *et al.*, 2011).

Para Kymmell (2008), uma vantagem importante é a verificação e aprovação dos desenhos "como construído". Um modelo BIM devidamente atualizado durante toda a fase de

¹ Para obras de edificações, a faixa de precisão esperada da estimativa de custo é de até 30%, podendo ser superior em outras tipologias de obras. Fonte: IBRAOP, OT - IBR 004/2012.

construção se torna o reflexo fiel do estado atual da obra, resultando no projeto "como construído" ao final da construção. Para que isso seja possível, o modelo da fase de projeto precisa ser continuamente atualizado durante a construção, garantindo que ele represente com precisão todas as alterações e ajustes feitos ao longo do processo. Dessa forma, o uso do BIM desde o início do projeto e a manutenção constante do modelo atualizado facilitam significativamente a verificação dos desenhos "como construído" pelo fiscal da obra, assegurando que o modelo final esteja em completa conformidade com a realidade construída (Eastman *et al.*, 2011, p. 200–210; Kymmell, 2008, p. 70–80).

De acordo com Biotto, Formoso e Isatto (2015, p. 87-88), as técnicas usuais de planejamento apresentam limitações na identificação de conflitos espaciais envolvendo instalações provisórias, estoques e equipamentos. O BIM 4D permite a identificação de diversas interferências entre a execução dos serviços e as áreas de estoques, acessos e outros elementos do canteiro de obras. Isso auxilia no planejamento do layout da obra e na antecipação de futuros problemas espaciais, como os relacionados ao abastecimento das torres por meio de caminhão-guindaste, inclusive identificando obstruções do campo de visão do operador, garantindo uma operação segura. Para que tais benefícios sejam plenamente alcançados, é necessário ampliar o escopo da modelagem no BIM, incluindo equipamentos de movimentação de materiais e pessoas, equipamentos de proteção coletiva, instalações provisórias, entre outros (Biotto, Formoso e Isatto, 2015, p. 93). Desta forma, o uso do BIM 4D permite uma análise mais qualificada e precisa dos elementos do canteiro, facilitando o trabalho de fiscalização da obra.

As obras são significativamente aprimoradas com o uso do BIM 4D através da análise e aprovação do plano de execução e do cronograma detalhado dos serviços. Este modelo permite testar diferentes alternativas de sequenciamento da obra, antecipando problemas de construtibilidade na fase de planejamento (Eastman *et al.*, 2011, p. 211–232). Isso aumenta a probabilidade de que a obra seja concluída conforme planejado e projetado. Para alcançar esses benefícios, o desenvolvimento do modelo BIM 4D deve considerar um nível de detalhe adequado para os itens do projeto que precisam ser comunicados, a capacidade de reorganização ou criação de agrupamentos das entidades geométricas, a representação das estruturas temporárias, a decomposição de objetos mostrados com entidades únicas e a incorporação de outras propriedades do cronograma, além das datas de início e término (Eastman *et al.*, 2014, p. 231-232). Embora as ferramentas BIM mais populares não possuam todas essas funcionalidades, existem ferramentas 4D especializadas que produzem modelos 4D a partir de modelos 3D e cronogramas que contemplam essas características (Eastman *et al.*, 2014, p. 211

e 226-229). Dessa forma, o uso de modelos BIM 4D proporciona uma melhor comunicação visual do cronograma, tornando-o mais exequível e confiável, o que aumenta as chances de conclusão da obra no prazo contratado e facilita o trabalho de fiscalização em relação ao planejamento.

A sustentabilidade é um aspecto crucial da construção industrializada integrada com BIM. A produção em fábrica permite um controle rigoroso sobre o uso de materiais, reduzindo desperdícios significativamente. Além disso, as técnicas de construção industrializada facilitam a incorporação de tecnologias sustentáveis, como a utilização de painéis solares, sistemas de coleta e reutilização de água, e materiais recicláveis, em contraste, a metodologia tradicional pode enfrentar desafios adicionais na incorporação de práticas sustentáveis devido à menor capacidade de controle e padronização durante o processo de construção. As mudanças e ajustes durante a construção tradicional podem levar a desperdícios adicionais e dificultar a integração eficiente de tecnologias sustentáveis (Abdi, 2015, pg 60-65).

O BIM, por sua vez, otimiza o uso de recursos durante todo o ciclo de vida da edificação, desde a fase de planejamento até a operação e manutenção. Com o BIM, é possível simular o desempenho energético dos edifícios, identificar oportunidades de melhoria e implementar soluções sustentáveis de maneira eficiente.

Em relação à sustentabilidade, de acordo com Spadeto (2011), na construção industrializada há menor consumo e perdas de materiais, otimização da mão de obra e minimização de retrabalhos, redução da quantidade de resíduos gerados e de consumo de energia (ABDI, 2015, pg. 63).

Portanto, a combinação da construção industrializada com o BIM proporciona uma série de benefícios que revolucionam o setor da construção civil. A redução de tempo e custos, aliada à melhoria na qualidade, precisão e sustentabilidade, fazem desta abordagem uma solução ideal para enfrentar os desafios contemporâneos de eficiência e responsabilidade ambiental na construção civil.

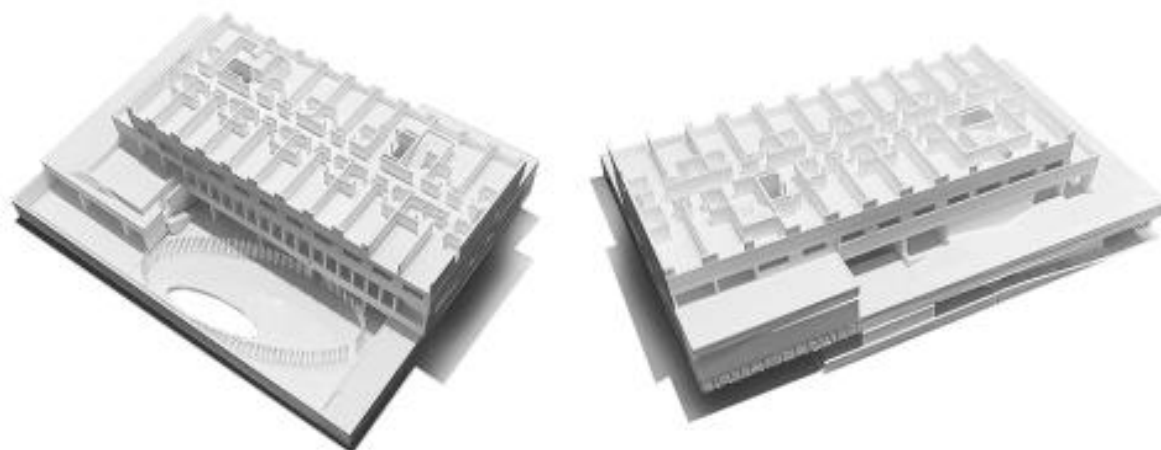
2.2 Tecnologias e inovações

A construção industrializada, quando integrada com o BIM, utiliza uma série de tecnologias avançadas que aprimoram e otimizam todo o processo construtivo. O BIM é a principal ferramenta dessa integração, facilitando o planejamento, design e gerenciamento da construção por meio de modelos digitais detalhados e tridimensionais. Esses modelos permitem

uma visualização completa do projeto antes da construção física, identificando possíveis problemas e otimizando soluções ainda na fase de planejamento. O BIM também possibilita a colaboração entre todos os stakeholders envolvidos no projeto, garantindo uma comunicação eficiente e a integração de todas as disciplinas, desde a arquitetura até a engenharia e os serviços mecânicos, elétricos e hidráulicos (EASTMAN *et al.*, 2011, p. 50–60; p. 150–180)

A impressão 3D é outra tecnologia crucial na construção industrializada integrada com BIM. Ela permite a produção de componentes construtivos complexos com precisão milimétrica, utilizando materiais variados e otimizando o uso de recursos. A impressão 3D possibilita a criação de formas e estruturas inovadoras que seriam difíceis ou impossíveis de realizar com métodos tradicionais. Além disso, a tecnologia de impressão 3D pode ser utilizada para produzir protótipos e modelos detalhados que facilitam a visualização e a validação do design antes da produção em larga escala (EASTMAN; *et al.*, 2011, pg. 315).

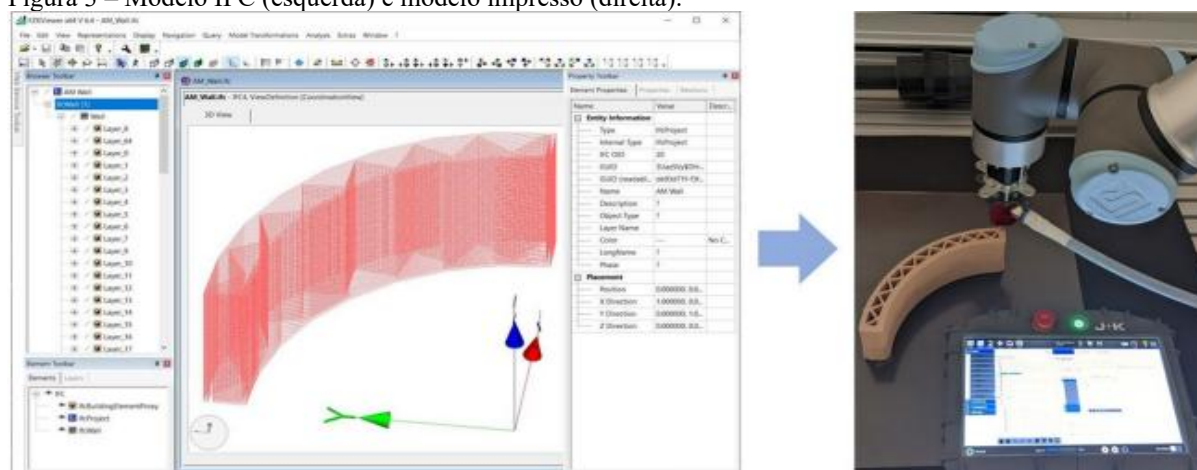
Figura 2 - Tela do app BIMx, que permite navegar e consultar informação 2D/3D de projeto.



Fonte: Abdi, 2017.

A robótica desempenha um papel essencial na automação dos processos de fabricação e montagem. Robôs podem ser utilizados para a produção de componentes pré-fabricados, garantindo alta precisão e repetibilidade. Na fase de montagem, robôs são capazes de executar tarefas complexas, como a colocação de elementos estruturais e a instalação de sistemas mecânicos, com rapidez e eficiência. A automação robótica não só aumenta a produtividade, mas também melhora a segurança no local de trabalho ao reduzir a necessidade de intervenção humana em tarefas perigosas (Eastman; *et al.*, 2011, pg. 315).

Figura 3 – Modelo IFC (esquerda) e modelo impresso (direita).



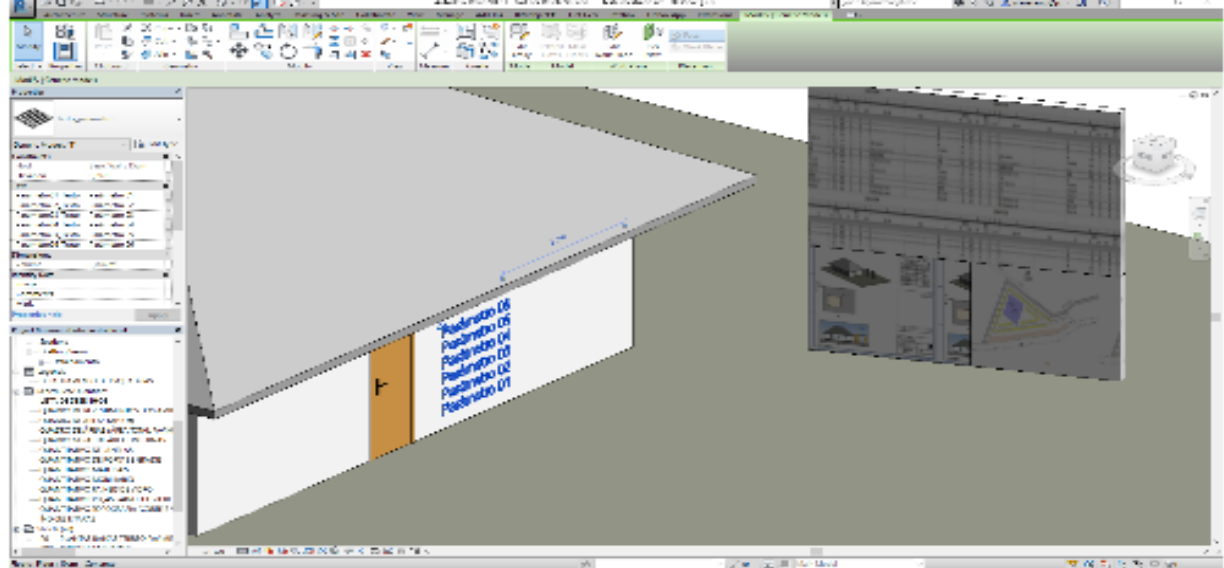
Fonte: Slepicka, M et al, 2022.

A Internet das Coisas (IoT) é uma tecnologia que permite o monitoramento e controle em tempo real dos processos construtivos. Sensores IoT instalados nos componentes e equipamentos fornecem dados contínuos sobre o progresso da construção, condições ambientais e desempenho dos sistemas. Esses dados são integrados ao modelo BIM, proporcionando uma visão abrangente e atualizada do projeto. Com a IoT, é possível identificar e resolver problemas rapidamente, otimizar a utilização de recursos e melhorar a eficiência geral do processo construtivo (Easteman; et, al., 2011, pg. 387).

A realidade aumentada (AR) e a realidade virtual (VR) são ferramentas poderosas que permitem a visualização e a simulação de projetos em 3D antes da construção física. Com AR, os profissionais podem sobrepor modelos digitais ao ambiente real, facilitando a verificação de compatibilidade e a identificação de interferências. A VR, por sua vez, oferece uma experiência imersiva, permitindo que os stakeholders “caminhem” pelo projeto virtualmente e façam ajustes conforme necessário. Essas tecnologias melhoram a comunicação entre os membros da equipe e os clientes, garantindo que todos tenham uma compreensão clara do projeto final (Easteman; et, al., 2011, pg. 78).

A integração dessas tecnologias avançadas na construção industrializada com BIM resulta em um processo construtivo mais eficiente, preciso e sustentável. A sinergia entre BIM, impressão 3D, robótica, IoT, AR e VR não só aprimora a qualidade dos projetos, mas também transforma a maneira como as edificações são concebidas, projetadas e construídas, abrindo caminho para inovações contínuas no setor da construção civil.

Figura 4 - Imagens do REVIT com as duas possibilidades de compartilhar informações com o modelo RA.



Fonte: Araujo, 2018.

2.3 Tipos de construção industrializada e sistemas construtivos

A construção industrializada utiliza métodos como elementos pré-fabricados, modulares e painéis estruturais isolados (SIPs) para otimizar a construção. Os elementos pré-fabricados, como paredes e vigas, são produzidos em fábricas com alta precisão e transportados para o local, reduzindo o tempo total de construção e minimizando desperdícios. A construção modular envolve a fabricação de unidades habitacionais completas em módulos, oferecendo flexibilidade e rapidez, enquanto os SIPs, compostos de material isolante entre camadas estruturais, proporcionam excelente isolamento e resistência, além de acelerar o processo construtivo e melhorar a eficiência energética (Abdi, 2015).

Buscando maximizar os benefícios, esses métodos são integrados ao *Building Information Modeling* (BIM), permitindo uma coordenação precisa, otimização de recursos e melhorias na qualidade e sustentabilidade das edificações. A construção industrializada representa uma evolução significativa no setor, combinando técnicas tradicionais e modernas para oferecer soluções eficientes, econômicas e sustentáveis. A escolha do método adequado depende das particularidades do projeto e dos objetivos do construtor.

O sistema convencional de construção utiliza técnicas tradicionais e intensivas em mão de obra, como a construção de formas de madeira e aço, alvenarias, e aplicação de revestimentos no canteiro de obras. Este método sofre com maior percentual de perdas e menor controle devido à necessidade de realizar serviços no local, o que pode causar atrasos e ineficiências, especialmente quando o projeto não está completamente finalizado (Abdi, 2015, pg. 42).

O sistema industrializado, por sua vez, emprega métodos racionalizados e pré-fabricados, com componentes que chegam prontos ao canteiro de obras, como pilares, vigas e módulos completos. Isso resulta em menor perda de materiais, redução da mão de obra no local e prazos de execução mais rápidos. Exemplos incluem estruturas de concreto armado ou aço e sistemas de fachada pré-fabricados (Abdi, 2015, pg. 80). O sistema híbrido combina elementos convencionais e industrializados, utilizando, por exemplo, pilares de concreto armado com vedações de blocos cerâmicos ou lajes pré-fabricadas combinadas com concreto moldado in loco, aproveitando as vantagens de ambos os métodos (Abdi, 2015, pg. 160).

A relação entre Steel Frame e BIM na construção civil é complementar e sinérgica, otimizando projetos, construção e manutenção de edifícios, onde o BIM permite a criação de modelos digitais tridimensionais detalhados dos projetos, integrando todas as disciplinas envolvidas, como arquitetura, estrutura, elétrica e hidráulica (EASTMAN *et al.*, 2011, p. 140–150).

Para o *Light Steel Framing*, essa tecnologia facilita a visualização e coordenação precisa das estruturas metálicas, evitando conflitos entre componentes e integrando-se facilmente com outros sistemas construtivos (Gomes *et al.*, 2013). O uso de BIM assegura um alto nível de detalhamento no projeto de Steel Frame, crucial para a fabricação e montagem das peças metálicas, minimizando erros e desperdícios.

Além disso, o BIM auxilia no planejamento e na gestão do cronograma da obra, proporcionando uma visão clara de todas as etapas do processo construtivo, o que é especialmente benéfico para o Steel Frame, onde a fabricação e montagem das estruturas seguem uma sequência rigorosa para garantir a eficiência do projeto (Eastman *et al.*, 2011, p. 170–180).

A tecnologia BIM permite realizar análises e simulações estruturais, térmicas e acústicas dos projetos de Steel Frame, garantindo que o desempenho do edifício atenda aos requisitos normativos e de projeto, auxiliando na tomada de decisões informadas sobre materiais, métodos construtivos e soluções técnicas (Kymmell, 2008, p. 30–40). A integração do BIM com o LSF também facilita o controle e a previsão de custos ao longo do ciclo de vida do projeto, desde a concepção até a operação e manutenção, possibilitando estimativas de custos mais precisas e evitando surpresas financeiras durante a execução da obra.

O uso de BIM em projetos de LSF contribui ainda para práticas mais sustentáveis, permitindo a otimização do uso de materiais e a redução de resíduos, além de possibilitar a simulação e análise de diferentes opções de design e construção, ajudando a escolher soluções mais sustentáveis e eficientes. Em resumo, a combinação do Steel Frame com o BIM resulta

em um processo construtivo mais eficiente, preciso, econômico e sustentável, beneficiando todas as fases do ciclo de vida do edifício. (Gomes *et al.*, 2013).

2.4 Sistema Light Steel Framing

O Light Steel Framing (LSF) é conhecido por sua concepção racional, com estrutura constituída por perfis formados a frio de aço galvanizado para a composição dos painéis estruturais e não estruturais, podendo trabalhar em conjunto com outros sistemas industrializados, possibilitando uma construção a seco e com significativa rapidez executiva (Santiago, Freitas, Castro, 2012; Souza, 2014).

De acordo com Santiago, Freitas, Castro (2012) a expressão Steel Frame vem do inglês onde o termo Steel refere-se ao aço e Frame a formação de uma estrutura. Dessa forma, o sistema pode ser definido como um processo composto por perfil leves de aço galvanizado interligados entre si, capazes de resistir as cargas atuantes e dar forma a edificação.

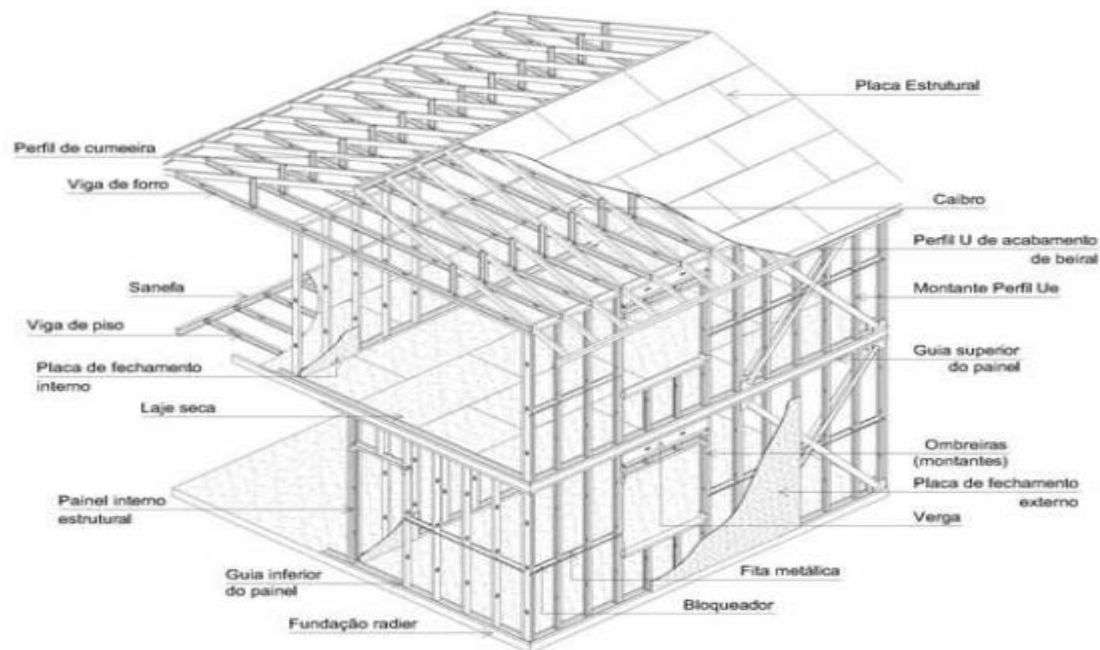
O sistema construtivo de LSF pode ser formado com subsistemas interdependentes e integrados, compostos pela fundação, estrutura, fechamentos internos e externos, instalações hidrossanitárias e elétricas, isolamento termoacústico e os elementos de fixação (Abdi, 2015; Santiago, Freitas, Castro, 2012).

2.4.1 Componentes e do Sistema Construtivo

Os principais componentes estruturais do LSF são os perfis de aço galvanizado formados a frio, utilizados como montantes verticais e guias horizontais. De acordo com Santiago, Freitas e Castro (2012), esses elementos formam os painéis estruturais responsáveis por receber e transmitir os esforços da edificação até a fundação. Além deles, o sistema pode utilizar vergas, bloqueadores, fitas de contraventamento, conectores, cantoneiras e parafusos específicos, conforme as exigências do projeto.

A ABNT NBR 15253:2014 estabelece requisitos gerais para perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, utilizados em painéis reticulados em edificações. Assim, quando se trata dos componentes estruturais do LSF, essa norma é importante porque orienta a especificação dos perfis, contribuindo para a segurança, a padronização e a qualidade dos elementos metálicos empregados no sistema.

Figura 5 - Desenho esquemático dos componentes do sistema Light Steel Framing.



Fonte: ABNT NBR 16970-1:2022.

A modulação dos painéis é uma das características centrais do LSF, de acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012, p. 15). Em geral, os montantes são posicionados em intervalos regulares, como 400 mm ou 600 mm, permitindo a compatibilização entre estrutura, placas de fechamento e revestimentos. Essa modulação contribui para o melhor aproveitamento dos materiais, reduz cortes e minimiza perdas durante a execução (Abdi, 2015).

Os fechamentos do sistema podem ser executados com diferentes materiais, conforme a função e a exposição da parede. Conforme Abdi (2015, p. 132-134), em áreas internas é comum o uso de placas de gesso acartonado, enquanto em áreas externas podem ser utilizadas placas cimentícias, placas OSB ou outros materiais compatíveis com a umidade, a estanqueidade e as condições climáticas do local.

Figura 6 – Fechamento de fachada com placas de OSB.



Fonte: Santiago, Freitas, Crasto, 2012

Em relação ao desempenho habitacional, a ABNT NBR 15575:2013 estabelece critérios de segurança, habitabilidade e sustentabilidade aplicáveis às edificações residenciais. Dessa forma, a escolha das placas de fechamento, mantas, barreiras e revestimentos no LSF deve considerar requisitos como desempenho térmico, acústico, estanqueidade, durabilidade e segurança ao uso.

De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012, p. 88-91), entre as placas de fechamento podem ser inseridos materiais isolantes, como lã de vidro ou lã de rocha, formando painéis multicamadas. Essa composição permite melhorar o conforto térmico e acústico da edificação, uma vez que combina placas leves, cavidades internas e materiais absorventes.

As ligações entre os componentes são feitas, em sua maioria, com parafusos autoatarraxantes e autoperfurantes. Esses elementos são fundamentais para garantir a estabilidade dos painéis, a fixação das placas e a transferência adequada dos esforços entre os componentes do sistema. Por isso, sua escolha deve considerar o tipo de ligação, a espessura dos materiais e as condições de montagem (Abdi, 2015; Santiago, Freitas, Castro, 2012).

2.4.2 Desempenho estrutural, térmico e acústico

O dimensionamento do sistema LSF deve ser considerado o comportamento dos perfis de aço, sua estabilidade, ligações e atuação conjunta com os painéis. Conforme a ABNT NBR 14762:2010, o dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio deve observar critérios específicos de resistência, estabilidade e segurança.

A ABNT NBR 15253:2014 também é importante para o desempenho estrutural do LSF, pois trata dos perfis de aço formados a frio com revestimento metálico utilizados em painéis reticulados em edificações. Dessa forma, a norma contribui para a especificação adequada dos elementos estruturais e para a qualidade dos componentes empregados no sistema.

O desempenho térmico e acústico do LSF depende da composição dos painéis, e não apenas da estrutura metálica. Como o aço possui elevada condutividade térmica, é necessário adotar soluções que reduzam pontes térmicas e melhorem o conforto dos ambientes, como placas de fechamento, cavidades internas e mantas isolantes (Abdi, 2015; Santiago, Freitas, Castro, 2012).

Segundo a ABNT NBR 15575:2013, edificações habitacionais devem atender a requisitos mínimos de desempenho relacionados à segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

Assim, no caso do LSF, a análise do desempenho deve considerar aspectos como conforto térmico, conforto acústico, estanqueidade, durabilidade e segurança estrutural.

Quanto ao desempenho acústico, Santiago, Freitas e Crasto (2012, p. 89-91) e Abdi (2015, p. 134-135) destacam que o sistema pode alcançar bons resultados quando são utilizadas composições adequadas de placas e materiais isolantes. O princípio de isolamento multicamada reduz a transmissão sonora por meio da combinação entre placas leves, espaçamento entre faces e preenchimento interno com material absorvente.

Em relação ao desempenho térmico, Santiago, Freitas e Crasto (2012, p. 92-93) observam que a análise deve considerar as características climáticas do local da edificação. No caso de regiões quentes e úmidas, como o Amapá, é necessário especificar corretamente placas, isolantes, barreiras e revestimentos, de modo a evitar desconforto térmico e problemas associados à umidade.

A durabilidade do LSF está associada à proteção dos perfis de aço, à galvanização, ao controle da umidade, à estanqueidade das fachadas e à correta execução das interfaces (Abdi, 2015). De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012, p. 17; p. 133), a galvanização dos perfis contribui para a longevidade da estrutura, desde que os componentes sejam corretamente especificados, armazenados e executados.

Para Oliveira (2012), a análise comparativa do LSF em casas populares deve considerar não apenas o custo inicial, mas também o desempenho, a durabilidade e as condições de aplicação regional. Dessa forma, em contextos com clima agressivo ou logística limitada, a especificação técnica dos materiais assume papel decisivo.

2.4.3 Vantagens do Light Steel Framing

Uma das principais vantagens do LSF é a rapidez de execução. Como o sistema utiliza componentes leves, padronizados e montados de forma sequencial, o canteiro passa a funcionar predominantemente como local de montagem, reduzindo o tempo necessário para a conclusão da obra (Abdi, 2015; Santiago, Freitas, Castro, 2012).

Segundo Hass e Martins (2011, p. 33-34), a redução do prazo de execução é um dos fatores que tornam o Steel Frame uma alternativa relevante para habitações sociais. Em empreendimento desse tipo, a diminuição do tempo de obra pode contribuir para antecipar entregas, reduzir custos indiretos e otimizar o uso da mão de obra.

Outra vantagem do LSF é a redução de desperdícios. A modulação e a padronização dos componentes favorecem o aproveitamento dos materiais e reduzem a necessidade de cortes

e adaptações no canteiro. Essa característica diferencia o sistema dos métodos convencionais, nos quais as perdas tendem a ser maiores (Abdi, 2015; Santiago, Freitas, Castro, 2012).

De acordo com Klein e Maronezi (2013), em comparativos orçamentários entre sistemas construtivos, a análise de custos deve considerar não apenas o preço dos materiais, mas também produtividade, prazo de execução, perdas, mão de obra e organização do processo construtivo. Assim, mesmo que o LSF apresente maior custo inicial em alguns componentes, seus ganhos de produtividade podem influenciar a viabilidade econômica.

Segundo Souza (2014, p. 24-25), a leveza dos componentes é outro aspecto favorável do LSF, pois facilita o transporte, o manuseio e a montagem da estrutura. Essa característica também pode reduzir esforços sobre a fundação e favorecer a execução de obras de pequeno porte, como habitações unifamiliares.

O sistema também facilita a execução das instalações elétricas e hidrossanitárias. Como os perfis podem possuir furações e as placas são instaladas após a passagem das instalações, é possível realizar testes e correções antes do fechamento definitivo das paredes, reduzindo retrabalhos (Santiago, Freitas, Crasto, 2012, p. 110-111).

Do ponto de vista ambiental, destaca-se que o LSF apresenta vantagens associadas à construção a seco, à redução do consumo de água e à possibilidade de reciclagem do aço (Santiago, Freitas, Crasto, 2012, p. 17). Para Poças (2014), esses aspectos tornam o sistema uma alternativa relevante para estudos de moradia popular, especialmente quando associados à redução de desperdícios e ao controle do processo construtivo.

2.4.4 Desafios e Limitações de adoção do LSF

Apesar das vantagens, o LSF apresenta limitações que devem ser consideradas na análise de viabilidade. De acordo com Santiago, Freitas e Crasto (2012, p. 16; p. 138-144), o sistema exige projetos detalhados e integrados, pois seu desempenho depende da compatibilização entre arquitetura, estrutura, fechamentos, instalações e fundação. A falta de detalhamento pode gerar erros executivos e comprometer a qualidade final da edificação.

Para Ferreira (2016), uma das barreiras à adoção do LSF no Brasil é a predominância cultural da alvenaria convencional. Como o sistema tradicional é mais conhecido por construtores, trabalhadores e usuários, o LSF pode enfrentar resistência relacionada à percepção de segurança, durabilidade, conforto e custo-benefício.

A mão de obra especializada é outro fator determinante para a viabilidade do Steel Frame. O sistema exige profissionais capacitados para interpretar projetos, montar painéis,

executar ligações, instalar fechamentos e tratar juntas. Sem qualificação adequada, as vantagens de produtividade e precisão podem ser reduzidas (Hass, Martins, 2011, p. 33-34).

De acordo com Poças (2014), em projetos de moradia popular, o custo dos materiais e a disponibilidade de fornecedores devem ser analisados com cuidado. Perfis galvanizados, placas, mantas isolantes e acessórios de fixação podem apresentar custo superior aos materiais convencionais, especialmente quando não há oferta local consolidada.

A análise orçamentária entre sistemas construtivos deve considerar o conjunto dos fatores que formam o custo final, e não apenas o preço unitário dos insumos (Klein, Maronezi, 2013). Portanto, no LSF, devem ser avaliados materiais, produtividade, mão de obra, prazo, perdas, transporte e custos indiretos.

No contexto regional, Oliveira (2012) destaca que a aplicação do LSF em casas populares deve considerar as características locais de mercado, clima, logística e mão de obra. Essa observação é importante para o Amapá, onde a distância dos centros fornecedores, o frete e a disponibilidade de insumos podem alterar significativamente a viabilidade econômica do sistema.

2.4.5. Integração ao BIM

A integração entre Light Steel Framing e Building Information Modeling (BIM) é relevante porque ambos se baseiam em planejamento, compatibilização e controle de informações. De acordo com Eastman et al. (2014, p. 140-150), o BIM permite a criação de modelos digitais integrados, capazes de reunir informações geométricas, quantitativas, construtivas e gerenciais em um único ambiente de projeto.

Segundo a ABDI (2017, p. 8), o BIM contribui para a modernização da construção civil, possibilitando ganhos de produtividade, melhor quantificação e orçamentação, além da simulação das etapas da construção. No caso do LSF, essa contribuição é especialmente importante, pois o sistema depende de modulação, compatibilização entre subsistemas e controle rigoroso dos componentes utilizados.

Conforme Santiago, Freitas e Crasto (2012, p. 139-143), a racionalização do LSF depende de planejamento e detalhamento desde as fases iniciais do projeto. Dessa forma, o uso do BIM favorece a modelagem de painéis, perfis, fechamentos, instalações e demais componentes, facilitando a compatibilização e reduzindo interferências antes da execução.

A dimensão 3D do BIM reúne dados geométricos e informações associadas ao projeto, enquanto a dimensão 4D conecta o modelo ao tempo e ao sequenciamento construtivo. Essa

função é importante para o LSF porque conflitos entre estrutura, instalações e fechamentos podem comprometer a montagem dos painéis e gerar retrabalhos no canteiro (ABDI, 2017, p. 31).

A utilização de modelos 4D permite associar o modelo tridimensional ao cronograma, possibilitando a simulação das etapas de execução. No LSF, essa aplicação contribui para organizar a sequência de montagem, prever interferências de planejamento e aumentar a confiabilidade do prazo de obra (Kymmell, 2008, p. 34-40).

A dimensão 5D acrescenta informações de custo ao modelo, permitindo estimativas orçamentárias mais precisas e melhor controle financeiro. Essa funcionalidade é adequada ao objetivo deste trabalho, pois permite comparar o sistema convencional e o LSF com base em quantitativos, custos e prazos (Eastman et al. 2014, p. 170-180; ABDI, 2017, p. 31).

Assim, a associação entre LSF e BIM fortalece a análise de viabilidade técnica e econômica proposta neste estudo. Conforme Santiago, Freitas e Crasto (2012, p. 139-143), o LSF exige uma lógica construtiva baseada em racionalização, planejamento e controle. O BIM, por sua vez, contribui para tornar essa lógica mais precisa, ao integrar projeto, orçamento e planejamento em um mesmo processo de tomada de decisão.

2.5 Aplicações e Setores

A construção industrializada integrada com BIM possui diversas aplicações que abrangem setores como residencial, comercial, industrial e de infraestrutura. Essa abordagem melhora a eficiência, reduz custos e otimiza processos na construção civil (Abdi, 2015).

No setor residencial, ela é utilizada na produção de casas, apartamentos e condomínios, garantindo alta qualidade e precisão dos componentes fabricados em ambientes controlados. A montagem rápida no local e o planejamento detalhado com BIM reduzem o tempo de construção e os riscos de erros. A modelagem digital também permite a personalização dos projetos, proporcionando habitações sustentáveis e de custo reduzido (Eastman *et al.*, 2011).

No setor comercial, a construção industrializada com BIM é aplicada em escritórios, lojas e centros comerciais. A combinação da precisão dos componentes pré-fabricados com a coordenação digital do BIM resulta em espaços comerciais funcionais construídos rapidamente. Segundo Eastman et al (2011), a simulação e visualização prévias garantem que o design atenda às expectativas dos stakeholders e otimize a utilização do espaço, impactando positivamente a rentabilidade do empreendimento.

No setor industrial, a construção industrializada com BIM é ideal para fábricas e armazéns, que requerem grandes espaços abertos e instalações duráveis. Componentes pré-fabricados como vigas e painéis são montados com precisão, enquanto o BIM coordena todas as infraestruturas necessárias. A modelagem digital facilita a integração de sistemas complexos e permite adaptações futuras (Eastman *et al.*, 2011).

Na área de infraestrutura, a construção industrializada integrada com BIM é aplicada em pontes, túneis e outras obras complexas. A alta qualidade dos componentes pré-fabricados assegura a segurança e durabilidade das estruturas. O BIM permite um planejamento e gestão eficientes, facilitando a análise de interferências, simulação de cenários e otimização dos recursos, resultando em obras mais rápidas e com menor impacto ambiental. Além disso, melhora a comunicação e colaboração entre todas as partes envolvidas no projeto (Eastman *et al.*, 2011).

O BIM tem se tornado uma ferramenta cada vez mais importante na construção do setor público, sendo adotado por muitas agências governamentais em diversos países. Essas agências emitem regulamentos e diretrizes para projetos e construções pelos quais são responsáveis, abrangendo processos, procedimentos e entregáveis esperados dos fornecedores em cada fase do projeto, construção e entrega.

No contexto do setor público, o BIM proporciona uma série de benefícios, incluindo maior eficiência e precisão no planejamento e execução de obras. As diretrizes emitidas por essas agências frequentemente abordam a interoperabilidade, que envolve a necessidade de os prestadores de serviços fornecerem dados dos modelos de construção em formatos específicos para facilitar a troca de informações entre diferentes partes envolvidas no projeto, como equipes de projeto e equipes de manutenção e operação de instalações (EASTMAN *et al.*, 2011, pg. 140).

Outro aspecto importante é o papel do Gerente de BIM, que é responsável por coordenar e gerenciar os modelos de construção dentro de um projeto. Esse papel é crucial para garantir a consistência e a integridade dos dados ao longo do ciclo de vida do projeto. Além disso, as diretrizes frequentemente incluem modos de colaboração que ditam como os parceiros de projeto devem trabalhar juntos, o que pode incluir a definição de arranjos técnicos para o compartilhamento de informações e até a escolha de formas contratuais, como o Integrated Project Delivery (IPD) (Eastman *et al.*, 2011).

A pré-qualificação de designers e outros profissionais envolvidos também é uma consideração importante, com as diretrizes especificando o conjunto mínimo de habilidades e experiência em BIM necessário para participar de um projeto de construção (Eastman *et al.*,

2011). Isso garante que todos os envolvidos tenham o conhecimento e a capacidade técnica para usar o BIM de forma eficaz.

As diretrizes frequentemente definem o nível de desenvolvimento ou detalhe esperado dos modelos em cada fase do projeto, o que ajuda a padronizar a entrega de informações e garantir que todos os envolvidos tenham uma compreensão clara do estado do projeto em cada ponto (Abdi, 2017; Felisberto et al., 2021; Kymmel, 2008).

A análise de diversos aspectos do projeto, como eficiência energética e comportamento estrutural, é valorizada e realizado através da capacidade de simulação do BIM. Isso ajuda a garantir que os projetos atendam às especificações e requisitos antes de serem construídos, evitando retrabalhos e economizando recursos (Miranda; Salvi, 2019; Kymmel, 2008).

Através das diretrizes podem incluir cronogramas de pagamento ajustados para refletir o fato de que o BIM permite o desenvolvimento de projetos em maior detalhe mais cedo no ciclo de vida do projeto. Isso pode levar a alterações nas taxas de design, movendo uma parte dos pagamentos para etapas anteriores (ABDI, 2017; FELISBERTO et al., 2021).

Em resumo, a construção industrializada integrada com BIM oferece uma abordagem inovadora e eficiente para atender às demandas de diferentes setores da construção civil. Seja em projetos residenciais, comerciais, industriais ou de infraestrutura, essa combinação de técnicas e tecnologias proporciona resultados superiores em termos de qualidade, tempo de construção, custo e sustentabilidade. A integração do BIM com a construção industrializada é um avanço significativo que está transformando a maneira como construímos e gerenciamos edificações e infraestruturas, promovendo uma nova era de eficiência e inovação no setor.

2.6 Desafios e Limitações

A construção industrializada integrada com BIM oferece inúmeros benefícios, contudo, ela também enfrenta desafios e limitações que podem dificultar sua adoção e implementação. Entre os principais desafios estão os custos iniciais elevados, a resistência cultural e as complexidades logísticas.

Os custos iniciais elevados representam um obstáculo significativo para a adoção da construção industrializada com BIM. Investimentos substanciais são necessários para adquirir tecnologias avançadas, como softwares de modelagem BIM, impressoras 3D, robótica e sistemas IoT. Além disso, é preciso investir em equipamentos para a fabricação de componentes pré-fabricados e em infraestrutura para montagem. Esses custos podem ser proibitivos para pequenas e médias empresas, que podem não ter os recursos financeiros necessários para

realizar esses investimentos iniciais. Além disso, o retorno sobre o investimento pode levar algum tempo para se concretizar, o que pode desincentivar empresas a adotarem essas tecnologias (Eastman *et al.*, 2011).

A construção civil é um setor tradicionalmente conservador, onde muitos profissionais estão acostumados a métodos e processos convencionais. A introdução de novas tecnologias e metodologias, como o BIM e a construção industrializada, pode encontrar resistência por parte desses profissionais. A mudança para um novo sistema exige treinamento, adaptação de processos e, muitas vezes, uma mudança de mentalidade. Superar essa resistência cultural requer esforços significativos em educação e capacitação, bem como a demonstração clara dos benefícios e da viabilidade dessas novas abordagens (Eastman *et al.*, 2011).

As complexidades logísticas associadas ao transporte e montagem de componentes pré-fabricados também representam um desafio. A logística envolve a coordenação precisa do transporte dos componentes fabricados em fábrica para o local da obra, o que pode ser complicado devido ao tamanho e peso dos elementos. Além disso, a montagem dos componentes no local requer planejamento e coordenação meticulosos para garantir que tudo se encaixe perfeitamente e que não haja atrasos. Qualquer problema na logística pode resultar em custos adicionais e atrasos no cronograma do projeto. A necessidade de infraestrutura adequada para o transporte e a montagem, bem como a gestão eficiente de todas as etapas logísticas, são essenciais para o sucesso da construção industrializada (Eastman *et al.*, 2011).

Além desses desafios principais, há outras limitações que podem impactar a adoção da construção industrializada com BIM. A compatibilidade de software e a interoperabilidade entre diferentes sistemas BIM podem ser problemáticas, exigindo soluções específicas para integrar diversos aplicativos e plataformas. A disponibilidade e o custo de mão de obra qualificada para operar e gerenciar as novas tecnologias também são fatores a considerar. Além disso, as regulamentações locais e os códigos de construção podem não estar totalmente adaptados para acomodar os métodos de construção industrializada, o que pode exigir adaptações e negociações com as autoridades competentes (Eastman *et al.*, 2011; Miranda; Salvi, 2019; Abdi, 2015).

Em conclusão, embora a construção industrializada integrada com BIM ofereça muitas vantagens, sua adoção enfrenta desafios significativos que precisam ser abordados para que essa metodologia se torne amplamente aceita e utilizada. Investimentos iniciais elevados, resistência cultural e complexidades logísticas são os principais obstáculos, e superá-los requer um esforço conjunto de empresas, profissionais e autoridades do setor. Com a devida atenção a

esses desafios, a construção industrializada com BIM tem o potencial de transformar o setor da construção civil, proporcionando maior eficiência, qualidade e sustentabilidade.

2.7 Impactos Socioeconômicos

Os impactos gerados através da construção industrializada integrada com BIM influenciam positivamente na economia e na sociedade. Esses impactos abrangem desde a geração de empregos até o desenvolvimento tecnológico, a acessibilidade habitacional e a melhoria na gestão de projetos (abdi, 2015; MCGRAW-HILL CONSTRUCTION, 2014; Eastman et al., 2011).

A geração de empregos é um dos benefícios mais evidentes. A adoção de métodos industrializados e tecnologias avançadas cria novas oportunidades de trabalho em várias áreas. A demanda por trabalhadores em fábricas para a produção de componentes pré-fabricados aumenta, assim como a necessidade de profissionais no setor de logística para gerenciar o transporte e a montagem desses componentes. Além disso, surgem novas funções especializadas em BIM, que exigem conhecimentos em modelagem digital, coordenação de projetos e gestão de dados. Esses empregos tendem a ser mais qualificados e bem remunerados, contribuindo para o desenvolvimento profissional e econômico (abdi, 2015; Miranda; Salvi, 2019).

O desenvolvimento tecnológico é outro impacto significativo. A integração da construção industrializada com BIM estimula a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias. O uso de impressão 3D, robótica, IoT, realidade aumentada (AR) e realidade virtual (VR) promove avanços contínuos no setor da construção civil. Empresas e instituições de pesquisa são incentivadas a desenvolver soluções mais eficientes, sustentáveis e inteligentes, aumentando a competitividade e a produtividade do setor. Esse ambiente de inovação não apenas beneficia a construção civil, mas também pode ter repercussões positivas em outros setores industriais (Eastman et al., 2011).

A acessibilidade habitacional é um benefício crucial proporcionado pela construção industrializada integrada com BIM. A eficiência na produção e a redução de custos permitem a construção de habitações mais acessíveis, aumentando a oferta de moradias de qualidade a preços mais baixos. Isso é particularmente importante em contextos urbanos, onde a demanda por habitação é alta e os preços são frequentemente proibitivos. A capacidade de construir rapidamente e em grande escala ajuda a mitigar a escassez de habitação, proporcionando soluções habitacionais para populações de baixa e média renda. Além disso, a qualidade e

durabilidade das habitações industrializadas garantem melhores condições de vida a longo prazo.

A melhoria na gestão de projetos é um impacto significativo do uso de BIM. A modelagem digital detalhada e a coordenação integrada que o BIM oferece melhoram a comunicação e a colaboração entre todas as partes envolvidas no projeto, desde arquitetos e engenheiros até construtores e clientes. Isso resulta em maior eficiência, redução de erros e retrabalhos, e cumprimento mais rigoroso dos prazos e orçamentos. A transparência proporcionada pelo BIM permite um acompanhamento contínuo do progresso do projeto, facilitando a identificação e resolução de problemas antes que se tornem críticos. A melhoria na gestão de projetos contribui para a entrega de edificações de alta qualidade, cumprindo as expectativas dos stakeholders e promovendo a confiança no setor (Eastman et al., 2011; Kymmell, 2008; Felisberto et al., 2021).

Em suma, a construção industrializada integrada com BIM tem um impacto socioeconômico profundo e multifacetado. A geração de empregos qualificados, o desenvolvimento tecnológico, a acessibilidade habitacional e a melhoria na gestão de projetos são apenas alguns dos benefícios que transformam a economia e a sociedade. Esses impactos positivos não apenas melhoram a eficiência e a sustentabilidade do setor da construção civil, mas também promovem um desenvolvimento econômico mais equilibrado e inclusivo, contribuindo para o bem-estar geral da população (Abdi, 2015).

3 ESTUDO DE CASO

Este estudo de caso realiza uma análise comparativa aprofundada entre o sistema construtivo convencional, caracterizado por estrutura reticulada em concreto armado e vedações verticais em alvenaria cerâmica, e o sistema *Light Steel Framing* (LSF), aplicada a um projeto de edificação unifamiliar, cujas diretrizes arquitetônicas seguem os preceitos da política habitacional brasileira, especificamente as estabelecidas pelo Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV). Tal abordagem assegura que ambos os modelos sejam avaliados sob condições de mercado e requisitos sociais equivalentes. O escopo da análise concentra-se nas etapas de execução da superestrutura e das vedações verticais, comparando diretamente a estrutura de concreto armado e alvenaria de blocos cerâmicos com os painéis estruturais e de vedação do sistema LSF, com um enfoque particular na viabilidade econômica de cada método.

3.1 Apresentação do Empreendimento

A edificação em estudo trata-se de uma residência, com área total construída de 40,00 m² que compreende uma sala de estar/jantar, uma cozinha, dois dormitórios e um banheiro, com resumo das áreas de cada ambiente descritas na Tabela 1 abaixo. Destaca-se que seu padrão construtivo é classificado como Padrão Baixo (PP-B), conforme a classificação do Sindicato da Indústria da Construção do Estado do Amapá. A Figura 7 apresenta o modelo 3D do projeto arquitetônico, enquanto a Figura 8 detalha sua planta baixa.

Tabela 01 – Resumo dos ambientes e áreas.

Ambiente	Área (m²)
Sala	9,66 m ²
Cozinha	5,67m ²
Dormitório 1	7,83m ²
Dormitório 2	7,25m ²
Banheiro	3,90 m ²
Área de Serviço	2,63m ²

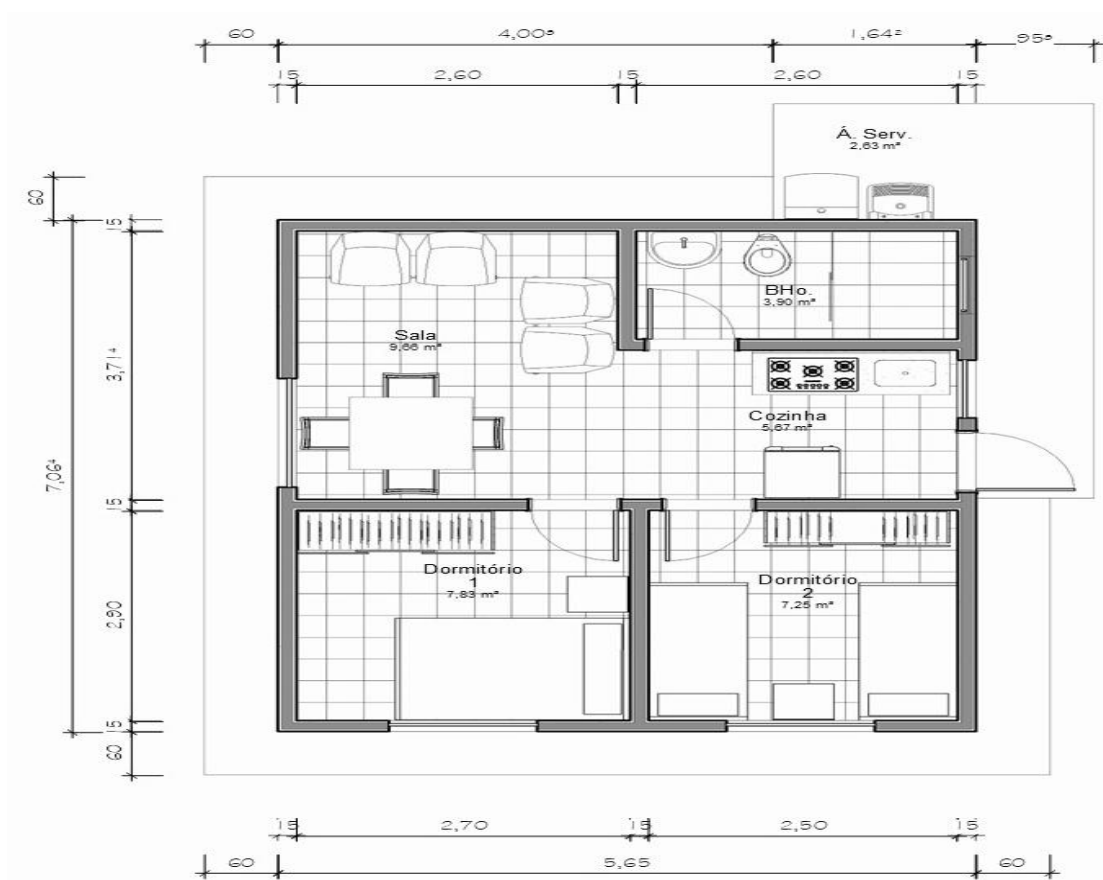
Fonte: Do Autor (2026).

Figura 7 – Modelo 3D projeto arquitetônico.



Fonte: Do Autor (2026).

Figura 8 – Planta baixa projeto arquitetônico

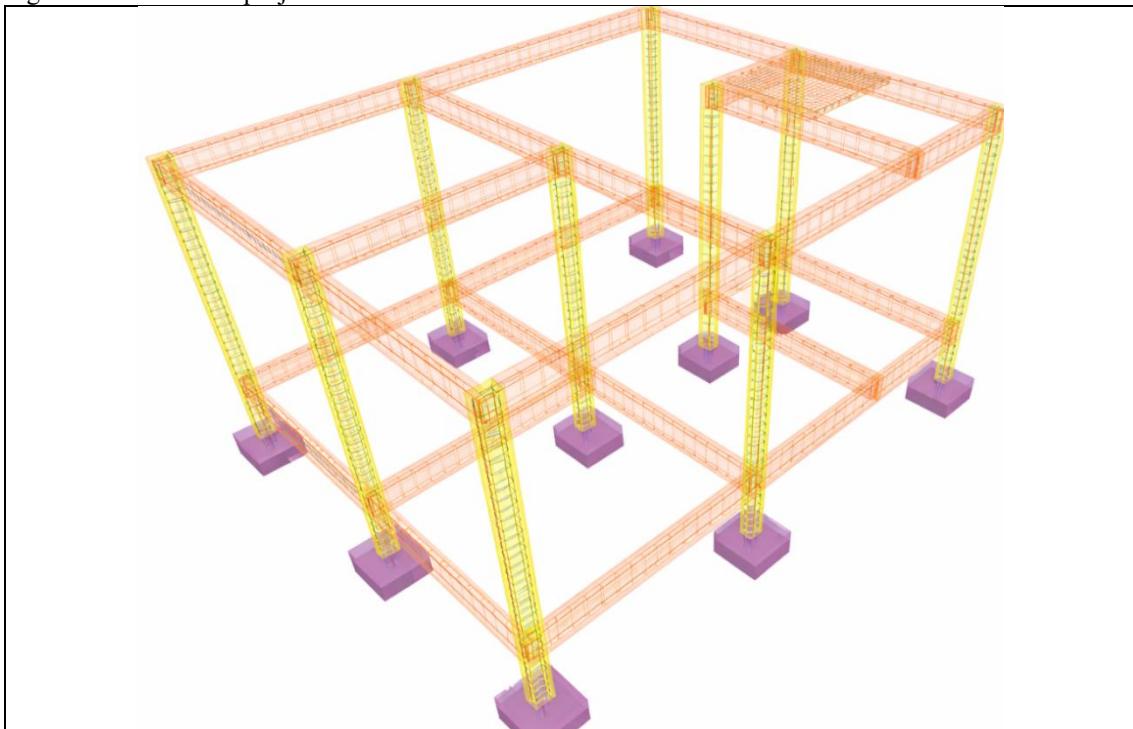


Fonte: Do Autor (2026).

3.2 Sistema Construtivo – método convencional

Para a realização do estudo comparativo para o método convencional considerou a execução da residência unifamiliar com estrutura reticulada em concreto armado e sistema de vedação vertical em alvenaria de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x14x19 cm (espessura de 9 cm). A fundação foi definida como sapata isolada, o plano de apoio da caixa d'água em laje maciça de concreto e seu projeto estrutural foi desenvolvido no *software* CAD TQS, em conformidade com os preceitos da NBR 6118:2024. Esse estudo não tem como objetivo detalhar o processamento realizado para a obtenção do projeto estrutural em concreto armado (CA), cujas pranchas estão anexadas à pesquisa. A Figura 9 ilustra o modelo 3D do projeto estrutural em concreto armado.

Figura 9 – Modelo 3d projeto estrutural em concreto armado.



Fonte: Elaboração própria (2026).

3.3 Levantamento de Quantitativos para construção convencional

Com base nos projetos arquitetônico e estrutural apresentados anteriormente, realizou-se o levantamento de quantitativos para o sistema construtivo convencional. Esses dados subsidiaram a elaboração do orçamento sintético referente às etapas de infraestrutura, superestrutura e vedações, utilizando como referência de precificação o Sistema Nacional de

Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) de janeiro de 2026. Conforme detalhado na Tabela 02, o custo total apurado para a execução destas etapas foi de R\$ 37.427,41.

Tabela 02 – Orçamento sintético proposta em estrutura convencional e alvenaria com blocos cerâmicos.

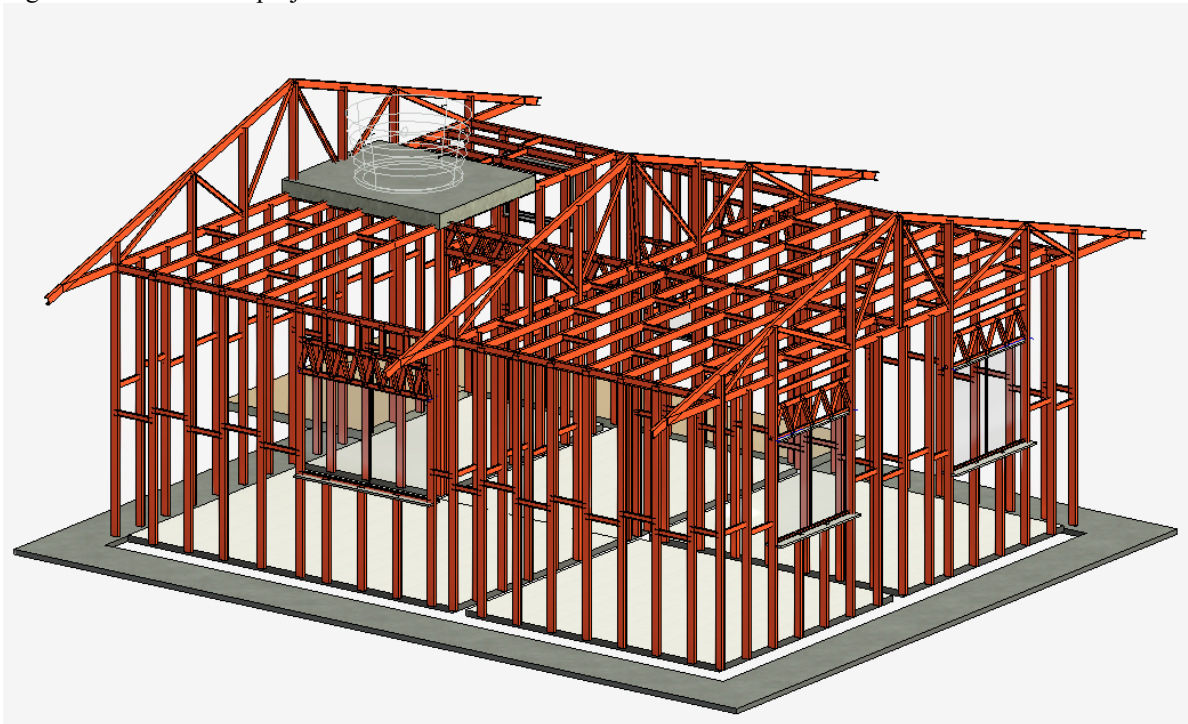
ITEM	BASE DE DADOS	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
1			INFRAESTRUTURA E SUPERESTRUTURA				
1.1	SINAPI-01/2026	96522	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA (SEM ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÓRMAS). AF 01/2024	m³	9,60	R\$ 137,69	R\$ 1.321,82
1.2	SINAPI-01/2026	101616	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MENOR QUE 1,5 M (ACERTO DO SOLO NATURAL). AF 08/2020	m²	3,60	R\$ 7,26	R\$ 26,14
1.3	SINAPI-01/2026	96619	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM BLOCOS DE COROAMENTO OU SAPATAS, ESPESSURA DE 5 CM. AF 01/2024	m²	3,60	R\$ 54,07	R\$ 194,65
1.4	SINAPI-01/2026	104920	ARMAÇÃO DE BLOCO, SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF 01/2024	KG	49,00	R\$ 11,57	R\$ 566,93
1.5	SINAPI-01/2026	94971	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF 05/2021	m³	1,83	R\$ 771,59	R\$ 1.412,01
1.6	SINAPI-01/2026	103670	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF 02/2022	m³	1,83	R\$ 285,82	R\$ 523,05
1.7	SINAPI-01/2026	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	111,00	R\$ 11,98	R\$ 1.329,78
1.8	SINAPI-01/2026	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	78,10	R\$ 14,78	R\$ 1.154,32
1.9	SINAPI-01/2026	92435	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 12 UTILIZAÇÕES. AF 09/2020	m²	8,00	R\$ 62,15	R\$ 1.491,60
1.10	SINAPI-01/2026	94971	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF 05/2021	m³	0,38	R\$ 771,59	R\$ 293,20
1.11	SINAPI-01/2026	103670	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF 02/2022	m³	0,38	R\$ 285,82	R\$ 108,61
1.12	SINAPI-01/2026	93382	REATERRO MANUAL DE VALAS, COM COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO. AF 08/2023	m³	7,77	R\$ 27,38	R\$ 212,74
1.13	SINAPI-01/2026	104918	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF 01/2024	KG	65,00	R\$ 15,19	R\$ 987,35
1.14	SINAPI-01/2026	104916	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF 01/2024	KG	29,00	R\$ 17,32	R\$ 502,28
1.15	SINAPI-01/2026	94971	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF 05/2021	m³	1,83	R\$ 771,59	R\$ 1.412,01
1.16	SINAPI-01/2026	103670	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF 02/2022	m³	1,83	R\$ 285,82	R\$ 523,05
1.17	SINAPI-01/2026	92762	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	118,80	R\$ 11,98	R\$ 1.423,22
1.18	SINAPI-01/2026	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	177,50	R\$ 14,78	R\$ 2.623,45
1.19	SINAPI-01/2026	92435	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 12 UTILIZAÇÕES. AF 09/2020	m²	24,00	R\$ 62,15	R\$ 1.491,60
1.20	SINAPI-01/2026	94971	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF 05/2021	m³	1,13	R\$ 771,59	R\$ 871,90
1.21	SINAPI-01/2026	103670	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF 02/2022	m³	1,13	R\$ 285,82	R\$ 322,98
1.22	SINAPI-01/2026	92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	65,00	R\$ 13,35	R\$ 867,75
1.23	SINAPI-01/2026	92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	KG	30,00	R\$ 14,78	R\$ 443,40
1.24	SINAPI-01/2026	92459	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 6 UTILIZAÇÕES. AF 09/2020	m²	25,48	R\$ 145,54	R\$ 3.708,36
1.25	SINAPI-01/2026	94971	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF 05/2021	m³	1,57	R\$ 771,59	R\$ 1.211,40
1.26	SINAPI-01/2026	103670	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF 02/2022	m³	1,57	R\$ 285,82	R\$ 448,74
2			PAREDE E PAINÉIS				
2.1	SINAPI-01/2026	103332	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X14X19 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF 12/2021	m²	97,03	R\$ 123,21	R\$ 11.955,07
CUSTO TOTAL (R\$)							R\$ 37.427,41

Fonte: Elaboração própria (2026).

3.4 Sistema Construtivo – Light Steel Framing (LSF)

O projeto proposto em LSF foi desenvolvido no *software* CYPECAD, considerando a norma NBR 14762:2010. Para o desenvolvimento do projeto, foram seguidas as recomendações do manual do Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA): Detalhes Construtivos para Construções em *Steel Framing*. A Figura 8 apresenta o modelo 3D da estrutura LSF.

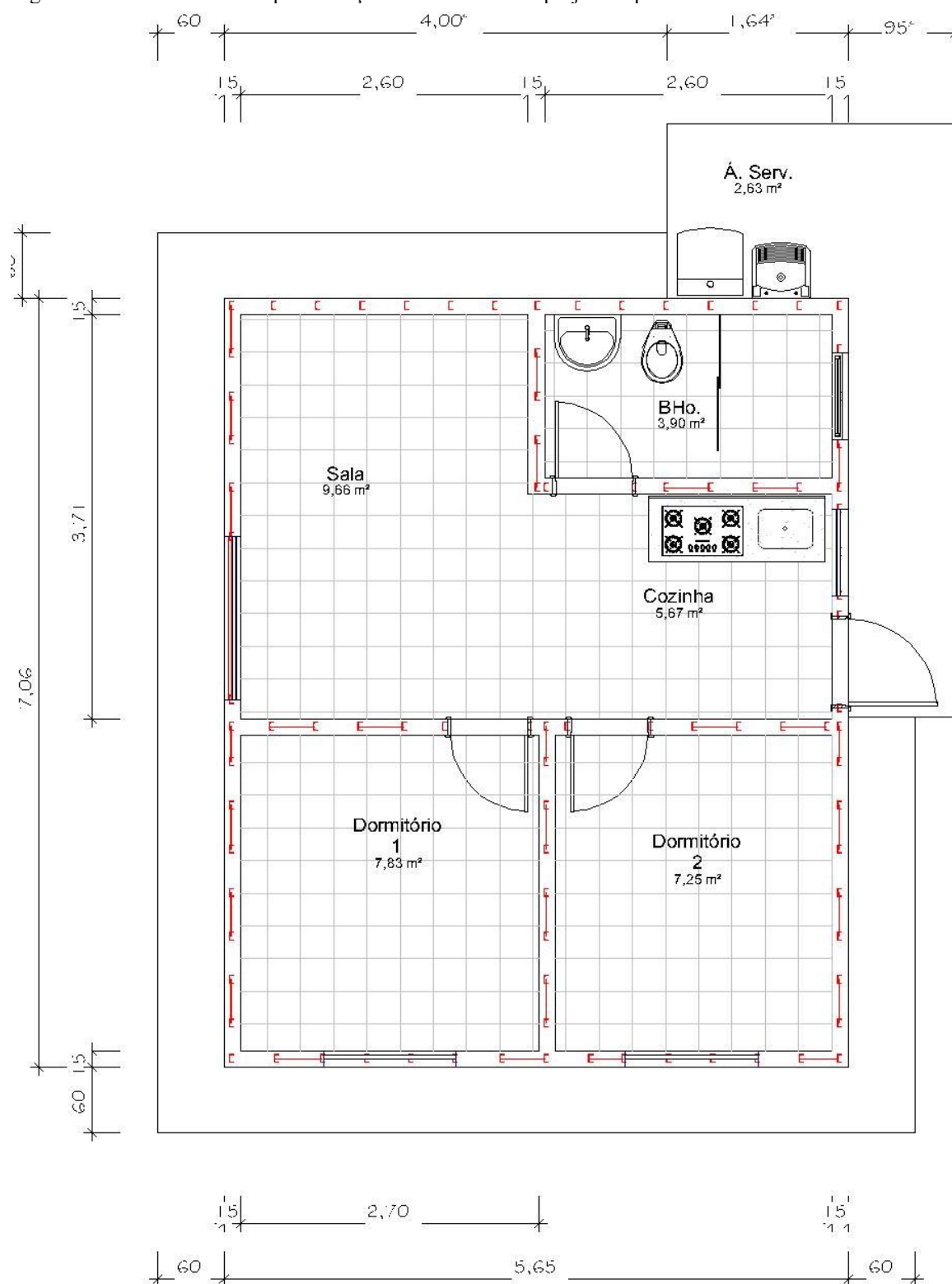
Figura 10 – Modelo 3d projeto estrutural em LSF.



Fonte: Elaboração própria (2026).

É importante salientar que a análise de viabilidade não incluiu a estrutura LSF para a cobertura da edificação, embora sua execução seja possível e recomendada pelo CBCA. A estrutura em LSF proposta adotou a distância dos montantes a cada 40 cm, sempre que possível. Para as aberturas de vãos de portas e janelas, utilizou-se estrutura treliçada, com o mesmo perfil dos montantes e guias das paredes. A Figura 11 demonstra a compatibilização do sistema LSF com a arquitetura da edificação.

Figura 11 – Planta Baixa compatibilização estrutura LSF no projeto arquitetônico.

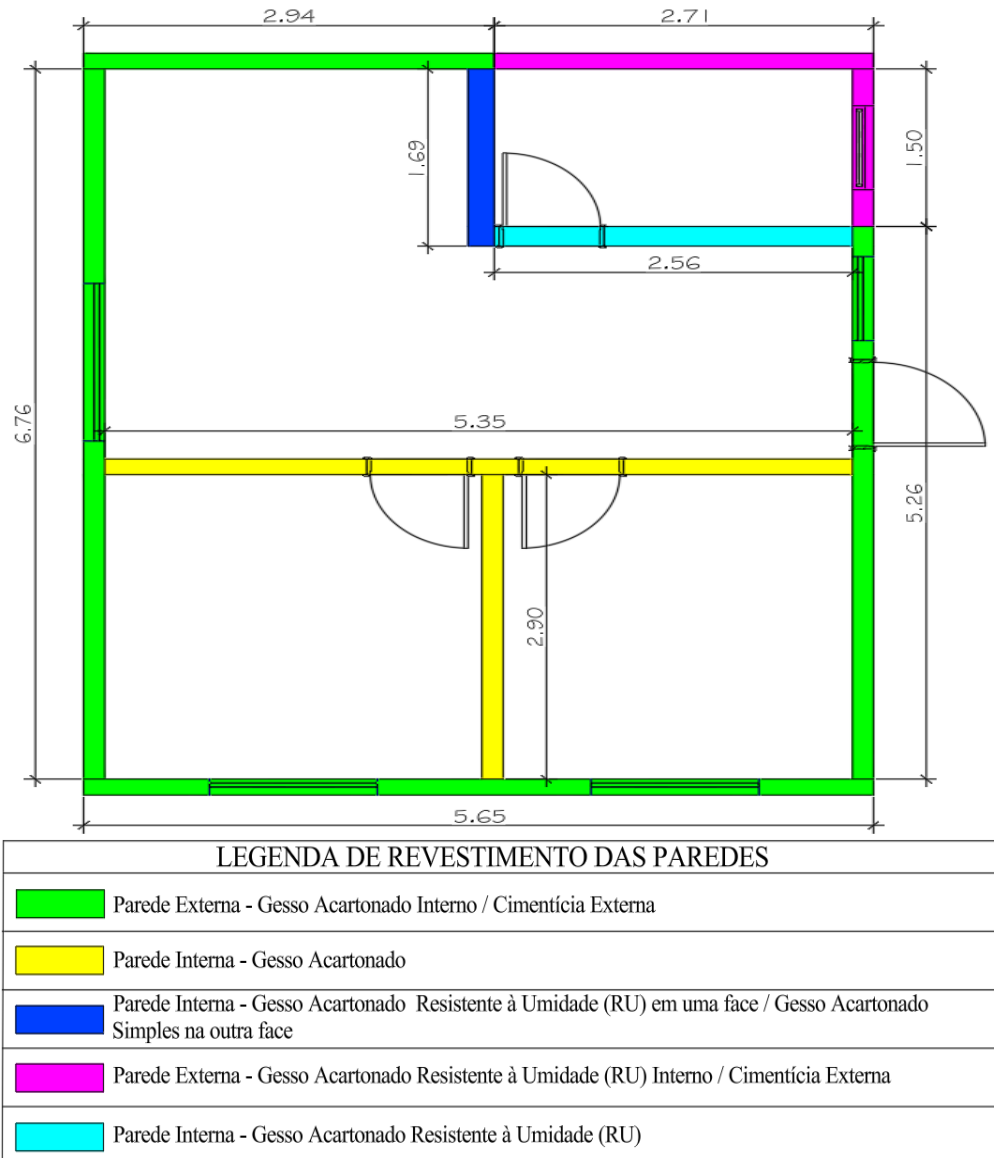


Fonte: Elaboração própria (2026).

3.5 Levantamento de Quantitativos para Light Steel Framing (LSF)

Para a quantificação dos sistemas de vedação vertical (paredes) em *Light Steel Framing* (LSF), tornou-se imperativa a classificação das paredes com base no tipo de revestimento aplicado em suas superfícies. Esta abordagem é fundamental, considerando que as paredes internas demandam especificações distintas para ambientes secos e úmidos, enquanto as paredes externas exigem a aplicação de placas cimentícias em sua face exposta. Nesse contexto, a Figura 12 ilustra a divisão e classificação adotada, detalhando os diferentes tipos de revestimento empregados, e o Tabela 3 resume os quantitativos específicos para cada tipologia de parede identificada.

Figura 12 – Planta Baixa compatibilização revestimento LSF no projeto arquitetônico.



Fonte: Elaboração própria (2026).

As Composições de Preço Unitário (CPUs) foram elaboradas para determinar o custo direto por unidade de serviço das etapas construtivas do sistema *Light Steel Frame* e da fundação em Radier, tomando como referência os estudos desenvolvidos por TCPO (PINI, 2017) e BATISTA (2020), apresentados nas Tabela de 3 a 5.

Tabela 03 – Steel Frame para parede interna, fechamento em gesso acartonado para ambiente seco, espaçamento entre os perfis verticais de 40cm – pavimento terra – m²

3R 10 21 00 00 00 00 05 10		Steel Frame para parede interna, fechamento em gesso acartonado para ambiente seco, espaçamento entre os perfis verticais de 40cm – pavimento terra – m²	
Código	Descrição	Unid.	Consumos
2N 36 16 25 15 01	Ajudante	h	0,1000
2N 36 16 25 12 37	Montador	h	0,5000
2C 03 04 03 30 11	Argamassa para tratamento de juntas em chapas de gesso acartonado	kg	0,8700
2C 03 14 02 17 08	Perfil em aço galvanizado tipo "C" montante para steel frame largura do montante 90 mm # 1,25 mm	m	2,7500
2C 03 14 02 17 14	Perfil em aço galvanizado tipo "U" guia para steel frame largura do montante 90 mm # 1,25 mm	m	0,8000
2C 04 04 08 00 26	Painel de gesso acartonado - Drywall com bordas rebaixadas para locais secos 120 x 240 x 1,25 cm	m ²	2,0600
2C 03 08 05 00 05	Fita autoadesiva para isolamento acústico de paredes de gesso acartonado largura 90 mm	m	1,8300
2C 04 04 08 00 03	Fita papel microperfurado para tratamento de junta em gesso acartonado largura 50 mm	m	3,0000
2C 03 08 02 13 30	Parafuso autoperfurante autoatarraxante com cabeça trombeta e ponta agulha para gesso acartonado Ø 3,5 mm x 25 mm	un	30,0000

Fonte: TCPO (PINI, 2017).

Tabela 04 – Parede em Estrutura Metálica.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Montador de estrutura metálica	H	0,50
Ajudante	H	0,20
Guias U 92.38 #95	M	0,77
Montantes Ue 90.40.12 #95	M	2,97
Bloqueadores U 92.38 #95	M	0,60
Bloqueadores Ue 90.40.12 #95	M	0,27
Fitas de aço 0,38x0,8mm	M	0,27
Parafuso 4,8 x 19mm flangeado pb	Un	3,50
Parafuso 4,8 x 19mm sextavado pb	Un	3,50
Parabolt 5/16 x 4.1/4	Un	0,20

Fonte: Batista (2020).

Tabela 05 – Painéis revestidos com Placa Cimentícia e OSB.

Descrição	Unidade	Coefficiente
Montador de estrutura metálica	H	0,30
Ajudante	H	0,07
OSB 1,20x2,40 e=11,1mm	M²	1,05
Placa cimentícia 1,20x2,40 e=10,0mm	M²	1,05
Parafuso 4,2x32mm ponta broca	Un	18,00
Parafuso c/ asa 4,2x32mm ponta broca	Un	18,00
Membrana hidrófuga	M²	1,17
Fita telada p/ cimentícia	M	1,23
Massa para tratamento de juntas	Kg	0,45

Fonte: Batista (2020).

As Tabelas 06 a 11 apresentam o detalhamento das CPUs com os insumos necessários, segregados em mão de obra especializada (montadores e ajudantes) e materiais. Estes englobam desde a estrutura metálica (perfis e guias) e elementos de fixação, até as camadas de fechamento (placas OSB, cimentícias e gesso acartonado) e tratamento de juntas. As composições foram segmentadas para atender às exigências de desempenho de cada ambiente, diferenciando-se configurações para paredes externas, internas e áreas úmidas (placas RU).

Tabela 06 – CPU01 - Parede Externa - Gesso Acartonado Interno / Cimentícia Externa.

BASE DE DADOS	CÓDIGO	DISCRICÃO	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
SINAPI	44497	MONTADOR DE ESTRUTURAS METALICAS HORISTA	H	0,80	R\$ 21,15	R\$ 16,92
SINAPI	44499	AJUDANTE DE ESTRUTURAS METALICAS (HORISTA)	H	0,50	R\$ 17,14	R\$ 8,57
SINAPI	39434	MASSA DE REJUNTE EM PO PARA DRYWALL, A BASE DE GESSO, SECAGEM RAPIDA, PARA TRATAMENTO DE JUNTAS DE CHAPA DE GESSO (NECESSITA ADICAO DE AGUA)	KG	0,87	R\$ 3,73	R\$ 3,25
PRÓPRIA	COTAÇÃO	PERFIL DE AÇO GALVANIZADO TIPO "C" MONTANTE PARA STEEL FRAME LARGURA DO MONTANTE 90 MM	M	2,75	R\$ 14,05	R\$ 38,64
PRÓPRIA	COTAÇÃO	PERFIL EM AÇO GALVANIZADO TIPO "U" GUIA PARA STEEL FRAME LARGURA DO MONTANTE 90MM	M	0,80	R\$ 12,80	R\$ 10,24
PRÓPRIA	COTAÇÃO	BANDA ACUSTICA AUTO ADESIVA 70x4x10.000	M	1,83	R\$ 2,61	R\$ 4,78
SINAPI	39431	FITA DE PAPEL MICROPERFURADO, 50 X 150 MM, PARA TRATAMENTO DE JUNTAS DE CHAPA DE GESSO PARA DRYWALL	M	3,00	R\$ 0,34	R\$ 1,02
PRÓPRIA	COTAÇÃO	PARAFUSO GLASROC 25	UND	30,00	R\$ 0,66	R\$ 19,71
SINAPI	11964	PARAFUSO DE AÇO ZINCADO, TIPO CHUMBADOR PARABOLT, DIAMETRO 3/8", COMPRIMENTO 75 MM	UND	0,20	R\$ 2,91	R\$ 0,58
PRÓPRIA	COTAÇÃO	MEMBRANA HIDROFUGA TYPAR	M²	1,07	R\$ 11,35	R\$ 12,14
CPOS	D.02.000.021072	CHAPA OSB (ORIENTED STRAND BOARD) DE 12MM (2,20X1,22)M	M²	2,04	R\$ 47,26	R\$ 96,41
SINAPI	39413	PLACA / CHAPA DE GESSO ACARTONADO, STANDARD (ST), COR BRANCA, E = 12,5 MM, 1200 X 2400 MM (L X C)	M²	1,05	R\$ 21,63	R\$ 22,71
SINAPI	11062	PLACA CIMENTICIA LISA E = 10 MM, DE 1,20 X 2,50* M (SEM AMIANTO)	M²	1,05	R\$ 40,21	R\$ 42,22
VALOR TOTAL (R\$)						R\$ 277,19

Fonte: Elaboração própria (2026).

Tabela 07 - CPU 02 - Parede Interna - Gesso Acartonado.

BASE DE DADOS	CÓDIGO	DISCRIÇÃO	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
SINAPI	44497	MONTADOR DE ESTRUTURAS METALICAS HORISTA	H	0,80	R\$ 21,15	R\$ 16,92
SINAPI	44499	AJUDANTE DE ESTRUTURAS METALICAS (HORISTA)	H	0,50	R\$ 17,14	R\$ 8,57
SINAPI	39434	MASSA DE REJUNTE EM PO PARA DRYWALL, A BASE DE GESSO, SECAGEM RAPIDA, PARA TRATAMENTO DE JUNTAS DE CHAPA DE GESSO (NECESSITA ADICAO DE AGUA)	KG	0,87	R\$ 3,73	R\$ 3,25
PRÓPRIA	COTAÇÃO	PERFIL DE AÇO GALVANIZADO TIPO "C" MONTANTE PARA STEEL FRAME LARGURA DO MONTANTE 90 MM	M	2,75	R\$ 14,05	R\$ 38,64
PRÓPRIA	COTAÇÃO	PERFIL EM AÇO GALVANIZADO TIPO "U" GUIA PARA STEEL FRAME LARGURA DO MONTANTE 90MM	M	0,80	R\$ 12,80	R\$ 10,24
PRÓPRIA	COTAÇÃO	BANDA ACUSTICA AUTO ADESIVA 70x4x10.000	M	1,83	R\$ 2,61	R\$ 4,78
SINAPI	39431	FITA DE PAPEL MICROPERFURADO, 50 X 150 MM, PARA TRATAMENTO DE JUNTAS DE CHAPA DE GESSO PARA DRYWALL	M	3,00	R\$ 0,34	R\$ 1,02
PRÓPRIA	COTAÇÃO	PARAFUSO GLASROC 25	UND	30,00	R\$ 0,66	R\$ 19,71
SINAPI	11964	PARAFUSO DE AÇO ZINCADO, TIPO CHUMBADOR PARABOLT, DIAMETRO 3/8", COMPRIMENTO 75 MM	UND	0,20	R\$ 2,91	R\$ 0,58
PRÓPRIA	COTAÇÃO	MEMBRANA HIDROFUGA TYPAR	M²	1,07	R\$ 11,35	R\$ 12,14
CPOS	D.02.000.021072	CHAPA OSB (ORIENTED STRAND BOARD) DE 12MM (2,20X1,22)M	M²	2,04	R\$ 47,26	R\$ 96,41
SINAPI	39413	PLACA / CHAPA DE GESSO ACARTONADO, STANDARD (ST), COR BRANCA, E = 12,5 MM, 1200 X 2400 MM (L X C)	M²	2,04	R\$ 21,63	R\$ 44,13
VALOR TOTAL (R\$)						R\$ 256,39

Fonte: Elaboração própria (2026).

Tabela 08 – CPU 03 - Parede Interna - Gesso Acartonado Resistente à Umidade (RU) em uma face / Gesso Acartonado Simples na outra face.

BASE DE DADOS	CÓDIGO	DISCRIÇÃO	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
SINAPI	44497	MONTADOR DE ESTRUTURAS METALICAS HORISTA	H	0,80	R\$ 21,15	R\$ 16,92
SINAPI	44499	AJUDANTE DE ESTRUTURAS METALICAS (HORISTA)	H	0,50	R\$ 17,14	R\$ 8,57
SINAPI	39434	MASSA DE REJUNTE EM PO PARA DRYWALL, A BASE DE GESSO, SECAGEM RAPIDA, PARA TRATAMENTO DE JUNTAS DE CHAPA DE GESSO (NECESSITA ADICAO DE AGUA)	KG	0,87	R\$ 3,73	R\$ 3,25
PRÓPRIA	COTAÇÃO	PERFIL DE AÇO GALVANIZADO TIPO "C" MONTANTE PARA STEEL FRAME LARGURA DO MONTANTE 90 MM	M	2,75	R\$ 14,05	R\$ 38,64
PRÓPRIA	COTAÇÃO	PERFIL EM AÇO GALVANIZADO TIPO "U" GUIA PARA STEEL FRAME LARGURA DO MONTANTE 90MM	M	0,80	R\$ 12,80	R\$ 10,24
PRÓPRIA	COTAÇÃO	BANDA ACUSTICA AUTO ADESIVA 70x4x10.000	M	1,83	R\$ 2,61	R\$ 4,78
SINAPI	39431	FITA DE PAPEL MICROPERFURADO, 50 X 150 MM, PARA TRATAMENTO DE JUNTAS DE CHAPA DE GESSO PARA DRYWALL	M	3,00	R\$ 0,34	R\$ 1,02
PRÓPRIA	COTAÇÃO	PARAFUSO GLASROC 25	UND	30,00	R\$ 0,66	R\$ 19,71
SINAPI	11964	PARAFUSO DE AÇO ZINCADO, TIPO CHUMBADOR PARABOLT, DIAMETRO 3/8", COMPRIMENTO 75 MM	UND	0,20	R\$ 2,91	R\$ 0,58
PRÓPRIA	COTAÇÃO	MEMBRANA HIDROFUGA TYPAR	M²	1,07	R\$ 11,35	R\$ 12,14
CPOS	D.02.000.021072	CHAPA OSB (ORIENTED STRAND BOARD) DE 12MM (2,20X1,22)M	M²	2,04	R\$ 47,26	R\$ 96,41
SINAPI	39416	PLACA / CHAPA DE GESSO ACARTONADO, RESISTENTE A UMIDADE (RU), COR VERDE, E = 12,5 MM, 1200 X 1800 MM (L X C)	M²	1,05	29,25	R\$ 30,71
SINAPI	39413	PLACA / CHAPA DE GESSO ACARTONADO, STANDARD (ST), COR BRANCA, E = 12,5 MM, 1200 X 2400 MM (L X C)	M²	1,05	R\$ 21,63	R\$ 22,71
VALOR TOTAL (R\$)						R\$ 265,68

Fonte: Elaboração própria (2026).

Tabela 09 – CPU04 - Parede Externa - Gesso Acartonado Resistente à Umidade (RU) Interno / Cimentícia Externa.

BASE DE DADOS	CÓDIGO	DISCRIÇÃO	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
SINAPI	44497	MONTADOR DE ESTRUTURAS METALICAS HORISTA	H	0,80	R\$ 21,15	R\$ 16,92
SINAPI	44499	AJUDANTE DE ESTRUTURAS METALICAS (HORISTA)	H	0,50	R\$ 17,14	R\$ 8,57
SINAPI	39434	MASSA DE REJUNTE EM PO PARA DRYWALL, A BASE DE GESSO, SECAGEM RAPIDA, PARA TRATAMENTO DE JUNTAS DE CHAPA DE GESSO (NECESSITA ADICAO DE AGUA)	KG	0,87	R\$ 3,73	R\$ 3,25
PRÓPRIA	COTAÇÃO	PERFIL DE AÇO GALVANIZADO TIPO "C" MONTANTE PARA STEEL FRAME LARGURA DO MONTANTE 90 MM	M	2,75	R\$ 14,05	R\$ 38,64
PRÓPRIA	COTAÇÃO	PERFIL EM AÇO GALVANIZADO TIPO "U" GUIA PARA STEEL FRAME LARGURA DO MONTANTE 90MM	M	0,80	R\$ 12,80	R\$ 10,24
PRÓPRIA	COTAÇÃO	BANDA ACUSTICA AUTO ADESIVA 70x4x10.000	M	1,83	R\$ 2,61	R\$ 4,78
SINAPI	39431	FITA DE PAPEL MICROPERFURADO, 50 X 150 MM, PARA TRATAMENTO DE JUNTAS DE CHAPA DE GESSO PARA DRYWALL	M	3,00	R\$ 0,34	R\$ 1,02
PRÓPRIA	COTAÇÃO	PARAFUSO GLASROC 25	UND	30,00	R\$ 0,66	R\$ 19,71
SINAPI	11964	PARAFUSO DE AÇO ZINCADO, TIPO CHUMBADOR PARABOLT, DIAMETRO 3/8", COMPRIMENTO 75 MM	UND	0,20	R\$ 2,91	R\$ 0,58
PRÓPRIA	COTAÇÃO	MEMBRANA HIDROFUGA TYPAR	M²	1,07	R\$ 11,35	R\$ 12,14
CPOS	D.02.000.021072	CHAPA OSB (ORIENTED STRAND BOARD) DE 12MM (2,20X1,22)M	M²	2,04	R\$ 47,26	R\$ 96,41
SINAPI	39416	PLACA / CHAPA DE GESSO ACARTONADO, RESISTENTE A UMIDADE (RU), COR VERDE, E = 12,5 MM, 1200 X 1800 MM (L X C)	M²	1,05	29,25	R\$ 30,71
SINAPI	11062	PLACA CIMENTICIA LISA E = 10 MM, DE 1,20 X *2,50* M (SEM AMIANTO)	M²	1,05	R\$ 40,21	R\$ 42,22
VALOR TOTAL (R\$)						R\$ 285,19

Fonte: Elaboração própria (2026).

Tabela 10 – CPU 05 - Parede Interna - Gesso Acartonado Resistente à Umidade (RU).

BASE DE DADOS	CÓDIGO	DISCRIÇÃO	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
SINAPI	44497	MONTADOR DE ESTRUTURAS METALICAS HORISTA	H	0,80	R\$ 21,15	R\$ 16,92
SINAPI	44499	AJUDANTE DE ESTRUTURAS METALICAS (HORISTA)	H	0,50	R\$ 17,14	R\$ 8,57
SINAPI	39434	MASSA DE REJUNTE EM PO PARA DRYWALL, A BASE DE GESSO, SECAGEM RAPIDA, PARA TRATAMENTO DE JUNTAS DE CHAPA DE GESSO (NECESSITA ADICAO DE AGUA)	KG	0,87	R\$ 3,73	R\$ 3,25
PRÓPRIA	COTAÇÃO	PERFIL DE AÇO GALVANIZADO TIPO "C" MONTANTE PARA STEEL FRAME LARGURA DO MONTANTE 90 MM	M	2,75	R\$ 14,05	R\$ 38,64
PRÓPRIA	COTAÇÃO	PERFIL EM AÇO GALVANIZADO TIPO "U" GUIA PARA STEEL FRAME LARGURA DO MONTANTE 90MM	M	0,80	R\$ 12,80	R\$ 10,24
PRÓPRIA	COTAÇÃO	BANDA ACUSTICA AUTO ADESIVA 70x4x10.000	M	1,83	R\$ 2,61	R\$ 4,78
SINAPI	39431	FITA DE PAPEL MICROPERFURADO, 50 X 150 MM, PARA TRATAMENTO DE JUNTAS DE CHAPA DE GESSO PARA DRYWALL	M	3,00	R\$ 0,34	R\$ 1,02
PRÓPRIA	COTAÇÃO	PARAFUSO GLASROC 25	UND	30,00	R\$ 0,66	R\$ 19,71
SINAPI	11964	PARAFUSO DE AÇO ZINCADO, TIPO CHUMBADOR PARABOLT, DIAMETRO 3/8", COMPRIMENTO 75 MM	UND	0,20	R\$ 2,91	R\$ 0,58
PRÓPRIA	COTAÇÃO	MEMBRANA HIDROFUGA TYPAR	M²	1,07	R\$ 11,35	R\$ 12,14
CPOS	D.02.000.021072	CHAPA OSB (ORIENTED STRAND BOARD) DE 12MM (2,20X1,22)M	M²	2,04	R\$ 47,26	R\$ 96,41
SINAPI	39416	PLACA / CHAPA DE GESSO ACARTONADO, RESISTENTE A UMIDADE (RU), COR VERDE, E = 12,5 MM, 1200 X 1800 MM (L X C)	M²	2,04	29,25	R\$ 59,67
VALOR TOTAL (R\$)						R\$ 271,93

Fonte: Elaboração própria (2026).

Tabela 11 – Execução de radier, espessura de 20 cm, fck = 30 mpa, com uso de formas metálicas. Af 09/2021.

BASE DE DADOS	CÓDIGO	DISCRICÃO	UNIDADE	COEFICIENTE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	PERCENTUAL
C	97091	ARMAÇÃO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM USO DE TELA Q-159. AF_09/2021	KG	5,04	12,46	62,80	17,00%
C	97087	CAMADA SEPARADORA PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, EM LONA PLÁSTICA. AF_09/2021	m²	1,24	2,46	3,05	1,00%
C	97083	COMPACTAÇÃO MECÂNICA DE SOLO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM COMPACTADOR DE SOLOS A PERCUSSÃO. AF_09/2021	m²	1,0	3,24	3,24	1,00%
C	97096	CONCRETAGEM DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, FCK 30 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_09/2021	m³	0,235	1.017,54	239,12	66,00%
C	97082	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VIGA DE BORDA PARA RADIER. AF_09/2021	m³	0,035	60,86	2,13	1,00%
C	96624	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR (PEDRA BRITADA N.2), APLICADO EM PISOS OU LAJES SOBRE SOLO, ESPESSURA DE *10 CM*. AF_01/2024	m³	0,1	412,47	41,25	11,00%
C	97085	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA PARA RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM SISTEMA DE FORMAS MANUSEÁVEIS METÁLICAS. AF_09/2021	m²	0,12	94,47	11,34	3,00%
VALOR TOTAL (R\$)						362,92	100,00%

Fonte: Elaboração própria (2026).

O orçamento sintético, detalhado na tabela 12, consolida os custos diretos para a execução da obra, totalizando um custo de R\$ 41.200,82. A planilha discrimina o custo da infraestrutura, referente à execução do radier de 40,00 m² (Item 1.1), que somou R\$ 14.516,80, baseando-se no SINAPI. Já a superestrutura (Itens 2.1 a 2.5) agrupa as composições de preço unitários (CPUs), desenvolvidas para os diferentes tipos de vedação do sistema *Light Steel Frame*, considerando as especificidades de paredes internas, externas e áreas úmidas, destaca-se ainda a etapa de isolamento térmico acústico que foi orçado em metros quadrados com o uso de lã de vidro (Item 3.1).

Tabela 12 – Orçamento sintético proposta com o Sistema Light Steel Frame.

ITEM	BASE DE DADOS	CÓDIGO	DISCRICÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1			INFRAESTRUTURA				R\$ 14.516,80
1.1	SINAPI	97100	EXECUÇÃO DE RADIER, ESPESSURA DE 20 CM, FCK = 30 MPA, COM USO DE FORMAS METÁLICAS. AF_09/2021	M²	40,00	R\$ 362,92	R\$ 14.516,80
2			SUPERESTRUTURA				R\$ 26.452,12
2.1	PRÓPRIA	CPU 01	PAREDE EXTERNA - GESSO ACARTONADO INTERNO / CIMENTÍCIA EXTERNA	M²	53,586	R\$ 277,19	R\$ 14.853,50
2.2	PRÓPRIA	CPU 02	PAREDE INTERNA - GESSO ACARTONADO	M²	21,45	R\$ 256,39	R\$ 5.499,57
2.3	PRÓPRIA	CPU 03	PAREDE INTERNA - GESSO ACARTONADO RESISTENTE A UMIDADE (RU) EM UMA FACE / GESSO ACARTONADO SIMPLES NA OUTRA FACE	M²	4,394	R\$ 265,68	R\$ 1.167,40
2.4	PRÓPRIA	CPU 04	PAREDE EXTERNA - GESSO ACARTONADO RESISTENTE A UMIDADE (RU) INTERNO / CIMENTÍCIA EXTERNA	M²	10,946	R\$ 285,19	R\$ 3.121,69
2.5	PRÓPRIA	CPU 05	PAREDE INTERNA - GESSO ACARTONADO RESISTENTE A UMIDADE (RU)	M²	6,656	R\$ 271,93	R\$ 1.809,97
3			ISOLAMENTO TÉRMICO ACÚSTICO				R\$ 231,90
3.1	SINAPI	104725	INSTALAÇÃO DE ISOLAMENTO COM LÃ DE VIDRO EM PAREDE DRYWALL. AF_07/2023	M²	97,03	R\$ 2,39	R\$ 231,90
CUSTO TOTAL (R\$)							R\$ 41.200,82

Fonte: Elaboração própria (2026).

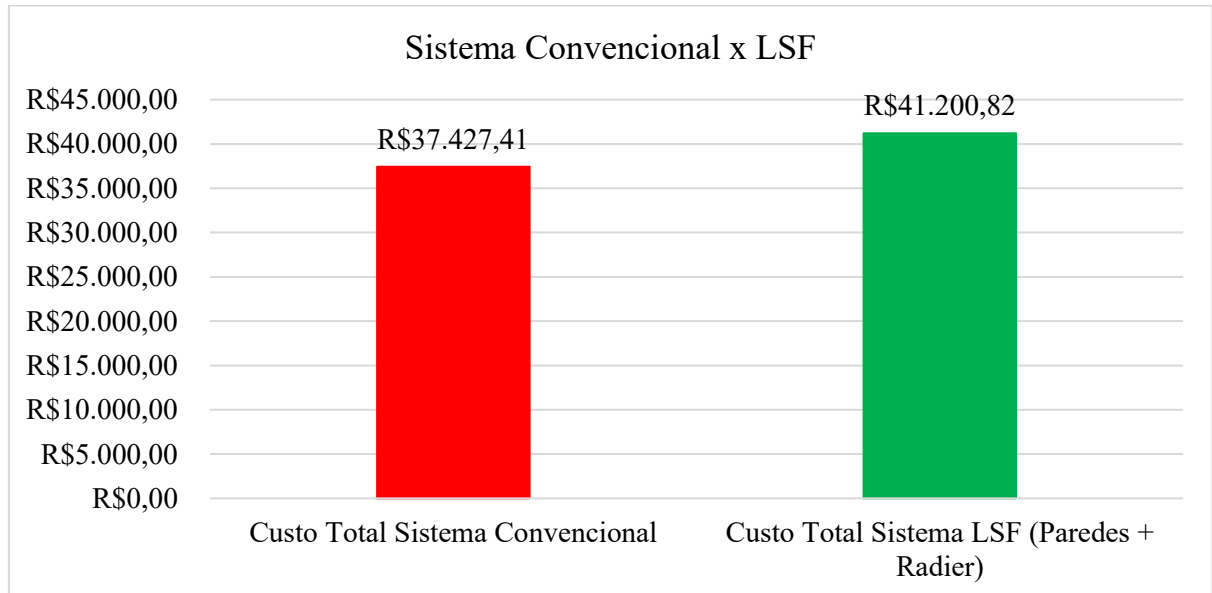
4 ANÁLISE COMPARATIVA: SISTEMA CONVENCIONAL VS. LSF

4.1 Análise Econômica

A análise econômica comparativa entre o sistema construtivo convencional e o *Light Steel Framing* (LSF) é crucial para determinar a viabilidade de cada método para o projeto em questão. Os custos totais levantados para as etapas de infraestrutura, superestrutura e vedações verticais são apresentados a seguir:

- Custo Total Sistema Convencional: R\$ 37.427,41
- Custo Total Sistema LSF (Paredes + Radier): R\$ 41.200,82

Gráfico 1 – Custos Totais dos Sistemas Construtivos.



Fonte: Elaboração própria (2026).

A partir dos dados apresentados e considerando o custo total do sistema convencional como base, é possível afirmar que o sistema LSF teve um acréscimo de 10,08% no custo total.

Os resultados demonstram que, para o projeto unifamiliar analisado, o sistema LSF se mostra economicamente menos vantajoso em comparação ao sistema construtivo convencional. Esta diferença de custo pode ser atribuída a diversos fatores:

- Materiais: alguns materiais do LSF (como perfis de aço e placas específicas) possam ter custo unitário elevado, no entanto a otimização no uso e a redução de perdas podem gerar economia global. No sistema convencional, o custo da alvenaria e do concreto armado, incluindo formas e armaduras, contribui significativamente para o valor final.

- **Tempo de Execução:** A rapidez na execução do LSF impacta diretamente nos custos indiretos da obra, como aluguel de equipamentos, despesas administrativas e financeiras. Um cronograma mais curto resulta em menor desembolso total.
- **Mão de Obra:** A montagem do LSF é tipicamente mais rápida e exige mão de obra especializada, mas em menor quantidade e por um período mais curto, o que pode reduzir os custos indiretos de canteiro e encargos trabalhistas. O sistema convencional, por sua vez, demanda mais tempo e diferentes equipes para cada etapa (fundação, estrutura, alvenaria).
- **Resíduos:** O LSF gera significativamente menos resíduos no canteiro de obras, o que reduz os custos com descarte e contribui para uma construção mais sustentável.

É fundamental ressaltar que esta análise se baseia nos quantitativos e custos unitários levantados para este projeto específico. Variações regionais de preços de materiais e mão de obra, bem como a complexidade do projeto, podem influenciar os resultados. Contudo, para o cenário estudado, o LSF apresenta uma alternativa econômica promissora.

4.2 Análise do prazo de execução

O prazo de execução das obras, tanto para o sistema convencional quanto para o sistema LSF, foi determinado a partir dos índices de produtividades da mão de obra associados a cada atividade, utilizando como referência o SINAP do mês de janeiro de 2026, e os quantitativos levantados em projeto. A partir desses parâmetros, foi possível dimensionar as equipes necessárias e estimar a duração de cada etapa do processo construtivo.

Através do quadro de sequenciação apresentado nas tabelas 7 e 8, definiu-se a equipe básica necessária para a execução dos serviços, assim como a duração de cada atividade em dias, considerando uma jornada de trabalho de 8 horas diárias. Além disso, a alocação dos recursos humanos foi ajustada conforme volume e complexidade de cada atividade, resultando em variações nos prazos de execução, contribuindo para a elaboração do cronograma de obra mais preciso.

Nas tabelas 13 e 14, apresenta-se a tabela estruturada segundo o método do Diagrama de Precedência (PDM), onde as atividades são organizadas com base em suas relações de dependência lógica, ou seja, cada tarefa só pode ser iniciada após a conclusão de sua predecessora, conforme indicado na coluna de dependência.

Tabela 13 – Quadro de Sequenciação do Sistema Construtivo do Método Convencional.

Item	Atividades	Und.	Qtd.	Equipe Básica				Coeficiente Unitário	Coeficiente Total	Jornada Diária (h/dia)	Dias da equipe básica	Duração adotado (dias)	Recursos			
				Armador	Pedreiro	Servente	Carpinteiro						Armador	Pedreiro	Servente	Carpinteiro
1.1	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA (SEM ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÔRMAS). AF_01/2024	m³	9,60		1			1,683	1,683	8,00	3	1		3		
1.2	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MENOR QUE 1,5 M (ACERTO DO SOLO NATURAL). AF_08/2020	m²	3,60		1			0,111	0,111	8,00	1	1		1		
1.3	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM BLOCOS DE COROAMENTO OU SAPATAS, ESPESSURA DE 5 CM. AF_01/2024	m²	3,60		1			0,33905	0,33905	8,00	1	1		1		
1.4	ARMAÇÃO DE BLOCO, SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_01/2024	KG	49,00	1				0,064	0,064	8,00	1	1	1			
1.5	CONCRETO FCK = 25MPa, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	1,83			1		1,9792	1,9792	8,00	1	1			1	
1.6	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_02/2022	m³	1,83				1	2,459	2,459	8,00	1	1				1
1.7	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	111,00	1				0,0392	0,0392	8,00	1	1	1			
1.8	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	78,10	1				0,1069	0,1069	8,00	2	2	1			
1.9	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 12 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	8,00				1	0,638	0,638	8,00	1	1				1
1.10	CONCRETO FCK = 25MPa, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	0,38			1		1,9792	1,9792	8,00	1	1			1	
1.11	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_02/2022	m³	0,38				1	2,459	2,459	8,00	1	1				1
1.12	REATERRO MANUAL DE VALAS, COM COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO. AF_08/2023	m³	7,77			1		0,7866	0,7866	8,00	1	1			1	
1.13	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF_01/2024	KG	65,00	1				0,102	0,102	8,00	1	1	1			
1.14	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF_01/2024	KG	29,00	1				0,166	0,166	8,00	1	1	1			
1.15	CONCRETO FCK = 25MPa, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	1,83			1		1,9792	1,9792	8,00	1	1			1	
1.16	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_02/2022	m³	1,83				1	2,459	2,459	8,00	1	1				1
1.17	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	118,80	1				0,0392	0,0392	8,00	1	1	1			
1.18	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	177,50	1				0,1069	0,1069	8,00	3	3	1			
1.19	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 12 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	24,00				1	0,638	0,638	8,00	2	2				1
1.20	CONCRETO FCK = 25MPa, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	1,13			1		1,9792	1,9792	8,00	1	1			1	
1.21	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_02/2022	m³	1,13				1	2,459	2,459	8,00	1	1				1
1.22	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	65,00	1				0,0561	0,0561	8,00	1	1	1			
1.23	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	30,00	1				0,1069	0,1069	8,00	1	1	1			
1.24	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 6 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	25,48				1	0,957	0,957	8,00	4	2				2
1.25	CONCRETO FCK = 25MPa, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	1,57			1		1,9792	1,9792	8,00	1	1			1	
1.26	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_02/2022	m³	1,57				1	2,459	2,459	8,00	1	1				1
2.1	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X14X19 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	m²	97,03		1			2,2	2,2	8,00	27	5		6		

Fonte: Elaboração própria (2026).

Tabela 14 – Quadro de Sequenciação do Sistema Construtivo do Método LSF.

Item	Atividades	Und.	Qtd.	Equipe Básica				Coeficiente Unitário	Coeficiente Total	Jornada Diária (h/dia)	Dias da equipe básica	Duração adotado (dias)	Recursos			
				Armador	Pedreiro	Servente	Carpinteiro						Armador	Pedreiro	Servente	Montador
1	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VIGA DE BORDA PARA RADIER. AF_09/2021	M³	1,40			1		2,904	2,904	8,00	1	1			1	
2	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA PARA RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM SISTEMA DE FORMAS MANUSEÁVEIS METÁLICAS. AF_09/2021	M²	4,80				1	2,357	2,357	8,00	2	2				1
3	ARMAÇÃO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM USO DE TELA Q-159. AF_09/2021	KG	201,60	1				0,028	0,028	8,00	1	1	1			
4	CAMADA SEPARADORA PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, EM LONA PLÁSTICA. AF_09/202	M²	49,60		1			0,014	0,014	8,00	1	1		1		
5	COMPACTAÇÃO MECÂNICA DE SOLO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM COMPACTADOR DE SOLOS A PERCUSSÃO. AF_09/2021	M³	40,00		1			0,045	0,045	8,00	1	1		1		
6	CONCRETAGEM DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, FCK 30 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_09/2021	M³	9,40		1			0,411	0,411	8,00	1	1		1		
7	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR (PEDRA BRITADA N.2), APLICADO EM PISOS OU LAJES SOBRE SOLO, ESPESSURA DE *10 CM*. AF_01/2024	M²	4,00		1			1,579	1,579	8,00	1	1		1		
8	PAREDE EM LSF	H	97,03				1	0,8	0,88	8,00	11	5				3
9	INSTALAÇÃO DE ISOLAMENTO COM LÃ DE VIDRO EM PAREDE DRYWALL. AF_07/2023	H	97,03				1	0,075								

Fonte: Elaboração própria (2026).

O PDM possibilita a visualização da sequência executiva das atividades, assim como a sua duração e interdependências, contribuindo para a estruturação do cronograma e permitindo a identificação do caminho crítico da obra.

Tabela 15 – Diagrama de Precedência do Sistema Construtivo do Método LSF.

Índice	Atividades	Dependência	Duração
A	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VIGA DE BORDA PARA RADIER. AF_09/2021	-	1
B	COMPACTAÇÃO MECÂNICA DE SOLO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM COMPACTADOR DE SOLOS A PERCUSSÃO. AF_09/2021	A	1
C	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR (PEDRA BRITADA N.2), APLICADO EM PISOS OU LAJES SOBRE SOLO, ESPESSURA DE *10 CM*. AF_01/2024	B	1
D	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA PARA RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM SISTEMA DE FORMAS MANUSEÁVEIS METÁLICAS. AF_09/2021	C	2
E	CAMADA SEPARADORA PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, EM LONA PLÁSTICA. AF_09/202	C	1
F	ARMAÇÃO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM USO DE TELA Q-159. AF_09/2021	D;E	1
G	CONCRETAGEM DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, FCK 30 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_09/2021	F	1
H	PAREDE EM LSF	G	5
	INSTALAÇÃO DE ISOLAMENTO COM LÃ DE VIDRO EM PAREDE DRYWALL. AF_07/2023		

Fonte: Elaboração própria (2026).

Tabela 16 – Diagrama de Precedência do Sistema Construtivo do Método Convencional.

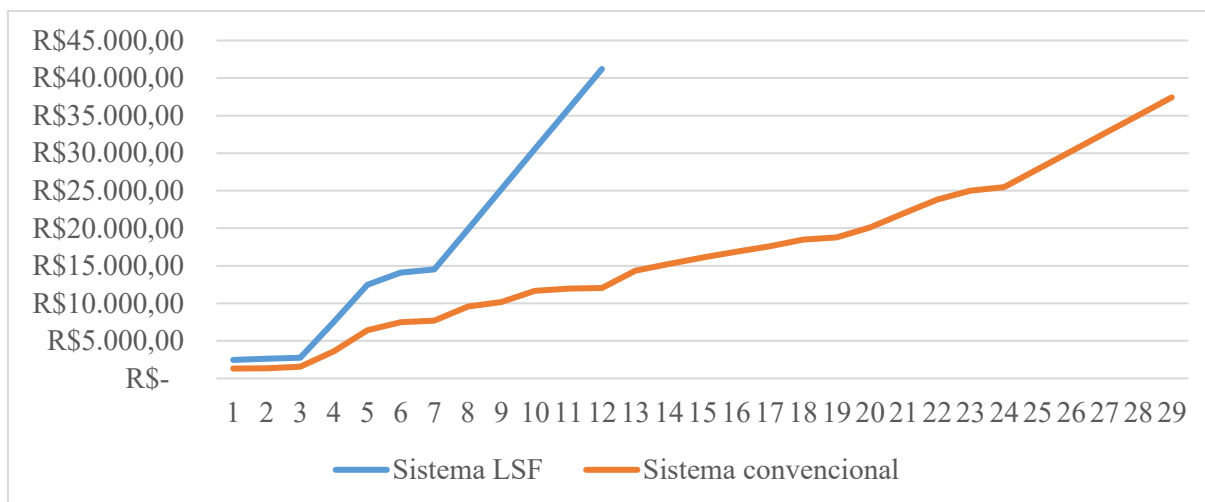
Índice	Atividades	Dependência	Duração
A	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA (SEM ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÔRMAS). AF 01/2024	-	1
B	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MENOR QUE 1,5 M (ACERTO DO SOLO NATURAL). AF 08/2020	A	1
C	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM BLOCOS DE COROAMENTO OU SAPATAS, ESPESSURA DE 5 CM. AF 01/2024	B	1
D	ARMAÇÃO DE BLOCO, SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF 01/2024	C	1
M	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF 01/2024	C	1
N	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF 01/2024	C	1
E	CONCRETO FCK = 25MPa, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF 05/2021	D; M; N	1
O	CONCRETO FCK = 25MPa, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF 05/2021	D; M; N	1
F	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF 02/2022	E	1
P	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF 02/2022	O	1
L	REATERRO MANUAL DE VALAS, COM COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO. AF 08/2023	F; P	1
G	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	L	1
H	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	L	2
I	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 12 UTILIZAÇÕES. AF 09/2020	G; H	1
J	CONCRETO FCK = 25MPa, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF 05/2021	I	1
K	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF 02/2022	J	1
Q	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	K	1
R	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	K	3
S	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 12 UTILIZAÇÕES. AF 09/2020	Q; R	2
T	CONCRETO FCK = 25MPa, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF 05/2021	S	1
U	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF 02/2022	T	1
V	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	U	1
W	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF 06/2022	U	1
X	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 6 UTILIZAÇÕES. AF 09/2020	V; W	2
Y	CONCRETO FCK = 25MPa, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF 05/2021	X	1
Z	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF 02/2022	Y	1
AA	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X14X19 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF 12/2021	Z	5

Fonte: Elaboração própria (2026).

Com base na definição das atividades, suas durações e dependências, foi elaborado o cronograma da obra. O cronograma organiza as atividades temporalmente, permitindo visualizar a sequência dos serviços, prazos e a distribuição ao longo do tempo.

A partir das informações obtidas no quadro de sequenciação e no PDM, foi possível estruturar um cronograma coerente com a sequência executiva da obra, identificando o caminho crítico e acompanhando o desempenho físico-financeiro da obra.

Os cronogramas físico-financeiro elaborados para o sistema convencional e o sistema LSF, encontram-se nos anexos A e B. O gráfico a seguir apresenta a visualização da evolução acumulada dos desembolsos financeiros ao longo do tempo para cada sistema, evidenciando o ritmo de execução das atividades e os períodos de maior concentração de custos.

Gráfico 2 - Evolução do Custo Acumulada da Obra – Sistema Convencional e LSF.

Fonte: Elaboração própria (2026).

O gráfico 2 apresenta a evolução do custo acumulado ao longo do tempo tanto para o método convencional quanto para o método LSF, evidenciando comportamentos financeiros e produtivos distintos. Observa-se que o sistema LSF concentra os custos de forma mais acelerada em um período menor, enquanto o sistema convencional apresenta um crescimento mais gradual e contínuo, demandando um investimento inicial menor, porém, um período maior de execução.

A diferença está relacionada ao processo executivo de cada método, onde o LSF, por ser mais industrializado, exige maior planejamento e aquisição antecipada de materiais, elevando o custo inicial, mas permitindo maior produtividade. Já o sistema convencional, avança de forma mais lenta, porém, com menor impacto financeiro.

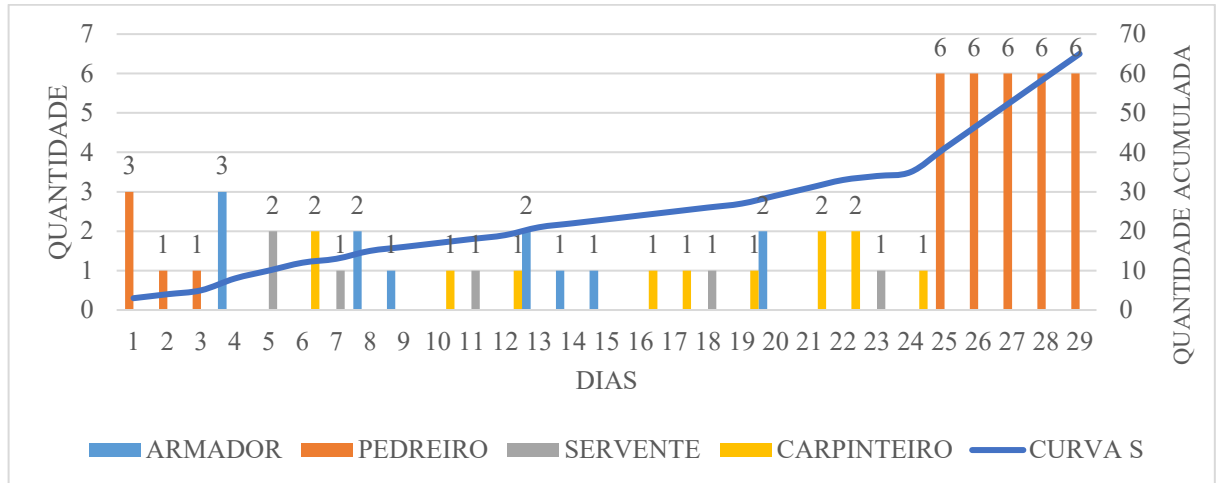
4.3 Análise de mão de obra

A análise da mão de obra é fundamental para o planejamento, pois evidencia o pico de demanda, o nível de organização e a eficiência na alocação das equipes. Para a análise, foi elaborado o histograma de mão de obra, com o objetivo de apresentar a distribuição diária dos profissionais ao longo da execução da obra. A comparação entre o método construtivo convencional e o sistema LSF possibilita identificar as diferenças entre as gestões, que refletem no prazo, custo e produtividade da obra.

O gráfico 3 apresenta o histograma do sistema convencional, onde observa-se uma maior variabilidade de distribuição de mão de obra atuando de forma simultânea ao longo dos dias e em alguns momentos, em picos mais elevados. Esse comportamento indica um processo

construtivo mais dependente de atividades sequenciais, o que resulta em maior tempo de execução e necessidade de ajustes frequentes na alocação de equipes. Além disso, a curva acumulada apresenta crescimento mais gradual, refletindo um avanço físico mais lento da obra.

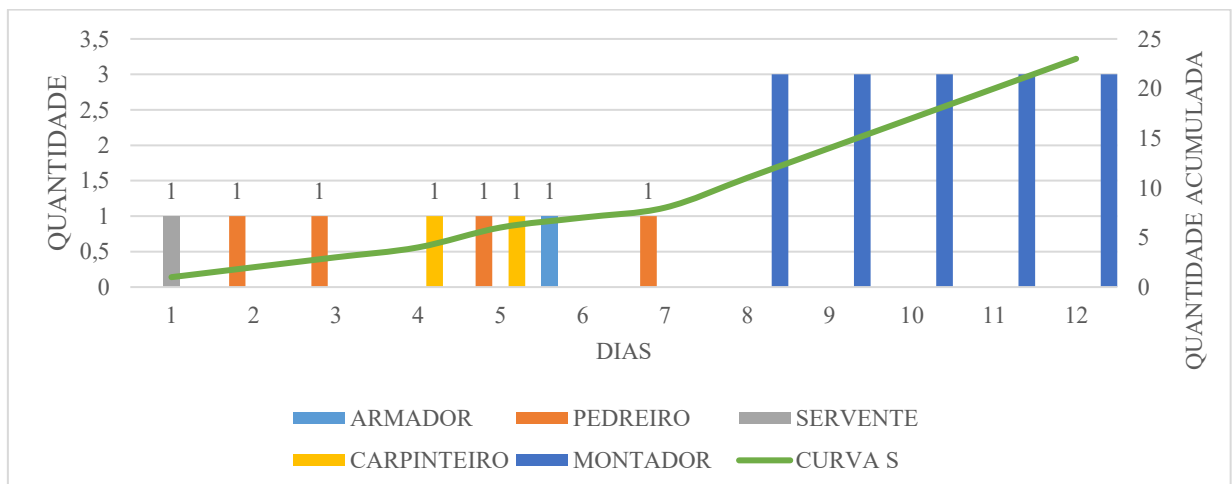
Gráfico 3 – Histograma de Mão de Obra – Sistema Convencional.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Por outro lado, o gráfico 4 apresenta o histograma do método LSF, indicando uma distribuição mais enxuta e organizada da mão de obra, com menor diversidade de funções e maior necessidade de mão de obra especializada em etapas específicas. A quantidade de trabalhadores por dia tende a ser mais estável e, em geral, inferior à do sistema convencional, evidenciando um processo mais industrializado e racionalizado. A curva acumulada, nesse caso, apresenta um crescimento mais acentuado em menos tempo, indicando maior produtividade e rapidez na execução.

Gráfico 4 - Histograma de Mão de Obra – Sistema LSF.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Dessa forma, a principal diferença entre os métodos está na eficiência do uso da mão de obra: enquanto o sistema convencional demanda mais trabalhadores por um período mais longo e com maior variabilidade, o LSF otimiza equipes, reduz desperdícios e concentra esforços em etapas mais curtas, contribuindo para a redução do prazo total da obra e maior controle operacional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos, pode-se compreender que o sistema *Light Steel Framing* se configura como uma alternativa viável para habitações populares no Amapá, apesar do investimento inicial ligeiramente superior. Sob o prisma da eficiência produtiva, a redução do cronograma de 36 para 12 dias prova que o LSF mitiga riscos logísticos e climáticos típicos da Amazônia Oriental, antecipando a entrega das unidades habitacionais e otimizando o fluxo de caixa do empreendimento.

A partir da análise dos dados pode-se entender que a precisão quantitativa proporcionada pela metodologia BIM 5D na extração das CPUs 01 a 05 elimina as incertezas que historicamente causam estouros orçamentários em obras habitacionais, contribuindo para uma comparação mais objetiva entre os sistemas. Essa correlação sugere que o custo adicional de 10,08% é um investimento que se autocompensa pela racionalização dos materiais, eliminação de desperdícios típicos do método artesanal e redução do prazo de execução. Contudo, as condições de fornecimento, transporte, mão de obra e planejamento da obra são fatores determinantes para a compensação da escolha do sistema.

A viabilidade do LSF está diretamente relacionada a disponibilidade de materiais, qualificação da equipe executora, aceitação do mercado e correta especificação dos componentes. Em regiões onde esses fatores não estão consolidados, o método convencional continua sendo mais adequado, principalmente pela familiaridade com o processo e maior aceitação cultural. Logo, o sistema LSF não deve ser entendido como uma solução sempre superior ao sistema convencional.

A durabilidade e desempenho do LSF depende execução adequada dos materiais, da proteção dos perfis metálicos, do controle de umidade e estanquidade dos fechamentos. Da mesma forma, o conforto acústico está associado a aplicação da composição completa dos painéis, incluindo placas, mantas isolantes e revestimentos. Logo, a especificação e execução do sistema sem o rigor técnico necessário pode ocasionar no baixo desempenho.

Na escolha do sistema construtivo, a manutenção se torna um fator fundamental, no qual o LSF exige maior conhecimento específico relacionados aos seus componentes, ligações e fechamentos. Embora apresente significativas vantagens associadas a limpeza da obra, organização e velocidade de execução, sua adoção enfrenta resistência em contextos em que a construção convencional é considerada mais segura. Dessa forma, a decisão entre LSF e sistema convencional não deve considerar apenas custo e tempo, mas também devem ser baseadas na

durabilidade, desempenho acústico, manutenção, aceitação dos usuários e condições regionais de aplicação.

Portanto, conclui-se que o sistema LSF representa uma alternativa promissora para construções de habitações populares no Amapá, desde que acompanhado de planejamento e compatibilização de projetos, controle executivo e mão de obra capacitada. No entanto, o sistema convencional ainda mantém sua relevância e pode ser mais indicado em determinadas situações.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Manual da construção industrializada: conceitos e etapas: volume 1 – estrutura e vedação.** Brasília, DF: ABDI, 2015. 208p.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Guia 3: BIM na quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção.** Brasília, DF: ABDI, 2017, v.3. 67 p.

ARAÚJO, Alan N. Dantas. **Uso de realidade aumentada como auxílio para concepção de projetos arquitetônicos em BIM:** experimentos de pesquisa aplicada e desenvolvida em disciplinas de modelagem e BIM no curso de arquitetura e urbanismo da UFPB entre 2015 e 2017. 2018. 136f. João Pessoa, 2018. Dissertação (pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto: procedimento. 4.ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2023. Versão corrigida 2: 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14762:** Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio: procedimento. 2.ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15253:** Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, para painéis reticulados em edificações - Requisitos gerais. 2.ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575:** Edificações habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16970-1:** Light Steel Framing – Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço formados a frio, com fechamentos em chapas delgadas – Parte 1: desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

BATISTA, Amanda Correia. **Análise comparativa de custos de sistemas estruturais para construção de habitações de interesse social no município de Palmas/TO:** Light Steel Framing x Alvenaria Estrutural. 2020. 118f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, TO, 2020.

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Uso de modelagem 4D e *Building Information Modeling* na gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 79-96, abr./jun. 2015.

EASTMAN, Chuck *et al.* **BIM Handbook:** a guide to *Building Information Modeling* for owners, managers, designer, Engineers and contractors. 2. ed. New Jersey: Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2011.

FELISBERTO, Alexandre David *et al.* Diretrizes para orçamentação de obras públicas brasileiras utilizando BIM. **PARC: Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 12, n. 00, 2021. DOI: 10.20396/parc.v12i00.8659766. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/e021004>. Acesso em: 25 abr. 2026.

FERREIRA, Vitor Pinheiro. **Estudo comparativo entre sistemas construtivos: alvenaria convencional e Light Steel Framing**. 2016. 31p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2016.

FURTADO, Erick R. de Lima. **Análise comparativa de custo de um edifício utilizando os sistemas construtivos convencionais e light steel framing**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – UNINORTE, Manaus, 2016.

GOMES, C. E. M. et al. Light steel frame na produção de moradias no Brasil. In: CONGRESSO DE CONSTRUÇÃO METÁLICA E MISTA, 9.; CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO METÁLICA SUSTENTÁVEL, 1., 2013, Porto. **Anais [...]**. Porto: [s. n.], 2013.

HASS, Deleine Christina G.; MARTINS, Louise F. **Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo Steel Frame como método construtivo para habitações 67 sociais**. 2011. 76f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

KLEIN, Bruno G.; MARONEZI, Vinícius. **Comparativo orçamentário dos sistemas construtivos em alvenaria convencional, alvenaria estrutural e Light Steel Framing para construção de conjuntos habitacionais**. 2013. 141 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

KYMMELL, Willem. **Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations**. 1. ed. New York: McGraw-Hill, 2008.

LEE, Xia Sheng; YAN, Chung Pui; SEE, Zi Siang. Irregular shaped building design optimization with building information modelling. In: **INTERNATIONAL BUILDING CONTROL CONFERENCE**, 4., 2016, Kuala Lumpur. MATEC Web of Conferences, Les Ulis, v. 66, p. 00027, 2016. DOI: 10.1051/mateconf/20166600027.

MCGRAW-HILL CONSTRUCTION. **The Business Value of BIM in Construction in Major Global Markets**. Bedford, MA: McGraw-Hill Construction, 2014.

MIRANDA, Rian das Dores de. SALVI, Levi. Análise da tecnologia Bim no contexto da indústria da construção civil brasileira. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 04, Ed. 05, Vol. 07, maio de 2019. ISSN: 2448-0959.

OLIVEIRA, Gustavo Ventura. **Análise comparativa entre o sistema construtivo em Light Steel Framing e o sistema construtivo tradicionalmente empregado no Nordeste do Brasil aplicados na construção de casas populares**. 2012. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

PENTTILÄ, H. Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression. **Electronic Journal of Information Technology in Construction**, v. 11, p. 395–408, 2006. Special Issue: The Effects of CAD on Building Form e Design Quality.

POÇAS, Carlos Henrique Felipe. **Análise de custo para sistema construtivo em Light Steel Framing como alternativa para projeto de moradia popular da Caixa Econômica Federal**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

RODRIGUES, Francisco Carlos; CALDAS, Rodrigues Barreto. **Steel Framing**: Engenharia. 2. ed. Rio de Janeiro: Aço Brasil /CBCA, 2016. 224 p. (Manual de Construção em Aço). Disponível em:
http://www.skylightestruturas.com.br/downloads/101497_manual_lsf_engenharia_2016.pdf

SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, C. M. **Steel Framing**: arquitetura. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2012. 151p. (Série Manual da Construção em Aço). Disponível em: https://engprime.com.br/wp-content/uploads/2020/07/Manual_SF_Arquitetura_web.pdf.

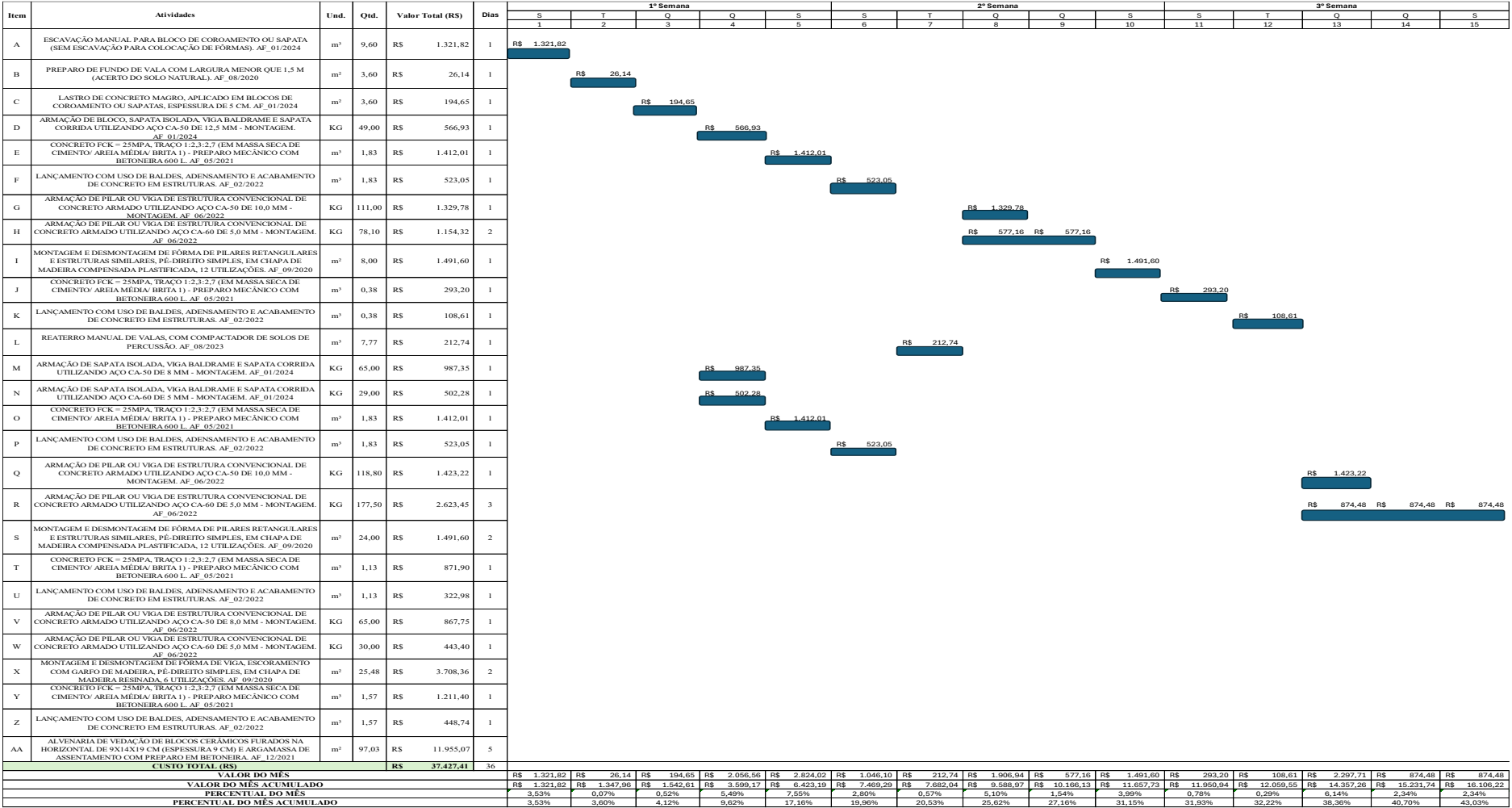
SLEPICKA, Martin; VILGERTSHOFER, Simon; BORRMANN, André. Fabrication information modeling: interfacing Building Information Modeling with digital fabrication, **Construction Robotics**. V. 6, p.87-89, 2022.

SOARES, Eduardo Rayher. **Light Steel Frame**: análise comparativa de custos e de processos construtivos entre a construção a seco e em alvenaria estrutural. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2015.

SOUZA, Eduardo Luciano de. **Construção civil e tecnologia**: estudo do sistema construtivo light steel framing. 2014. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

TABELAS de Composições de Preços para Orçamentos. 15. ed. São Paulo: Pini, 2017. 920 p.

ANEXO A - CRONOGRAMA DE OBRA EM GANTT – MÉTODO CONVENCIONAL



Item	Atividades	Und.	Qtd.	Valor Total (R\$)	Dias	4ª Semana					5ª Semana					6ª Semana			
						S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q
						16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
A	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA (SEM ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÓRMAS). AF_01/2024	m³	9,60	R\$ 1.321,82	1														
B	PREPARO DE FUNDO DE VALA COM LARGURA MENOR QUE 1,5 M (ACERTO DO SOLO NATURAL). AF_08/2020	m²	3,60	R\$ 26,14	1														
C	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM BLOCOS DE COROAMENTO OU SAPATAS, ESPESSURA DE 5 CM. AF_01/2024	m²	3,60	R\$ 194,65	1														
D	ARMAÇÃO DE BLOCO, SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_01/2024	KG	49,00	R\$ 566,93	1														
E	CONCRETO FCK = 25MPa, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	1,83	R\$ 1.412,01	1														
F	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_02/2022	m³	1,83	R\$ 523,05	1														
G	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	111,00	R\$ 1.329,78	1														
H	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	78,10	R\$ 1.154,32	2														
I	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 12 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	8,00	R\$ 1.491,60	1														
J	CONCRETO FCK = 25MPa, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	0,38	R\$ 293,20	1														
K	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_02/2022	m³	0,38	R\$ 108,61	1														
L	REATERRO MANUAL DE VALAS, COM COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO. AF_08/2023	m³	7,77	R\$ 212,74	1														
M	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM - MONTAGEM. AF_01/2024	KG	65,00	R\$ 987,35	1														
N	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM - MONTAGEM. AF_01/2024	KG	29,00	R\$ 502,28	1														
O	CONCRETO FCK = 25MPa, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	1,83	R\$ 1.412,01	1														
P	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_02/2022	m³	1,83	R\$ 523,05	1														
Q	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	118,80	R\$ 1.423,22	1														
R	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	177,50	R\$ 2.623,45	3														
S	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA, 12 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	24,00	R\$ 1.491,60	2	R\$ 745,80		R\$ 745,80											
T	CONCRETO FCK = 25MPa, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	1,13	R\$ 871,90	1		R\$ 871,90												
U	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_02/2022	m³	1,13	R\$ 322,98	1			R\$ 322,98											
V	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	65,00	R\$ 867,75	1				R\$ 867,75										
W	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	30,00	R\$ 443,40	1				R\$ 443,40										
X	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 6 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	25,48	R\$ 3.708,36	2					R\$ 1.854,18	R\$ 1.854,18								
Y	CONCRETO FCK = 25MPa, TRAÇO 1:2,3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L. AF_05/2021	m³	1,57	R\$ 1.211,40	1							R\$ 1.211,40							
Z	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_02/2022	m³	1,57	R\$ 448,74	1								R\$ 448,74						
AA	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X14X19 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	m²	97,03	R\$ 11.955,07	5										R\$ 2.391,01	R\$ 2.391,01	R\$ 2.391,01	R\$ 2.391,01	R\$ 2.391,01
CUSTO TOTAL (R\$)				R\$ 37.427,41	36														
VALOR DO MÊS						R\$ 745,80	R\$ 745,80	R\$ 871,90	R\$ 322,98	R\$ 1.311,15	R\$ 1.854,18	R\$ 1.854,18	R\$ 1.211,40	R\$ 448,74	R\$ 2.391,01	R\$ 2.391,01	R\$ 2.391,01	R\$ 2.391,01	R\$ 2.391,01
VALOR DO MÊS ACUMULADO						R\$ 18.852,02	R\$ 17.597,82	R\$ 18.469,72	R\$ 18.792,70	R\$ 20.103,85	R\$ 21.958,03	R\$ 23.812,21	R\$ 25.023,60	R\$ 25.472,34	R\$ 27.863,35	R\$ 30.254,37	R\$ 32.645,38	R\$ 35.036,39	R\$ 37.427,41
PERCENTUAL DO MÊS						1,99%	1,99%	2,33%	0,86%	3,50%	4,95%	4,95%	3,24%	1,20%	6,39%	6,39%	6,39%	6,39%	6,39%
PERCENTUAL DO MÊS ACUMULADO						45,03%	47,02%	49,38%	50,21%	53,71%	58,67%	63,62%	66,86%	68,06%	74,45%	80,83%	87,22%	93,61%	100,00%

ANEXO B – CRONOGRAMA DE OBRA EM GANTT – MÉTODO LSF

Item	Atividades	Unidade	Quantidade	Valor Total (R\$)	Dias	1ª Semana					2ª Semana					3ª Semana	
						S	T	Q	Q	S	S	T	Q	Q	S	S	T
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VIGA DE BORDA PARA RADIER. AF_09/2021	M³	1,40	R\$ 2.467,86	1	R\$ 2.467,86											
B	COMPACTAÇÃO MECÂNICA DE SOLO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM COMPACTADOR DE SOLOS A PERCUSSÃO. AF_09/2021	M³	40,00	R\$ 145,17	1	R\$ 145,17											
C	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR (PEDRA BRITADA N.2), APLICADO EM PISOS OU LAJES SOBRE SOLO, ESPESSURA DE *10 CM*. AF_01/2024	KG	4,00	R\$ 145,17	1	R\$ 145,17											
D	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA PARA RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM SISTEMA DE FORMAS MANUSEÁVEIS METÁLICAS. AF_09/2021	M²	4,80	R\$ 9.581,09	2	R\$ 4.790,54R\$ 4.790,54											
E	CAMADA SEPARADORA PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, EM LONA PLÁSTICA. AF_09/202	M²	49,60	R\$ 145,17	1	R\$ 145,17											
F	ARMAÇÃO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO. COM USO DE TELA Q-159. AF_09/2021	KG	201,60	R\$ 1.596,85	1	R\$ 1.596,85											
G	CONCRETAGEM DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, FCK 30 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_09/2021	M²	9,40	R\$ 435,50	1	R\$ 435,50											
H	PAREDE EM LSF	M²	97,03	R\$ 26.684,02	5	R\$ 5.336,80R\$ 5.336,80R\$ 5.336,80R\$ 5.336,80R\$ 5.336,80											
	INSTALAÇÃO DE ISOLAMENTO COM LÃ DE VIDRO EM PAREDE DRYWALL. AF_07/2023																
VALOR TOTAL				R\$ 41.200,82	13												
VALOR DO MÊS						R\$ 2.467,86	R\$ 145,17	R\$ 145,17	R\$ 4.790,54	R\$ 4.935,71	R\$ 1.596,85	R\$ 435,50	R\$ 5.336,80	R\$ 5.336,80	R\$ 5.336,80	R\$ 5.336,80	R\$ 5.336,80
VALOR DO MÊS ACUMULADO						R\$ 2.467,86	R\$ 2.613,02	R\$ 2.758,19	R\$ 7.548,74	R\$ 12.484,45	R\$ 14.081,30	R\$ 14.516,80	R\$ 19.853,60	R\$ 25.190,41	R\$ 30.527,21	R\$ 35.864,02	R\$ 41.200,82
PERCENTUAL DO MÊS						5,99%	0,35%	0,35%	11,63%	11,98%	3,88%	1,06%	12,95%	12,95%	12,95%	12,95%	12,95%
PERCENTUAL DO MÊS ACUMULADO						5,99%	6,34%	6,69%	18,32%	30,30%	34,18%	35,23%	48,19%	61,14%	74,09%	87,05%	100,00%