

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
**Faculdade de Engenharia**  
**Curso de Engenharia Civil - FAEN**

**BRUNA DE GOIS BRASIL**

**ESTUDO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL GERADOS  
EM UMA OBRA QUE UTILIZA O SISTEMA CONSTRUTIVO  
*LIGHT STEEL FRAMING* COMPARANDO COM O SISTEMA  
CONVENCIONAL**

**BRUNA DE GOIS BRASIL**

**ESTUDO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL GERADOS  
EM UMA OBRA QUE UTILIZA O SISTEMA CONSTRUTIVO  
*LIGHT STEEL FRAMING* COMPARANDO COM O SISTEMA  
CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal da Grande Dourados, como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do(a) Prof.(a) Daniele Araujo Altran.

**Dourados - MS  
2023**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**ANEXO H – ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Às 8:00 horas do dia 17 de abril de 2023, realizou-se no(a) Sala de Reuniões da Faculdade de Engenharia - UFGD a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, intitulado “ESTUDO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL GERADOS EM UMA OBRA QUE UTILIZA O SISTEMA CONSTRUTIVO LIGHT STEEL FRAMING COMPARANDO COM O SISTEMA CONVENCIONAL” de autoria do(a) discente Bruna de Gois Brasil, como requisito para a aprovação no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II.

Após a defesa e posterior arguição, a banca examinadora concluiu que o Trabalho apresentado deve ser:

- Aprovado  
 Reprovado

O(A) discente(a) declara ciência de que a sua aprovação está condicionada à entrega da versão final (encadernada, corrigida e assinada) do Trabalho de Conclusão de Curso, nos termos em que especifica o regulamento do componente curricular, em anexo ao Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil da UFGD. O(A) orientador(a) se responsabilizará pela verificação e aprovação das correções do manuscrito feitas pelo(a) discente(a) para a elaboração da versão final.

**OBSERVAÇÕES ADICIONAIS**

**DISCENTE**

Nome: Bruna de Gois Brasil Assinatura: Bruna de Gois Brasil

**BANCA EXAMINADORA**

Orientador: Daniele Araujo Altran Assinatura: Daniele Araujo Altran

Membro: Agleison Ramos Omido Assinatura: [Assinatura]

Membro: Leonardo da Rosa Walz Assinatura: Leonardo da Rosa Walz

# ESTUDO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL GERADOS EM UMA OBRA QUE UTILIZA O SISTEMA CONSTRUTIVO *LIGHT STEEL FRAMING* COMPARANDO COM O SISTEMA CONVENCIONAL

Bruna de Gois Brasil; Daniele Araujo Altran  
brunagbrasil@hotmail.com; danielealtran@ufgd.edu.br

## RESUMO

A construção civil é a indústria mais geradora de resíduos, por esse motivo a busca por esse tema foi analisar uma alternativa eficiente ao sistema construtivo convencional visando uma economia em perdas residuais. Esse trabalho buscou encontrar a diferença da quantidade de Resíduos da Construção Civil (RCC) entre uma obra construída no sistema construtivo em *light steel framing* (LSF) e a estimativa da mesma em relação ao sistema de alvenaria convencional. O desenvolvimento desse trabalho deu-se a partir do acompanhamento de uma obra em andamento no sistema LSF, quantificando o material de obra cinza que seria utilizado caso a obra fosse no sistema convencional, com os materiais utilizados in loco. Após a análise dos dados obtidos através de visitas na obra e da estimativa dos materiais necessários foi possível relacionar os dois sistemas por meio de tabelas e gráfico obtendo o resultado de que enquanto a obra construída em LSF gerou 4,5% de resíduos de acordo com os materiais considerados, a convencional geraria 9,86% de resíduos utilizadas na obra cinza, tendo uma diferença de 5,36% de resíduos entre os dois sistemas, comprovando que o sistema construtivo em LSF gera menos resíduos do que uma obra no sistema convencional.

**Palavras-chave:** *light steel framing*; alvenaria convencional; comparativo; resíduos da construção civil.

## ABSTRACT

The civil construction is the most waste-generating industry, for this reason the search for this theme was to analyze an efficient alternative to the conventional construction system aiming at saving residual loses. This work searched to find the difference in the amount of civil construction waste between a home that was build in the constructive system in light steel framing (LSF) and the estimate of the same if it were build in the conventional construction system. The development of this work took place from the monitoring of a construction in progress in the LSF system, quantifying the gray construction material that would be used if the house was in the conventional system, with the materials used in loco. After analyzing the data obtained through visits to the house and estimating the necessary materials, it was possible to relate the two systems through tables and graphs, obtaining the result that while the house that was build in LSF generated 4,5% of waste according to the materials considered, the conventional would generates 9,86% of waste used in the gray work, with a difference of 5,36% of waste between the two systems, proving that the constructive system in LSF generates less waste than a work in the conventional system.

**Keywords:** light steel framing; conventional construction; comparative; civil construction waste.

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional das últimas décadas acarretaram em uma grande demanda de novas edificações com mínima consideração ambiental, fazendo com que houvesse uma necessidade de encontrar novos métodos construtivos para uma mudança desse cenário (CONSOLI, 2020). Neste contexto, a indústria da construção civil gera muitos impactos ambientais pela modificação de paisagens, pelo consumo considerável de recursos naturais para a produção dos materiais de construção, e, também por ser uma grande geradora de resíduos por resultar em uma grande perda de materiais (MASS, 2017).

Além disso, segundo o Beltrame, a construção civil é o setor que apresenta a maior demanda de recursos naturais e energia, utilizando 34% do fornecimento de água mundial e 66% de toda madeira extraída, operando com mais de 40% de toda energia produzida no mundo (BELTRAME, 2013). O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS, 2007), diz que poucos materiais utilizados nas construções são reciclados em grande escala atualmente, o que gera vários impactos ambientais, econômicos e sociais. Para buscar amenizar esse problema e reduzir a geração de resíduos em uma obra, novos sistemas construtivos existentes são procurados como alternativas, como *light steel framing*, *wood framing*, entre outras.

O *LSF* refere-se a um método construtivo que utiliza o aço galvanizado na parte estrutural, painéis de diversos materiais para fechamentos, como por exemplo, as placas cimentícias. É um sistema totalmente industrializado onde sua construção é a seco. Há mais de 40 anos esse sistema tem sido utilizado em países como Estados Unidos, Japão, Inglaterra e Austrália, mas apenas na década de 90 seu uso foi realmente intensificado. Nessa época foi onde deu início do uso do *LSF* no Brasil nas construções de médio e alto porte, inicialmente, e mais tarde, seu custo final passou a ser notadamente inferior fazendo com que assim esse método fosse utilizado também nas edificações populares (TREBILCOCK, 1994, apud JUNIOR, 2006).

Com o avanço do *LSF* no Brasil percebeu-se que haviam muitas vantagens em relação ao sistema convencional de alvenaria, dentre elas são que os elementos são produzidos com alta tecnologia e padrão de controle de qualidade, tanto na seleção da matéria-prima quanto na produção e acabamento; por ser pré-moldado permite a precisão na dimensão das peças, diminuindo assim o desperdício desse material, e facilitando as instalações elétricas e hidráulicas; sua resistência é de alto desempenho; garantem maior durabilidade da estrutura por se tratar de peças galvanizadas; tem boa eficiência térmica e acústica; seu manuseio, montagem e transporte são simples (SAINT-GOBAIN, 2011).

No Brasil, a inserção desse sistema de *LSF* veio pela necessidade de produtos industrializados, sendo assim, esse novo produto com uma nova tecnologia no país. A grande demanda desse sistema começou pelo baixo custo, o alto desempenho estrutural, qualidade e baixo peso comparado ao convencional, produção industrial em massa, entre outros (MACHADO, 2008).

O sistema em *LSF* trouxe como novidade a alta eficiência e produtividade, sendo o oposto ao sistema construtivo mais utilizado no Brasil, o sistema construtivo convencional, conhecido, também, como alvenaria de vedação, onde tem como objetivo dividir espaços e preencher os vãos de estruturas de aço, concreto armado, entre outras. É um sistema que não é projetado para suportar cargas verticais calculadas na estrutura, ou seja, é necessário servir apenas de suporte para o seu peso próprio e para as cargas de utilização do ambiente ao qual está sendo empregada. Para evitar que as cargas verticais sobrecarreguem esse sistema é, frequentemente, acompanhada de estruturas de concreto armado onde essas cargas não chegam até a alvenaria e assim, evita-se o rompimento da mesma. Esse sistema utiliza comumente os blocos cerâmicos com furos na horizontal que possuem resistência à compressão mínima, então, como já mencionado, não apresentam função estrutural (THOMAZ et al., 2009 apud GOMES et al., 2018).

O objetivo deste trabalho foi apresentar um estudo comparativo relativo à geração de Resíduos da Construção Civil (RCC) de um projeto residencial em *LSF* em relação a um projeto equivalente dimensionado no sistema em alvenaria convencional.

## 2 METODOLOGIA

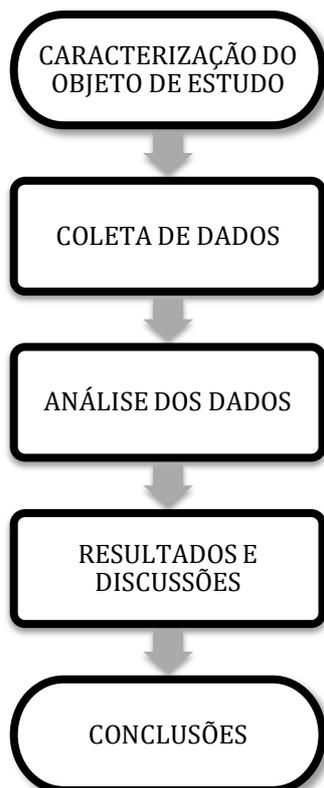
O presente trabalho foi desenvolvido a partir de revisão bibliográfica, conversa com profissionais e empresas da área do objeto de estudo por meio de visitas técnicas de uma obra que adotou o sistema construtivo *LSF* para análise dos resíduos da mesma, e assim ser possível fazer a comparação com sistema de alvenaria convencional.

Os dados mostrados da obra em alvenaria foram retirados a partir de uma estimativa da mesma através de cálculos manuais de pré-dimensionamento estrutural mostrados nos Anexo B, C, D e E e Apêndice A e B.

Para facilitar a compreensão das etapas desse artigo, optou-se por desenvolver um fluxograma, conforme apresentado na Figura 1.

Para facilitar a compreensão das etapas para a realização desse trabalho, optou-se por desenvolver um fluxograma, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma das etapas do trabalho



Fonte: Autora (2023).

### 2.1 Caracterização do objeto de estudo

O objeto de estudo escolhido foi uma obra que está localizada na Avenida Guaicurus situada na cidade de Dourados/MS. É uma residência de alto padrão, de 759,51 m<sup>2</sup> sendo administrada pela empresa LTS Engenharia – *Light Steel Frame*, a qual disponibilizou todos os dados apresentados nas tabelas quantitativas de materiais, incluindo o projeto arquitetônico em Anexo A.

### 2.2 Coleta de dados

Os dados apresentados foram obtidos através de visitas técnicas em uma obra em andamento no sistema de *LSF*. Já os resultados do sistema construtivo convencional foram obtidos através de uma estimativa por meio de cálculos manuais de quantitativos e pré-dimensionamento estrutural.

### 2.3 Análise dos dados

A etapa de análise de dados consistiu na comparação dos resultados, tanto dos cálculos estruturais e quantitativos de materiais para o sistema de alvenaria convencional, quanto para o *LSF* através da relação em porcentagem de cada material pelo cálculo de

regra de três composta, podendo assim ter uma estimativa da quantidade de resíduos e, então, conseguir fazer um comparativo entre eles.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através das visitas técnicas ao local da obra no sistema em *LSF*, administrada e construída pela empresa LTS Engenharia – *Light Steel Frame*, e em contato com o engenheiro responsável pela obra, foram disponibilizados todos os projetos e dados anteriormente citados. Ao analisar esses dados tanto em números quanto em visitas foi possível observar que a quantidade residual dessa obra era consideravelmente pequena, levando em conta o seu tamanho e em comparação com uma obra convencional. Nas Figuras 2a, 2b e 2c pode-se observar o canteiro de obras com uma quantidade irrisória de resíduos pelo seu tamanho de construção.

Figura 2 – Canteiro de obras



(a)



(b)



(c)

Fonte: Autora (2023).

Observa-se nas demais Figuras 3a e 3b algumas peças de estrutura em *steel frame* no chão, essas peças estavam aguardando para serem montadas em seus lugares. Cada *kit* da estrutura acompanha um projeto especificando onde exatamente cada parte da mesma vai ser colocada, sendo assim, essas estruturas não eram residuais. Foi mencionado pelo engenheiro responsável presente no dia dessa visita que as placas *OSB* (*Oriented Strand Board* – placas de madeira utilizadas na estrutura) empilhadas seriam reutilizadas na própria obra.

Figura 3 – *Kit smart* e placas *OSB* a serem utilizadas na obra



Fonte: Autora (2023).

Até o momento da visita, foi informado que nessa etapa da obra ainda não havia necessitado caçamba para entulhos, tendo como resíduos uma pequena quantidade, resultado da fundação em radier que teria sido realizada. Na Figura 4, pode-se analisar a quantidade de resíduos geradas desde o início da obra, passados 2 meses

Figura 4 – Resíduo da obra até o momento da visita.



Fonte: Autora (2023).

A empresa LTS disponibilizou uma lista de alguns materiais utilizados, sendo eles o *kit smart* para estrutura em *Steel Frame*, chapas de gesso para forro e revestimento interno, placas *OSB* utilizadas na estrutura, lâ de vidro para paredes e forro, telhas *Shingle* e placa cimentícia para vedação externa, para a construção da obra e desta forma foi possível

comparar os materiais adquiridos, o quantitativo que foi empregado, e sua diferença resultou na quantidade de resíduos gerados, conforme pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade adquirida, aplicada e de resíduos dos materiais da obra em LSF

| <b>MATERIAL</b>  | <b>QUANTIDADE ADQUIRIDA</b> | <b>QUANTIDADE APLICADA</b> | <b>QUANTIDADE RESÍDUOS</b> |
|--|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <i>Kit smart para estrutura em Steel Frame (30,82kg/m<sup>2</sup>)</i> | 23.409 kg                   | 23.408 kg                  | 0,9 kg                     |
| Chapas de gesso para forro e revestimento interno                      | 881 unidades                | 865 unidades               | 16 unidades                |
| OSB  | 1557 unidades               | 1499 unidades              | 58 unidades                |
| Lã de vidro  | 103 rolos                   | 82 rolos                   | 21 rolos                   |
| Telha <i>Shingle</i>   | 390 caixas                  | 370 caixas                 | 20 caixas                  |
| Placa cimentícia   | 51 unidades                 | 49 unidades                | 2 unidades                 |

Fonte: Autora (2023).

A partir dos dados obtidos na Tabela 1 pode-se afirmar através da relação em volume em porcentagem residual desses materiais foi um total de 4,50%.

Para conseguir discorrer sobre uma comparação foi necessário estimar toda essa obra no sistema construtivo convencional, tendo assim que realizar cálculo quantitativo de material e o pré-dimensionamento estrutural para encontrar o volume de concreto e fôrmas de madeira. Na Tabela 2 contém os dados obtidos através dos primeiros cálculos, o quantitativo de tijolos em unidades e argamassa em volume (m<sup>3</sup>) mostrados no Apêndice A.

Tabela 2 – Quantidade de tijolos e argamassa estimada

| <b>MATERIAL</b>                          | <b>QUANTIDADE</b>    |
|--|----------------------|
| TIJOLO CERÂMICO – 8 FUROS<br>(9x19x19cm) | 26.894 un            |
| ARGAMASSA                                | 25,57 m <sup>3</sup> |

Fonte: Autora (2023).

Para essa residência de 759,51 m<sup>2</sup> em alvenaria convencional foi obtido o resultado de que seria necessário utilizar 26.894 unidades de tijolos cerâmico de 8 furos com

dimensões de 9x19x19cm e 25,57 m<sup>3</sup> de argamassa. Todas essas estimativas são para paredes, chapisco, emboço e reboco, desconsiderando a parte estrutural de concreto que teve os resultados obtidos através de outros cálculos específicos.

Segundo Pinto (1989), o índice de perda de tijolos/blocos é 13%, e, segundo Paravisi (2008), a perda de argamassa na dosagem, mistura e aplicação é de 16%.

Levando em consideração os dados acima, pode-se chegar a uma quantidade de resíduos dessa estimativa, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Quantidade residual estimada de tijolos e argamassa

| <b>MATERIAL</b>                          | <b>QUANTIDADE RESIDUAL</b> |
|--|----------------------------|
| TIJOLO CERÂMICO – 8 FUROS<br>(9x19x19cm) | 3.497 un                   |
| ARGAMASSA                                | 4,09 m <sup>3</sup>        |

Fonte: Autora (2023).

Os resultados de concreto para pilares e vigas, e fôrmas de madeira foram obtidos através de cálculos estimativos realizados manualmente mostrados no Anexo C e D e Apêndice B. Através dos cálculos teve-se como resultados os dados mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Quantidade de volume de concreto em pilares e vigas e fôrmas de madeira

| <b>MATERIAL</b> | <b>QUANTIDADE</b>     |
|-----------------|-----------------------|
| PILAR           | 9,10 m <sup>3</sup>   |
| VIGA            | 55,18 m <sup>3</sup>  |
| FÔRMA           | 899,92 m <sup>2</sup> |

Fonte: Autora (2023).

Através dos cálculos estimados foi possível obter o volume total de concreto a ser utilizado nos pilares e vigas na obra caso ela fosse construída em alvenaria convencional, sendo necessário utilizar um total de 64,28 m<sup>3</sup> de concreto e 899,92 m<sup>2</sup> de fôrmas de madeira.

De acordo com Pinto (1999), o percentual de perda de concreto é de 1,5%. E, segundo o Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMA ZON, 2009), o percentual de perda de fôrmas de madeira de 80%. Manfrinato (2015) diz que a madeira tem outras finalidades além de servirem como fôrmas, como marcação de gabarito,

nivelamento do terreno e escora, sendo assim, pode-se calcular a quantidade residual de 1/3 dessa quantidade obtida, ou seja, de 299,97 m<sup>2</sup>. A Tabela 5 mostra a quantidade residual de cada material citado acima.

Tabela 5 – Quantidade residual estimada de concreto e fôrmas

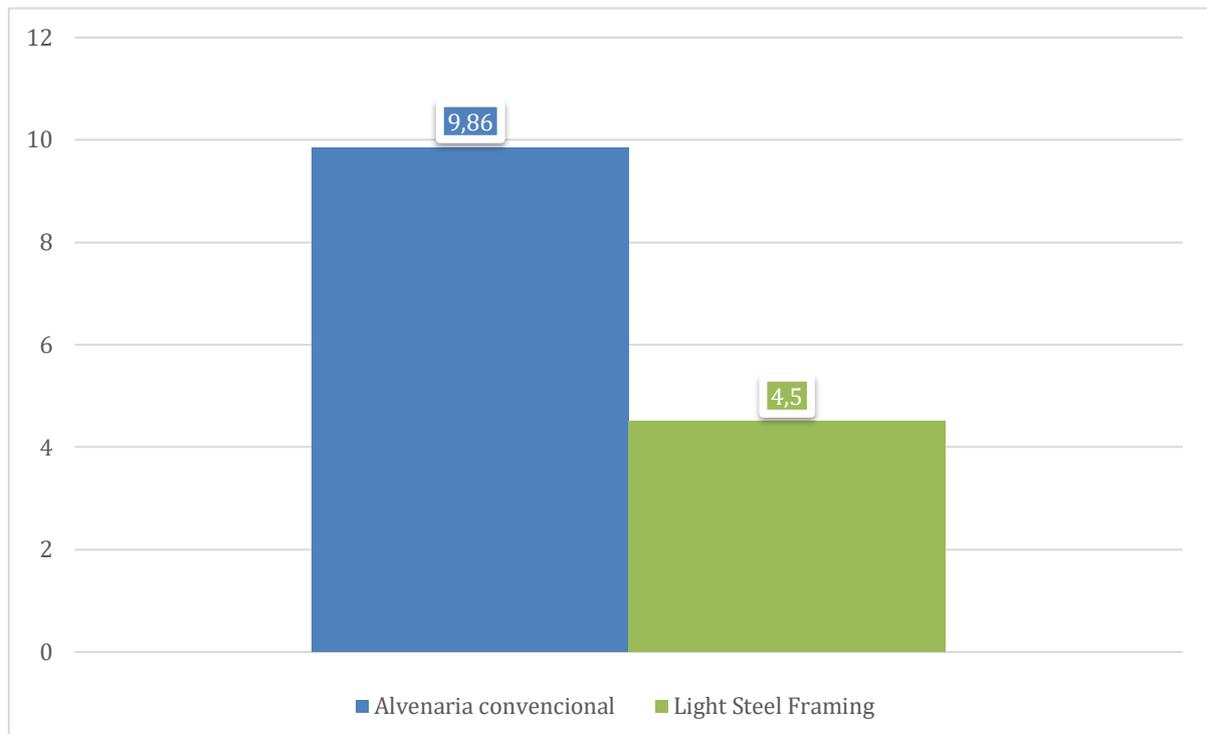
| MATERIAL | QUANTIDADE RESIDUAL   |
|----------|-----------------------|
| PILAR    | 0,14 m <sup>3</sup>   |
| VIGA     | 0,83 m <sup>3</sup>   |
| FORMA    | 239,98 m <sup>2</sup> |

Fonte: Autora (2023).

Observa-se que a quantidade de RCC dessa obra em alvenaria resulta em um valor maior do que a mesma no sistema construtivo em *LSF*, levando em conta que a relação em volume em porcentagem de resíduos dos materiais considerados obteve-se 9,86% de resíduos.

Com base nos dados mostrados até aqui é possível correlacionar as perdas totais no sistema em *LSF* com a alvenaria convencional em volume em porcentagem como mostra o gráfico na Figura 5 para melhor visualização.

Figura 5 – Relação em porcentagem de material perdido em *LSF* e alvenaria convencional



Fonte: Autora (2023).

Ao analisar o gráfico mostrado na Figura 5 percebe-se que a diferença em percentual residual entre um sistema construtivo é de 5,36%. Com isso afirma-se que essa obra construída no sistema construtivo *LSF* diminuiria a parte residual em 5,36% em relação ao sistema construtivo de alvenaria convencional.

Através desses resultados pode-se observar que para todos os materiais utilizados para a construção dessa residência em alvenaria convencional teria uma quantidade de perda, ou seja, uma grande quantidade do material comprado viraria resíduo. Essa grande quantidade de resíduos pode ser gerada desde o manuseio da empresa contratada para o transporte do mesmo até o manuseio da mão de obra contratada para a execução de obra. Por exemplo, em decorrência de um mau dimensionamento da argamassa pode acarretar em um índice significativo de desperdício de material, assim como uma mão de obra não qualificada. Por não haver ainda o hábito de reaproveitamento ou reciclagem desses materiais de construção, cerca de 50% dos resíduos acabam virando desperdício (SCHENINI, 2004).

Sendo assim, como mostrado nesse trabalho, o sistema construtivo em *LSF* é uma opção que gera menos resíduos e impactos ambientais em comparação ao sistema de alvenaria convencional, como já mencionado, essa grande diferença, também, se dá pelo grande número de recursos naturais utilizados nesse sistema em relação ao outro, considerando que o *LSF* utiliza grande parte do material industrializado, não tendo grande desperdício em canteiro de obras.

#### 4 CONCLUSÃO

Por meio do estudo de caso da obra acompanhada por esse trabalho construída no sistema *LSF* e das visitas técnicas no local observou-se que a produção de resíduos do mesmo era realmente muito baixa, com isso a comparação da mesma estimada no sistema de alvenaria convencional foi possível apresentar dados que comprovaram que a alternativa em *LSF* gera menos resíduos em relação ao convencional.

Foi comprovado que essa mesma obra construída em *LSF* gerou um total de 4,5% de resíduos, enquanto essa mesma obra estimada em alvenaria geraria 9,86% de resíduos na obra cinza, tendo uma diferença de 5,36% de resíduos entre os dois sistemas, comprovando assim que o sistema construtivo *LSF* gera menos resíduos que o sistema construtivo convencional. O *LSF* se mostrou como uma melhor opção ao se buscar um

sistema construtivo que gerasse menos impacto ambiental, pois como mostrado, nesse método não há grandes desperdícios de materiais.

É possível modificar o cenário da quantidade geradora de resíduos por parte da construção civil através da utilização de outros métodos construtivos, tornando assim, a construção civil mais sustentável.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a empresa LTS Engenharia – *Light Steel Frame* a qual disponibilizou todos os dados obtidos da obra em *LSF* e se colocou à disposição para todas as dúvidas obtidas ao decorrer da conclusão desse trabalho, assim com a liberação das visitas ao local da obra.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELTRAME, E. S. **Meio Ambiente na Construção Civil**. Artigo, 2013. Disponível em: [http://www.eduardo.floripa.com.br/download/Artigo\\_meio\\_ambiente.pdf](http://www.eduardo.floripa.com.br/download/Artigo_meio_ambiente.pdf)

CBCS. **Condutas de Sustentabilidade no Setor Imobiliário Residencial**. 2007. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/website/condutas-de-sustentabilidade/show.asp?ppgCode=2AF07A75-7E4C-426B-BF7A-C2F925B2B065>

CONSOLI, I. O. **Análise da sustentabilidade e eficiência energética de um edifício de habitação em *light steel framing***. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Tecnologia e Gestão Instituto Politécnico Bragança, Bragança, Portugal, 2020. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/cd96161c5dfb5d9389406fe24b179ba6/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>

GOMES, J. H. D. et al. **Análise comparativa do Sistema Construtivo de Alvenaria Convencional e Sistema Construtivo de Alvenaria Estrutural em uma casa térrea em Teófilo Otoni**. Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, Teófilo Otoni, 2018, p.128-144. Disponível em: [https://revistas.unipacto.com.br/storage/publicacoes/2018/analise\\_comparativa\\_do\\_sistema\\_construtivo\\_de\\_alvenaria\\_convencional\\_e\\_269.pdf](https://revistas.unipacto.com.br/storage/publicacoes/2018/analise_comparativa_do_sistema_construtivo_de_alvenaria_convencional_e_269.pdf)

JUNIOR, J. K. **Construções de *light steel frame***. Revista Técnica, 2006. Disponível em: <https://portalidea.com.br/cursos/2db2cbdb4b5ab907bc58df26544711bd.pdf>

LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. **Guia para Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil**. Série de Publicações Temáticas do CREA – PR, 2012. Disponível em: [http://cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/cartilhaResiduos\\_web2012.pdf](http://cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/cartilhaResiduos_web2012.pdf)

MACHADO, J. P. **Estudo comparativo entre sistemas construtivos para habitações de interesse social: Alvenaria convencional versus *steel frame***. São Paulo, 2008.

MANFRINATO, M. E. **Estudo sobre o uso da madeira para fins estruturais e arquitetônicos**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015. Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6207/4/CM\\_COECI\\_2015\\_1\\_11.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6207/4/CM_COECI_2015_1_11.pdf)

MASS, B. H. **Resíduos de construção civil na obra de uma edificação e seus impactos: estudo de caso de uma residência em *light steel framing* e simulação de uma em alvenaria**. Dissertação (Pós-graduação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/47702/R%20-%20D%20-%20BARBARA%20HOLZMANN%20MASS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MASS, B. H.; TAVARES, S. F. **Quantidade de resíduos de construção na obra de uma habitação de LSF comparada com uma em alvenaria convencional**. Artigo publicado na Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão, v. 2, n. 2, 2017. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/321387919\\_QUANTIDADE\\_DE\\_RESIDUOS\\_DE\\_CONTRUCAO\\_NA\\_OBRA\\_DE\\_UMA\\_HABITACAO\\_DE\\_LSF\\_COMPARADA\\_COM\\_UMA\\_EM\\_ALVENARIA\\_CONVENCIONAL/fulltext/5a2159010f7e9b10b9742bad/QUANTIDADE-DE-RESIDUOS-DE-CONTRUCAO-NA-OBRA-DE-UMA-HABITACAO-DE-LSF-COMPARADA-COM-UMA-EM-ALVENARIA-CONVENCIONAL.pdf](https://www.researchgate.net/publication/321387919_QUANTIDADE_DE_RESIDUOS_DE_CONTRUCAO_NA_OBRA_DE_UMA_HABITACAO_DE_LSF_COMPARADA_COM_UMA_EM_ALVENARIA_CONVENCIONAL/fulltext/5a2159010f7e9b10b9742bad/QUANTIDADE-DE-RESIDUOS-DE-CONTRUCAO-NA-OBRA-DE-UMA-HABITACAO-DE-LSF-COMPARADA-COM-UMA-EM-ALVENARIA-CONVENCIONAL.pdf)

MORAES, M. C. B. **As perdas na construção civil: Gestão do desperdício Estudo de caso do condomínio Costa Esmeralda**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/77046/139298.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PARAVISI, S. **Avaliação de sistemas de produção de revestimentos de fachada com aplicação mecânica e manual de argamassa**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/12561>

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 199. Disponível em: <http://casoi.com.br/hjr/pdfs/GestResiduosSolidos.pdf>

SAINT-GOBAIN. **Guia de sistema para produtos planos**. Brasilit, p. 93, 2011. Disponível em: [https://www.brasilit.com.br/sites/brasilit.com.br/files/downloads/1/Guia%20de%20Sistemas%20Produtos%20Planos\\_2.pdf](https://www.brasilit.com.br/sites/brasilit.com.br/files/downloads/1/Guia%20de%20Sistemas%20Produtos%20Planos_2.pdf)

SANTOS, L. J. **Light steel framing: um estudo do método construtivo e análise da geração de resíduos nos canteiros de obra**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Regional do Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2017. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/5218/Liara%20Jardim%20Santos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SCHENINI, P. C.; BAGNATI, A. M. Z.; CARDOSO, A. C. F. **Gestão de Resíduos da Construção Civil**. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário, COBRAC, Florianópolis, 2004. Disponível: [http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac\\_2004/092.pdf](http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac_2004/092.pdf).

## APÊNDICES

### APÊNDICE A

Para os cálculos quantitativos de tijolos e argamassa foi adotado os seguintes passos:

- Para cálculo de tijolos:

Primeiramente foi necessário conhecer a área total de paredes:

$$A_{total} = m_{parede} \cdot \text{pé direito}$$

A metragem total de parede foi obtida através da soma de todas as paredes desconsiderando os vãos e o pé direito foi considerado o padrão, 2,7 m. Tendo assim como resultado:

$$398,4149 \cdot 2,7 = 1075,72 \text{ m}^2$$

A seguir, considerando 10 mm ou 1 cm de espessura de argamassa é possível descobrir a quantidade de tijolos através da seguinte fórmula:

$$n = \frac{1}{(b_1 + e_h) \cdot (b_2 + e_v)},$$

onde,  $n$  é o número de tijolos por  $\text{m}^2$  a ser encontrado,  $b_1$  o comprimento do tijolo,  $b_2$  a altura do tijolo,  $e_h$  e  $e_v$  a espessura horizontal e vertical, respectivamente, de argamassa. O tijolo em questão é o tijolo 9x19x19 cm, como mostra a Figura A1.

Figura A1 – Tijolo de 8 furos 9x19x19 cm



Fonte: Elos Cimento (2023).

Tendo esses dados foi possível obter a quantidade de tijolos por  $\text{m}^2$  como mostra o resultado da fórmula abaixo:

$$n = \frac{1}{(0,19 + 0,01) \cdot (0,19 + 0,01)}$$

$$n = 25 \text{ tijolos por } \text{m}^2$$

Com o resultado de tijolos por m<sup>2</sup> foi multiplicado esse valor pela área de tijolos obtendo assim a quantidade de tijolos necessários para a obra, como mostra os cálculos a seguir:

$$1075,72 \cdot 25 = 26894 \text{ tijolos}$$

- Para o cálculo de argamassa:

Sabe-se que para obter a quantidade do volume de argamassa por m<sup>3</sup> é necessário conhecer os dados da seguinte fórmula:

$$v = (1 - n \cdot (b_1 \cdot b_2)) \cdot b_3,$$

Onde  $v$  é o volume a ser calculado,  $b_1$  o comprimento do tijolo,  $b_2$  sua altura e  $b_3$  sua espessura. Sendo assim, obteve-se o seguinte resultado:

$$v = (1 - 25 \cdot (0,19 \cdot 0,19)) \cdot 0,09$$

$$v = 0,009 \text{ m}^3$$

Portanto, a cada 1 m<sup>2</sup> de tijolos de 8 furos de 9x19x19 cm temos aproximadamente 0,009 m<sup>3</sup> de argamassa.

Para conhecer a quantidade de argamassa na obra estimada é necessário multiplicar o valor de argamassa m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> pela área total de paredes, tendo assim o resultado a seguir:

$$0,009 \cdot 1075,72$$

$$9,44 \text{ m}^3 \text{ de argamassa para o assentamento}$$

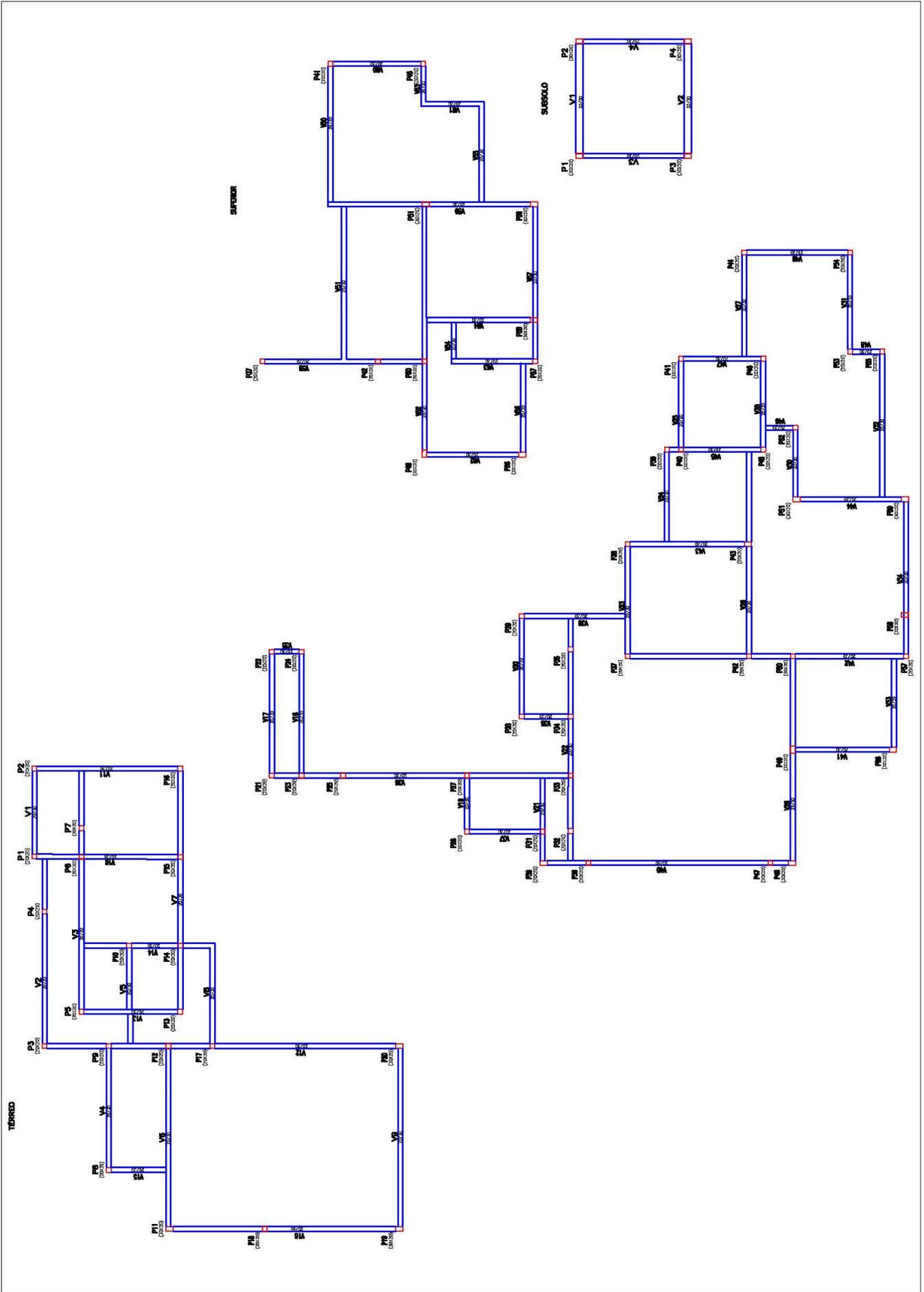
Para conhecer a quantidade de argamassa total considerando assentamento, chapisco, emboço e reboco foi necessário multiplicar a área de paredes pela espessura considerada de argamassa, que foi de 0,15 m:

$$v = 1075,72 \cdot 0,015 = 16,14 \text{ m}^3$$

Tem-se então que o total de argamassa utilizada seria de 25,57 m<sup>3</sup>.

## APÊNDICE B

Para o pré-dimensionamento estrutural foi alocado os pilares e vigas como mostrado na figura na página a seguir.



Fonte: Autora (2023).

Com base nesse projeto, considerando 2 tipos de pilares, um com dimensão de 20x30x270cm e outro de 20x20x270cm. Através dessas informações, das fórmulas do anexo C para pilares e do projeto foi obtido os seguintes resultados:

$$V_{\text{pilar } 30} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 2,7 = 0,162 \text{ m}^3 \text{ por pilar}$$

$$V_{\text{pilar } 20} = 0,2 \cdot 0,2 \cdot 2,7 = 0,108 \text{ m}^3 \text{ por pilar}$$

De acordo com o projeto foram alocados 21 pilares de 20x30x270 cm, então a quantidade em volume de pilares de 30 cm é de:

$$0,162 \cdot 21 = 3,402 \text{ m}^3 \text{ de concreto nos pilares de 30 cm}$$

De acordo com o projeto foram alocados 53 pilares de 20x20x270 cm, então a quantidade em volume de pilares de 200 cm é de:

$$0,108 \cdot 53 = 5,724 \text{ m}^3 \text{ de concreto nos pilares de 30 cm}$$

Somando a quantidade de concreto nos pilares, tem-se que o volume total de concreto nos mesmos é de: 9,1 m<sup>3</sup>.

Para esse projeto foi definido duas dimensões de vigas, sendo elas de 30 cm e 50 cm. Por meio dessa informação, das fórmulas do anexo C para vigas e do projeto foi obtido os seguintes resultados:

$$V_{\text{viga}} = 0,2 \cdot 0,3 \cdot 379,25 = 22,76 \text{ m}^3 \text{ de concreto nas vigas de 30 cm}$$

$$V_{\text{viga}} = 0,2 \cdot 0,5 \cdot 20,75 = 2,08 \text{ m}^3 \text{ de concreto nas vigas de 50 cm}$$

Considerando um total de vigas baldrame de 30,34 m<sup>3</sup>, temos um total de concreto nas vigas de: 55,18 m<sup>3</sup>.

Sendo assim, o total de concreto estimado para essa obra é de 64,28 m<sup>3</sup>.

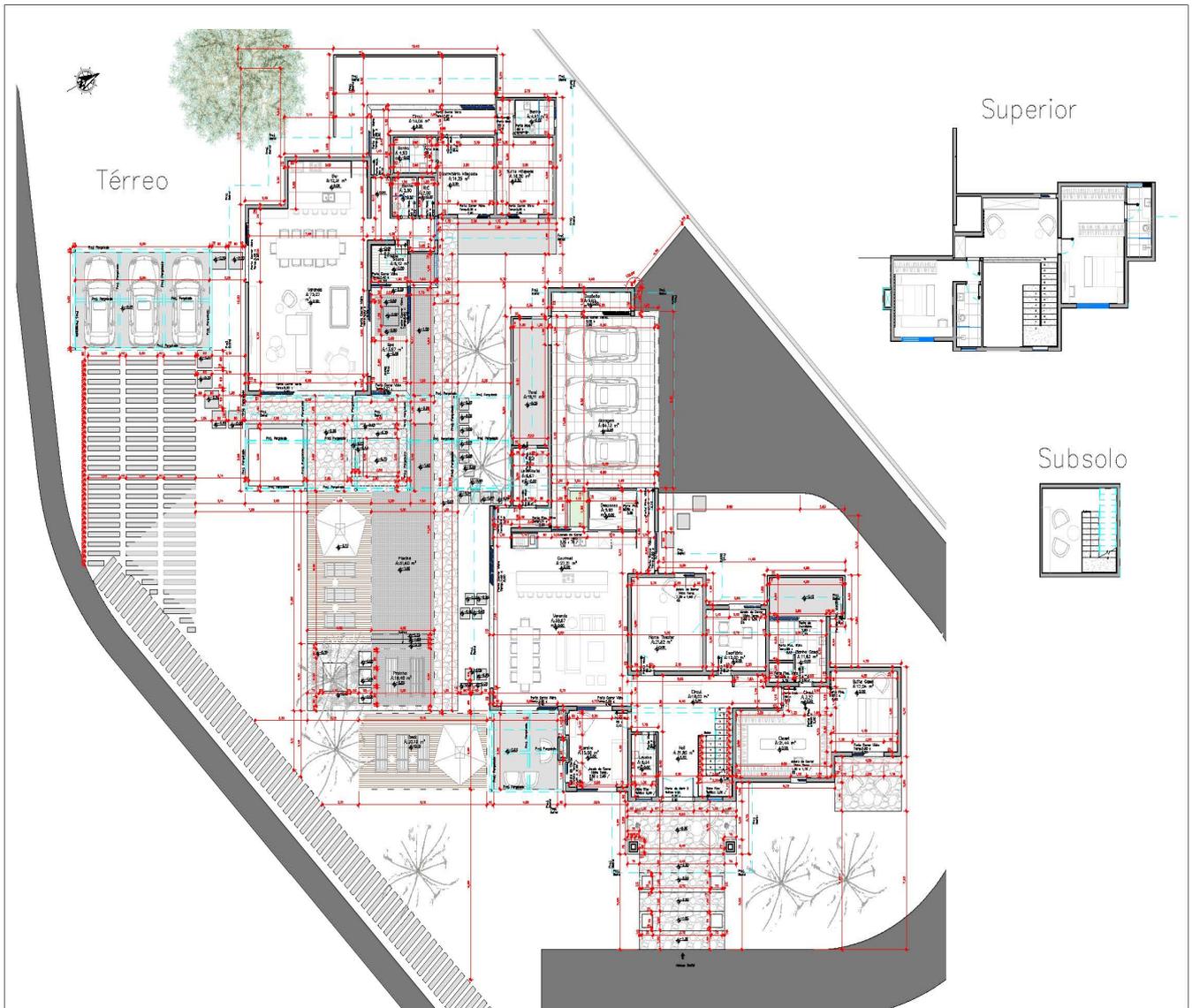
Para o cálculo das fôrmas, como mencionado no anexo D, a cada 1 m<sup>3</sup> de concreto é utilizado 14 m<sup>2</sup> de fôrmas, sendo assim, temos como resultado da fórmula:

$$A_{\text{fôrmas}} = 14 \cdot 64,28 = 899,92 \text{ m}^2$$

## ANEXOS

### ANEXO A

#### Planta baixa – projeto arquitetônico



Fonte: LTS Engenharia – *Light Steel Frame* (2023).

**ANEXO B**

Para o cálculo quantitativo de tijolos e argamassas mostrados em apêndice A foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$A_{\text{total de parede}} = m_{\text{parede}} \cdot \text{pé direito}$$

$$n = \frac{1}{(b_1 + e_h) \cdot (b_2 + e_v)}$$

$$Qtd_{\text{tijolos}} = A_{\text{total de parede}} \cdot n$$

$$v = (1 - n \cdot (b_1 \cdot b_2)) \cdot b_3$$

$$Qtd_{\text{argamassa}} = A_{\text{total}} \cdot v$$

Fonte: Desterro Construções (2020).

**ANEXO C**

Para os cálculos de volume de concreto mostrados em apêndice B foram utilizadas as seguintes fórmulas:

Volume do pilar:  $V_{\text{pilar}} = L \cdot C \cdot H$ , onde L é a largura, C o comprimento e H a altura.

Volume da viga:  $V_{\text{viga}} = L \cdot C \cdot H$ , onde L é a largura, C o comprimento e H a altura.

Fonte: Desterro Construções (2021).

**ANEXO D**

Para o cálculo das fôrmas mostrados em apêndice B, segundo Desterro Construções, a cada 1 m<sup>3</sup> de concreto é utilizado 14 m<sup>2</sup> de fôrmas, sendo assim, a fórmula utilizada foi:

$$A_{\text{fôrmas}} = 14 \cdot V_{\text{total de concreto}}$$