

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

BRIAN WILLIAMS PAULINO MENDES ISRAEL
JULIA SACHS

PROJETO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO DE UMA RESIDÊNCIA
UNIFAMILIAR E ANÁLISE COMPARATIVA COM A SOLUÇÃO EM *LIGHT STEEL*
FRAME EM TERMOS ORÇAMENTÁRIOS E DE PLANEJAMENTO DE OBRAS

PONTA GROSSA
2022

BRIAN WILLIANS PAULINO MENDES ISRAEL
JULIA SACHS

PROJETO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO DE UMA RESIDÊNCIA
UNIFAMILIAR E ANÁLISE COMPARATIVA COM A SOLUÇÃO EM *LIGHT STEEL*
FRAME EM TERMOS ORÇAMENTÁRIOS E DE PLANEJAMENTO DE OBRAS

Trabalho apresentado à disciplina de OTCC como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharelado em Engenharia Civil, da Universidade
Estadual de Ponta Grossa

Orientadora: Prof. Me. Fernanda Brekailo

PONTA GROSSA
2022

BRIAN WILLIAMS PAULINO MENDES ISRAEL

JULIA SACHS

PROJETO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO DE UMA RESIDÊNCIA
UNIFAMILIAR E ANÁLISE COMPARATIVA COM A SOLUÇÃO EM *LIGHT STEEL*
FRAME EM TERMOS ORÇAMENTÁRIOS E DE PLANEJAMENTO DE OBRAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Civil na Universidade Estadual de Ponta Grossa

Ponta Grossa, 20 de dezembro de 2022

Prof.^a. Me. Fernanda Brekailo

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof.^a Me. Letícia Col Debella Santos

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof.^a Dra. Andressa Gobbi

Departamento de Engenharia Civil – Universidade Estadual de Ponta Grossa

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaríamos de expressar nossa imensa gratidão aos nossos familiares, que nos deram o apoio e a ajuda necessária para a realização deste trabalho.

Agradecemos cordialmente à Professora Fernanda Brekailo, por ter sido nossa orientadora e ter desempenhado tal função com dedicação, aconselhando com paciência as decisões tomadas, as quais guiaram nosso aprendizado.

Agradecemos à Universidade Estadual de Ponta Grossa, essencial no nosso processo de formação profissional, e por tudo que aprendemos ao longo dos anos do curso. Agradecemos também a disponibilização da licença do *software* CAD/TQS, fundamental para desenvolvimento do trabalho.

Agradecemos em especial, à Professora Andressa Gobbi e à Professora Letícia Col Debella Santos por aceitarem fazer parte da banca examinadora e por nos passarem suas opiniões e conhecimentos.

Agradecemos a empresa Espaço Smart, que nos cedeu o projeto arquitetônico, o projeto de *light steel frame* e seu respectivo orçamento, essenciais para o desenvolvimento do trabalho.

Agradecemos também a todos nossos colegas e amigos de curso, com os quais convivemos intensamente durante os últimos cinco anos, pelo companheirismo e pela troca de experiência, que nos permitiram evoluir não somente como pessoas, mas também como formandos. Vocês nos ajudaram nesta conquista!

A todos, nosso sincero obrigado!

RESUMO

O concreto armado é o sistema mais difundido em território nacional, porém possui algumas deficiências relacionadas ao fato de suas estruturas serem feitas por processos artesanais, o que está intrinsicamente ligado ao tempo de execução e custo. Porém, pelo concreto armado ser um sistema consolidado, esses fatores geralmente não são levados em consideração para a escolha do método construtivo empregado. Em contrapartida, existem alternativas que podem apresentar benefícios relacionados a essas deficiências. Neste sentido, o sistema *light steel frame* surge como uma opção que propicia um aumento de produtividade e racionalização de processos.

Sendo assim, este trabalho possui o objetivo de comparar os dois métodos construtivos em questões orçamentárias e de planejamento de obra, para isso foi considerado o projeto arquitetônico, estrutural em *light steel frame*, e seu orçamento cedidos pela empresa Smart Center Comércio de Materiais de Construção EIRELI. Para a análise, foi elaborado um projeto estrutural em concreto armado da residência, juntamente com a elaboração do seu orçamento considerando estrutura, vedação e mão de obra, o qual foi comparado com o orçamento em *light steel frame*. Para a comparação em termos de velocidade de execução, elaborou-se o planejamento de obra para cada método construtivo. Ao final da análise chegou-se à conclusão que a edificação em concreto armado apresentou um custo menor se comparado ao *light steel frame*, porém com um tempo de execução maior.

Palavras chaves: concreto armado, *light steel frame*, orçamento, planejamento de obra

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Diagrama tensão-deformação idealizado do concreto	13
Figura 2 – Diagrama tensão-deformação para aços de armaduras passivas	14
Figura 3 - Fluxo das ações nos elementos estruturais em edifícios	15
Figura 4 - Painel estrutural	28
Figura 5 - Laje seca.....	29
Figura 6 - Laje úmida	29
Figura 7- Exemplo de Curva ABC	33
Figura 8 - Curva S	35
Figura 9 - Cronograma físico-financeiro tomada de preços de construção de 02 (duas) quadras de areia na cidade de Santa Maria, Paraná	35
Figura 10 - Fluxograma da metodologia adotada.....	37
Figura 11 - Planta humanizada da edificação	39
Figura 12 - Representação esquemática do telhado.....	41
Figura 13 - Corte esquemático dos níveis da estrutura no software Revit	43
Figura 14 - Estrutura em concreto armado.....	44
Figura 15 - Comparativo de porcentagem dos custos diretos entre as etapas da obra - concreto armado	48
Figura 16 – Relação entre custos de materiais e mão de obra – concreto armado ..	50
Figura 17 - Curva ABC - concreto armado	51
Figura 18 - Comparativo de porcentagem dos custos diretos entre as etapas da obra – <i>light steel frame</i>	52
Figura 19 – Relação entre custos de materiais e mão de obra – <i>light steel frame</i>	55
Figura 20 - Curva ABC - <i>light steel frame</i>	56
Figura 21 - Comparativo entre custos totais – concreto armado e <i>light steel frame</i> ..	57
Figura 22 - Comparativo entre porcentagens de custos totais – concreto armado e <i>light steel frame</i>	58
Figura 23 - Resumo geral dos custos – concreto armado e <i>light steel frame</i>	58
Figura 24 - Comparação entre custo de materiais e mão de obra - concreto armado e <i>light steel frame</i>	59
Figura 25 – Curva S – concreto armado	62
Figura 26 – Curva S – <i>light steel frame</i>	64
Figura 27 - Comparação entre tempos de execução – concreto armado e <i>light steel</i> <i>frame</i>	65
Figura 28 - Diferença entre tempo de execução entre os dois sistemas – concreto armado e <i>light steel frame</i>	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficiente $\gamma_f = \gamma_{f1} \cdot \gamma_{f3}$	20
Tabela 2 – Valores do coeficiente γ_{f2}	20
Tabela 3 - Classes de agressividade ambiental.....	22
Tabela 4- Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto	22
Tabela 5 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm.....	23
Tabela 6 - Classificação do tipo de revestimento dos perfis	25
Tabela 7 - Seções transversais de perfis	25
Tabela 8 - Numeração e conteúdo de pranchas	45
Tabela 9 - Resumo geral dos custos dos materiais - concreto armado.....	46
Tabela 10 – Resumo geral dos custos de mão de obra – concreto armado	49
Tabela 11 - Classificação curva ABC - concreto armado	50
Tabela 12 - Resumo geral dos custos dos materiais – <i>light steel frame</i>	51
Tabela 13 – Composições de número 88240 e 88278 da SINAPI	53
Tabela 14 - Produtividade em obras - <i>light steel frame</i>	53
Tabela 15 - Custo mão de obra para instalações das vedações – <i>light steel frame</i> ..	54
Tabela 16 - Precificação estrutura em aço – <i>light steel frame</i>	54
Tabela 17 - Resumo geral dos custos de mão de obra – <i>light steel frame</i>	54
Tabela 18 - Classificação curva ABC - <i>light steel frame</i>	56
Tabela 19 - Tempo de execução para edificação - concreto armado.....	60
Tabela 20 - Relação de início e fim das atividades de execução da obra - concreto armado	61
Tabela 21 - Tempo de execução para edificação – <i>light steel frame</i>	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	8
1.2 OBJETIVO GERAL	9
1.2.1 Objetivos específicos:	9
1.3. JUSTIFICATIVA	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 CONCRETO ARMADO	11
2.1.1 Propriedades do concreto no estado endurecido	11
2.1.2 Propriedades do aço para armadura passiva.....	13
2.1.3 Elementos estruturais	14
2.1.4 Sistema de vedação	15
2.1.5 Execução de estruturas em concreto armado	15
2.1.6 Vantagens e desvantagens do concreto armado	16
2.2 CÁLCULO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO	17
2.2.1 Estados limites últimos e de serviço.....	17
2.2.2 Ações.....	18
2.2.3 Durabilidade do concreto	21
2.2.4 Verificação da segurança.....	23
2.3 <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	24
2.3.1 Propriedades dos perfis formados a frio.....	24
2.3.2 Elementos Estruturais	27
2.3.3 Sistema de vedação	30
2.3.4 Execução de estruturas em <i>light steel frame</i>	30
2.3.5 Vantagens e desvantagens do <i>Light Steel Frame</i>	31
2.4 ORÇAMENTAÇÃO.....	32
2.4.1 O Custo Unitário Básico (CUB)	32
2.4.2 Curva ABC.....	33
2.5 PLANEJAMENTO DE OBRAS	33
2.5.1 Cronograma físico financeiro.....	35
3. METODOLOGIA.....	37
3.1 Projeto arquitetônico	38
3.2 Projeto estrutural em <i>LSF</i>	39
4. PROJETO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO	40

4.1 CRITÉRIOS ADOTADOS	40
4.1.1 Parâmetros de durabilidade do concreto.....	40
4.1.2 Cargas permanentes e acidentais.....	40
4.2 CAD/TQS	42
4.3 LANÇAMENTO ESTRUTURAL	42
4.3.1 Processamento e modificações	43
4.4 DETALHAMENTO	44
5. ORÇAMENTAÇÃO	46
5.1 ORÇAMENTO EM CONCRETO ARMADO	46
5.2 ORÇAMENTO EM <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	51
5.3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS	56
6. PLANEJAMENTO DE OBRA	60
6.1 CONSIDERAÇÕES DO TAMANHO DA EQUIPE.....	60
6.2 PLANEJAMENTO DE OBRA EM CONCRETO ARMADO.....	60
6.3 PLANEJAMENTO DE OBRA EM <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	63
6.4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS	64
ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO	75
ANEXO B – PROJETO ESTRUTURAL EM <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	76
ANEXO C – ORÇAMENTO EM <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	77
APÊNDICE A – PROJETO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO	78
APÊNDICE B – ORÇAMENTO EM CONCRETO ARMADO	79
APÊNDICE C – CRONOGRAMA FÍSICO FINANCEIRO EM CONCRETO ARMADO	
80	
APÊNDICE D – CRONOGRAMA FÍSICO FINANCEIRO EM <i>LIGHT STEEL FRAME</i>	
81	

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O avanço no setor da construção civil foi inevitável ao longo dos anos, principalmente devido ao crescimento populacional e a alta demanda por edificações. No Brasil, esse setor é majoritariamente constituído por edificações realizadas com estruturas de concreto armado associado a elementos de vedação, como blocos cerâmicos e de concreto. A predominância desse modelo construtivo no país pode ser explicada devido ao fato da facilidade de se encontrar mão de obra e material para a execução dessas edificações (CASSAR, 2018).

O projeto da estrutura de concreto armado tem função de especificar todos os dimensionamentos e considerações dos elementos estruturais, além de trazer aspectos mais econômicos e seguros para a obra. Tem-se como diretriz para cálculos e desenvolvimento do projeto estrutural as seguintes normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

- a) ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento;
- b) ABNT NBR 6120:2019 - Ações para o cálculo de estruturas de edificações;
- c) ABNT NBR 8681:2003 - Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento;
- d) ABNT NBR 15200:2012 - Projeto de Estruturas de Concreto em Situação de Incêndio.

Segundo Andrade (2016), dentre as características em que as estruturas em concreto armado se destacam são: sua alta resistência mecânica aos diversos tipos de solicitações, uma maior liberdade de formas e concepções arquitetônicas, além de possuir um baixo custo de manutenção, se projetada e executada de maneira correta.

Porém, com a evolução tecnológica no campo da Engenharia Civil e a necessidade por maior produtividade, novos métodos de construção foram desenvolvidos. Assim, as empresas desse ramo que historicamente se mostravam contrárias a modernização de seus meios de produção, são levadas a se atualizar e investir em novos métodos a fim de suprir as exigências impostas no mercado (SILVA, 2003).

Segundo Cassar (2018), o sistema construtivo *light steel frame* (LSF) surge como uma boa solução para as construtoras que procuram essa boa racionalização em processos e produtividade nas construções, visto que suas principais

características são: velocidade em execução, menor desperdício quando se trata de materiais e maior controle orçamentário.

Assim, este trabalho propõe a elaboração de um projeto estrutural em concreto armado, por se tratar de um sistema construtivo já consolidado, e ainda, um estudo comparativo em termos orçamentários e produtivos com a solução em *light steel frame*, um sistema de construção mais tecnológico ainda não difundido em território nacional. Para isso, será adotado o projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar e a sua solução estrutural em *light steel frame* ambos fornecidos pela empresa Smart Center Comércio de Materiais de Construção EIRELI.

1.2. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é a elaboração do projeto estrutural em concreto armado de uma edificação unifamiliar e realizar um estudo comparativo entre custo e planejamento de obras entre as soluções construtivas para esta residência: *light steel frame* e concreto armado.

1.2.1. Objetivos específicos:

- a) dissertar sobre os elementos construtivos de cada método;
- b) realizar o projeto estrutural da residência escolhida no método concreto armado, com suas respectivas considerações utilizando o *software* CAD/TQS para dimensionamento e *Revit* para detalhamento;
- c) identificar o tempo de execução de cada obra em termos estruturais e de vedação, realizando o planejamento da obra em cada sistema através do *Excel*;
- d) descrever quantitativamente e analisar os valores de todos os elementos estruturais e de vedação que compõem a edificação, a fim de gerar um orçamento comparativo entre os métodos.

1.3. JUSTIFICATIVA

O projeto estrutural deve conter os dimensionamentos e detalhamentos de todos os elementos estruturais, sendo ele de responsabilidade técnica do Engenheiro Civil, o qual deve garantir que níveis de segurança e economia sejam atendidos de forma mais eficiente. O projeto estrutural deve considerar aspectos e especificidades

do modelo construtivo a ser atendido, aliado com suas limitações e particularidades, as quais devem ser obedecidas desde sua concepção até a execução em obra.

Dessa forma, visando aprimorar os conhecimentos obtidos durante a graduação e obter experiência em *software* de dimensionamento de estruturas, este trabalho contempla o desenvolvimento do projeto estrutural de uma residência unifamiliar em concreto armado. Juntamente, tem-se a elaboração do seu orçamento e planejamento da obra. A escolha do desenvolvimento do projeto em concreto armado deve-se justamente a sua difusão como sistema construtivo no Brasil.

Porém, para Gropius (2004), o sistema construtivo em concreto armado apresenta grandes deficiências quando se trata de tempo e custos de execução. Por ser um método construtivo tão difundido e comum no Brasil, a implementação desse sistema ocorre normalmente sem a avaliação destas insuficiências.

Neste sentido, e a fim de aprimorar o conhecimento a respeito do sistema *light steel frame*, a solução desenvolvida para a estrutura em concreto armado neste trabalho será comparada com este método construtivo. O LSF conta com pouca literatura técnica disponível no Brasil se comparado ao método convencional de construção, o que acaba muitas vezes dificultando a difusão do LSF na construção civil brasileira, além de existirem controvérsias acerca do custo total de uma obra a ser construída nessa tecnologia. Então, uma forma de provocar o interesse quanto a busca de conhecimento sobre esta nova área é realizar uma comparação entre os métodos.

Para Zorzi (2002), a execução da estrutura representa o “caminho crítico” nos cronogramas de obras e determina o início de todas as atividades que vem a seguir, além de representar alta relevância de custo em orçamentos. O custo desses elementos para uma edificação de pequeno porte para o sistema LSF corresponde a um valor de 23,19% do orçamento total da obra, já para o método tradicional esse valor se reduz para 20% (CAMINI, 2019; ZORZI, 2002).

Assim, a comparação terá como foco a análise de produtividade e custo no aspecto estrutural e de vedação, por serem as características construtivas que mais se diferem entre os dois sistemas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta revisão tem como objetivo embasar os conceitos acerca dos processos construtivos *light steel frame* e concreto armado, e visa explicar também termos que serão utilizados na pesquisa como orçamentação e execução de obra voltadas para a construção civil.

2.1 CONCRETO ARMADO

O concreto pode ser definido como um material constituído pela mistura de cimento Portland, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (pedra ou brita). Em alguns casos, pode-se utilizar aditivos químicos, a fim de aprimorar as propriedades do material (BASTOS, 2019).

O concreto é um material que possui alta resistência a solicitações de compressão, porém baixa resistência à tração (aproximadamente 10% da sua resistência à compressão). Com isso, tem-se que as estruturas em concreto armado são compostas pela associação do concreto e armaduras de aço, sendo o último responsável por resistir aos esforços de tração (BASTOS, 2019).

Essa associação possui um resultado satisfatório devido às propriedades físicas dos dois materiais, características essas, observadas nos índices de dilatação térmicos semelhantes e índices de deformações equivalentes. A aderência mecânica entre os dois materiais é o principal responsável pela eficiência do método construtivo (LEONHARDT E MONNING, 1977).

As principais propriedades do concreto são divididas em duas grandes classes, sendo elas: propriedades no estado fresco e endurecido. Para o cálculo estrutural, as propriedades do concreto no seu estado endurecido são as mais relevantes, pode-se destacar então: resistência à compressão, resistência à tração e módulo de elasticidade (CARVALHO E FIGUEIREDO, 2014).

2.1.1 Propriedades do concreto no estado endurecido

a) resistência à compressão:

É a propriedade relacionada ao traço (proporção entre cimento, água, agregado graúdo e miúdo) e a idade do concreto. Para sua determinação deve-se seguir rigorosamente o item 8.2.4 da NBR 6118 (ABNT, 2014), que diz respeito ao ensaio de compressão axial dos corpos de prova de concreto. A resistência característica do concreto à compressão, determinada aos 28 dias, é denominada f_{ck} .

Segundo a NBR 8953 (ABNT, 2015), pode-se classificar os concretos em dois grupos dependendo da sua resistência à compressão, sendo o grupo I composto por concretos de 20 a 50 MPa (C20 a C50) e grupo II referentes às classes de 50 a 100 MPa (C50 à C100).

b) resistência à tração:

De acordo com Carvalho e Figueiredo Filho (2014), essa propriedade é de grande importância quando se faz a análise da capacidade resistiva da peça estrutural submetida a esforços de tração por cisalhamento ou em relação a fissuração do elemento.

A resistência à tração pode ser determinada por ensaios de tração indireta (tração por compressão diametral) ou em ensaios de flexão, conforme estabelece o item 8.2.5 da NBR 6118 (ABNT, 2014). Em caso de ausência de resultados experimentais, a mesma norma permite avaliar a resistência característica à tração com base nas Equações 1, 2 e 3.

$$f_{ct,m} = 0,3 \times f_{ck}^{2/3} \quad (\text{para concretos de classe até C50}) \quad (1)$$

$$f_{ctk,inf} = 0,7 \times f_{ct,m} \quad (2)$$

$$f_{ctk,sup} = 1,3 \times f_{ct,m} \quad (3)$$

Onde:

$f_{ct,m}$ é a resistência à tração do concreto média (valores expressos em megapascal);

$f_{ctk,inf}$ é a resistência à tração característica inferior do concreto (valores expressos em megapascal);

$f_{ctk,sup}$ é a resistência à tração característica superior do concreto (valores expressos em megapascal).

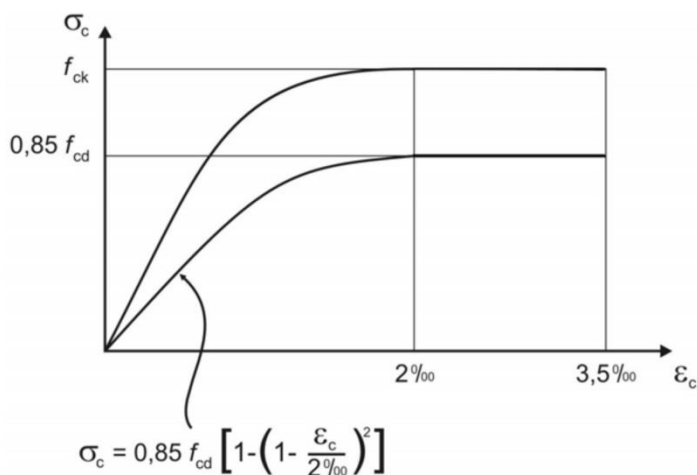
c) módulo de elasticidade:

Esta propriedade está relacionada com a medida de encurtamento que o concreto sofre sob as ações de tensões, normalmente relacionados a esforços compressivos. Pode-se citar que concretos com resistências superiores geralmente

deformam-se menos que concretos de resistências menores, por isso se caracterizam por possuir módulos de elasticidade maiores (BASTOS, 2019).

Segundo Pacheco *et al.* (2014), o concreto é um material que devido à sua natureza viscoelástica apresenta como um todo, um comportamento de não linearidade quando é submetido a solicitações. Seu diagrama tensão-deformação idealizado é apresentado na Figura 1. O diagrama é uma idealização do encurtamento do concreto ao ser submetido a diferentes valores de tensões de compressão. Para a deformação de até 2‰, a lei de variação segue a parábola de segundo grau. A partir de um encurtamento de 2‰ o concreto passa para o estado plástico até o valor máximo de 3,5‰ onde ocorre o rompimento da peça estrutural.

Figura 1- Diagrama tensão-deformação idealizado do concreto



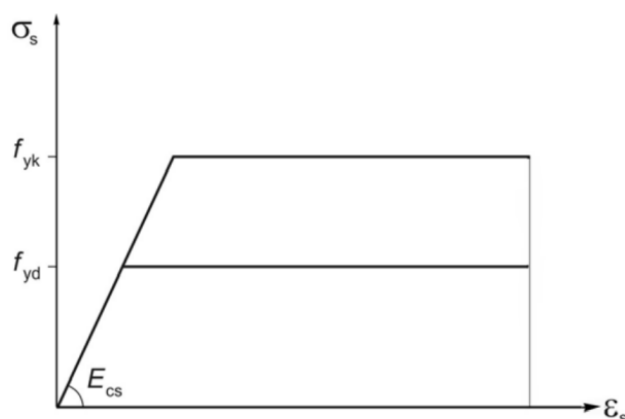
Fonte: Figura 8.2 - NBR 6118 (ABNT, 2014)

2.1.2 Propriedades do aço para armadura passiva

As categorias de aço utilizado para compor as armaduras nos elementos estruturais em concreto armado estão normatizados na NBR 7480 (ABNT, 2007) e são classificados da seguinte forma: CA-25, CA-50 e CA-60, sendo a última categoria composta somente por fios. O prefixo CA indica o emprego no concreto armado e o número indicativo representa o valor característico (f_{yk}) do limite de escoamento a tração, expresso em kN/cm^2 (FUSCO, 2013).

A Figura 2 representa o diagrama tensão x deformação de forma simplificada para os aços com ou sem patamar de escoamento.

Figura 2 – Diagrama tensão-deformação para aços de armaduras passivas



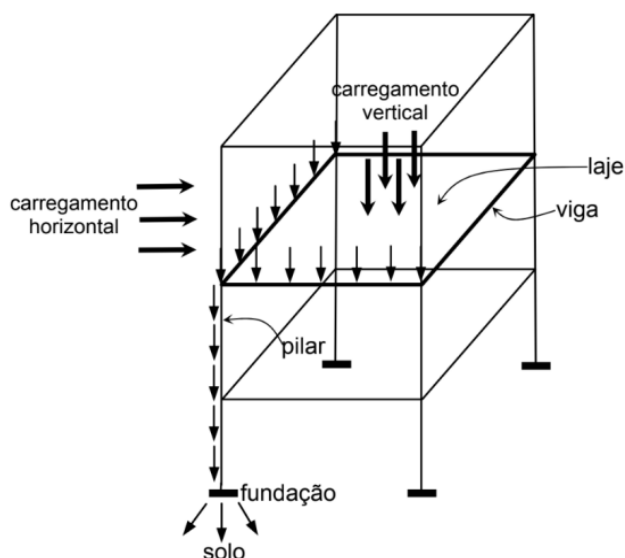
Fonte: Figura 8.4 - NBR 6118 (ABNT, 2014).

2.1.3 Elementos estruturais

Segundo Alva (2017), a estruturação de construções em concreto armado consiste no arranjo de diversos elementos estruturais (Figura 3), de modo a assegurar que a edificação resista a todos os esforços que está sendo solicitada. Os principais elementos estruturais da superestrutura são:

- lajes: elementos caracterizados por estarem no plano bidimensional, possuem a finalidade de receber as cargas do piso e transferir para as vigas ao contorno, geralmente são solicitadas à flexão nas duas direções ortogonais;
- vigas: são elementos considerados lineares, sujeitos a principalmente solicitações de flexão, possuem a finalidade de transferir seus esforços (paredes apoiadas sobre elas e reações das lajes) aos pilares;
- pilares: elementos do tipo barra sujeitos a esforços de flexão-compressão, possuem o objetivo de dar suporte às vigas e transferir as cargas da edificação aos elementos de fundação.

Figura 3 - Fluxo das ações nos elementos estruturais em edifícios



Fonte: ALVA, 2003.

2.1.4 Sistema de vedação

As paredes de vedação preenchem os espaços externos deixados pela estrutura e separam os ambientes. O material utilizado para vedações usualmente são tijolos, em construções convencionais (FREITAS, 2016).

Os blocos cerâmicos normalmente são constituídos por furos na horizontal e não apresentam função estrutural, visto que são acompanhados de elementos estruturais em concreto armado a fim de absorver as cargas solicitantes. Dessa forma, as vedações não precisam suportar as cargas da edificação, evitando assim seu rompimento. Por essa razão, segundo a NBR 15270 (ABNT, 2005) a resistência mínima à compressão admitida para os blocos é de 1,5 MPa (THOMAZ *et al*, 2009).

2.1.5 Execução de estruturas em concreto armado

Na construção de edificações em concreto armado são seguidos alguns processos padronizados pelo planejamento de obra, considerando forma de execução das atividades e mão de obra envolvida. Devido a grande quantidade de serviços que são interrelacionados, as decisões tomadas pelo responsável da obra ligadas a produtividade devem considerar a sequência executiva da obra. Especificamente, para esse estudo, os principais processos executivos relacionados a estruturas em concreto armado são: o serviço de fôrmas, a armação, a concretagem e a vedação.

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004) o sistema de fôrmas requer algumas exigências para que as suas peças atendam seu propósito construtivo com eficácia.

Desse modo, deve-se garantir as dimensões solicitadas dos elementos em questão, e o posicionamento nos seus devidos locais de execução. Esse sistema requer planejamento que colabore em manter o concreto fresco e que possibilite a instalação das demais etapas da obra, como instalações elétricas e hidráulicas. De forma a manter o concreto protegido contra as variações do ambiente, como impactos, perda de água e diferenças de temperatura.

Quando se trata de armaduras, elas podem ser armadas em obra ou virem pré-fabricadas, já cortadas e dobradas, a escolha do processo varia de acordo com a produtividade que é necessitada, sendo que os fatores que fazem o tempo de execução variar seria o diâmetro das barras, a quantidade de armaduras exigidas, além das próprias condições em obra, em questões de material disponível e condições de trabalho. A concretagem, recebimento e transporte do concreto até o seu local destinado, é definida pelas condições do canteiro, levando em consideração o seu *layout*, planejando das movimentações dos maquinários, a rotatividade das atividades envolvidas para agilizar nas trocas dos caminhões betoneiras, alinhando com as etapas de execução de fôrmas e montagem das armaduras (TCPO, 2012).

Para a etapa de lançamento do concreto nas fôrmas é considerado ainda, o seu espalhamento, para que seja distribuído por toda seção e preenchendo por completo, e em sequência deve-se realizar o seu adensamento, utilizando os vibradores, esse processo diminui os vazios do concreto e aumenta sua resistência (FREIRE; SOUZA, 2001), após isso o concreto é nivelado superficialmente, e entra em seu processo de endurecimento, as fôrmas são mantidas até chegar a sua resistência característica, quando é possível começar o processo de vedação.

Utilizando a alvenaria de vedação, a argamassa é colocada entre as camadas e vãos dos tijolos para estruturar as paredes da edificação. Para a alvenaria ter fixação com os pilares da estrutura utiliza-se telas metálicas para se evitar manifestações patológicas que possam surgir de uma ligação mal feita entre os dois elementos, como fissuras e trincas. Esse processo acontece até a vedação total do ambiente considerando todas as aberturas presentes até partir para a próximo pavimento, onde o processo se repetirá (SILVA, 2018).

2.1.6 Vantagens e desvantagens do concreto armado

De acordo com Pinheiro e Giongo (1986), a análise das vantagens e desvantagens na utilização de um material específico possui caráter relativo e

subjetivo, pois depende sempre do padrão de referência utilizado. Em uma concepção geral, pode-se citar como vantagens do uso do concreto armado em edificações:

- a) é um material que possibilita adaptação a vários tipos de concepções arquitetônicas;
- b) o concreto é um material que possui boa resistência contra o fogo;
- c) é um material resistente a choques e vibrações, efeitos térmicos, atmosféricos e a desgastes físicos;
- d) por se caracterizar como uma estrutura monolítica, quando um elemento estrutural é solicitado a estrutura como um todo trabalha em conjunto.

Pode-se citar como desvantagens do concreto armado:

- a) peso próprio elevado, com peso específico na ordem de 25 kN/ m^3 ;
- b) quando ocorrem problemas relacionados a fissuração da peça, são aparentes. Em geral não causam danos na edificação, porém problemas estéticos são observados;
- c) durante o processo de construção são necessários fôrmas e escoramentos até que o concreto consiga atingir a resistência adequada para suportar as solicitações geradas pela edificação.

2.2. CÁLCULO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO

O dimensionamento estrutural tem como objetivo realizar a verificação da segurança da estrutura através de métodos que garantam que a construção analisada possua capacidade de carga e estabilidade suficiente para suportar as ações que estará sujeita, além de assegurar durabilidade à edificação. A norma NBR 6118 (ABNT, 2014) estabelece exigências mínimas para o projeto de estruturas em concreto simples, armado e protendido.

2.2.1. Estados limites últimos e de serviço

De acordo com a norma NBR 8681 (ABNT, 2004), estados limites de uma estrutura podem ser definidos como situações a partir das quais a estrutura não apresenta desempenho adequado de utilização em relação à finalidade a qual foi prevista. Distingue-se então dois grupos de estado limite, o Estado Limite Último e o Estado Limite de Serviço.

O Estado Limite Último (ELU) é considerado uma situação que pela sua simples ocorrência, parte ou toda a estrutura entra em colapso (ABNT, 2004). De

acordo com a norma NBR 6118 (ABNT, 2014), o ELU deve ser verificado nas estruturas em relação a perda de equilíbrio, esgotamento da capacidade resistiva da estrutura, das solicitações dinâmicas, do colapso progressivo e em casos especiais que possam vir a ocorrer.

O Estado Limite de Serviço (ELS) está relacionado à durabilidade estrutural, aparência, conforto ao usuário e utilização funcional adequada da edificação. Pode-se afirmar que quando uma estrutura alcança seu ELS seu uso fica inviável, pois acaba não oferecendo condições de conforto e durabilidade ao usuário, mesmo que ainda não tenha alcançado seu limite crítico do colapso (BASTOS, 2019).

De acordo com a norma NBR 6118 (ABNT, 2014), os estados limites de serviço podem ser divididos em:

- a) Estado limite de formação de fissuras (ELS-F);
- b) Estado limite de abertura de fissuras (ELS-W);
- c) Estado limite de deformações excessivas (ELS-DEF);
- d) Estado limite de vibrações excessivas (ELS-VE).

2.2.2. Ações

A NBR 8681 (ABNT, 2004) define ações como: “causas que provocam o aparecimento de esforços ou deformações nas estruturas”. De acordo com a norma NBR 6118 (ABNT, 2014), o dimensionamento estrutural deve levar em consideração todas as ações que possam trazer efeitos expressivos para a segurança da edificação, levando em consideração os possíveis estados limites últimos e os de serviço.

De acordo com a normativa NBR 8681 (ABNT, 2004), as ações são classificadas em:

- a) permanentes: as quais ocorrem de forma praticamente uniforme em toda a vida útil da edificação, como o peso próprio do elemento estrutural e dos elementos construtivos fixos (paredes e instalações permanentes);
- b) variáveis ou acidentais: são constituídas pelas solicitações que apresentam modificações consideráveis durante a vida da edificação, pode-se citar como exemplo: ações do vento e cargas relacionadas a ocupação do edifício;
- c) excepcionais: possuem duração extremamente rápida e baixa probabilidade de ocorrência, em alguns tipos de estruturas essas ações devem ser avaliadas. São consideradas ações excepcionais: explosões, choques de veículos, incêndios, enchentes ou sismos.

O carregamento de uma estrutura é caracterizado pela combinação de ações que possuem probabilidades não desprezíveis de ocorrerem de forma simultânea sobre a edificação, considerando um período de tempo preestabelecido. Essas combinações devem ser realizadas de forma a determinar os resultados menos favoráveis a estrutura.

São realizadas, então, combinações últimas e de serviço, as quais devem ser verificadas em relação a segurança, aos estados limites últimos e de serviço, respectivamente (BASTOS, 2019).

As ações devem ser majoradas pelo coeficiente de segurança γ_f , o qual é expresso pela Equação 4:

$$\gamma_f = \gamma_{f1} \times \gamma_{f2} \times \gamma_{f3} \quad (4)$$

A norma NBR 8681 (ABNT, 2004), traz a seguinte definição para os coeficientes apresentados quando se trata de Estado Limite Último:

“os coeficientes γ_f de ponderação das ações podem ser considerados como o produto de dois outros, γ_{f1} e γ_{f3} (o coeficiente de combinação ψ_0 faz o papel do terceiro coeficiente, que seria indicado por γ_{f2}). O coeficiente parcial γ_{f1} leva em conta a variabilidade das ações e o coeficiente γ_{f3} considera os possíveis erros de avaliação dos efeitos das ações, seja por problemas construtivos, seja por deficiência do método de cálculo empregado”.

Os coeficientes γ_f variam conforme ao tipo de combinação das ações, as quais podem ser classificadas em normais, especiais ou excepcionais, para o ELU, os valores dos coeficientes estão estabelecidos na Tabela 1 e 2, conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014).

Tabela 1 – Coeficiente $\gamma_f = \gamma_{f1} \cdot \gamma_{f3}$

Combinação de ações	Ações							
	Permanente (g)		Variáveis (q)		Protensão (p)		Recalques de apoio e retração	
	D	F	G	T	D	F	D	F
Normais	1,4 ¹⁾	1,0	1,4	1,2	1,2	0,9	1,2	0
Especiais ou de construção	1,3	1,0	1,2	1,0	1,2	0,9	1,2	0
Excepcionais	1,2	1,0	1,0	0	1,0	0,9	0	0

Onde:

D é desfavorável, F é favorável, G representa as cargas variáveis em geral e T é a temperatura.

¹⁾ Para as cargas permanentes de pequena variabilidade, como o peso próprio das estruturas, especialmente as pré-moldadas, esse coeficiente pode ser reduzido para 1,3.

Fonte: Tabela 11.1 NBR 6118 (ABNT, 2014)

Tabela 2 – Valores do coeficiente γ_{f2}

Ações		γ_0		
		ψ_0	ψ_1 ¹⁾	ψ_2
Cargas acidentais de edifícios	Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas. ²⁾	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevada concentração de pessoas. ³⁾	0,7	0,6	0,4
	Bibliotecas, arquivos, oficinas e garagens	0,8	0,7	0,6
Vento	Pressão dinâmica do vento em estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local.	0,6	0,5	0,3

¹⁾ Para os valores de ψ_1 relativos às pontes e principalmente aos problemas de fadiga, ver seção 23.

²⁾ Edifícios residenciais.

³⁾ Edifícios comerciais, de escritórios, estações e edifícios públicos.

Fonte: Tabela 11.2 NBR 6118 (ABNT, 2014)

As combinações de serviço são classificadas segundo o item 11.8.3 da NBR (ABNT, 2014) de acordo com o tempo de permanência na estrutura, são subdivididas em:

a) quase-permanentes: as quais ocorrem em grande parte da vida da edificação. Para a verificação do estado limite de deformações excessivas, essa combinação deve ser considerada;

b) frequentes: são caracterizadas por se repetirem com muita frequência durante a vida da estrutura. Sua verificação é necessária para avaliação dos limites de formação de fissuras de cada elemento estrutural;

c) raras: ocorrem em menores quantidades durante a vida útil da estrutura, deve ser analisada na verificação do estado limite de formação de fissuras.

Quanto aos coeficientes para a majoração das ações para o Estado Limite de Serviço pode-se adotar a seguinte equação (5):

$$\gamma_f = \gamma_{f2} \quad (5)$$

Onde, os índices possuem valores variáveis de acordo com a verificação que se deseja calcular (Tabela 2):

$\gamma_{f2} = 1$ para combinações raras;

$\gamma_{f2} = \psi_1$ para combinações frequentes;

$\gamma_{f2} = \psi_2$ para combinações quase permanentes.

2.2.4 Durabilidade do concreto

A NBR 6118 (ABNT, 2014) afirma que as estruturas de concreto devem ser projetadas e executadas de modo que garantam a segurança, estabilidade e integridade durante toda a sua vida útil. Em 2013 entrou em vigor a NBR 15575 (ABNT, 2013), a qual possui o enfoque no desempenho das edificações, a normativa traz a seguinte definição para vida útil:

Período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção (a vida útil não pode ser confundida com prazo de garantia legal e certificada).

A agressividade do ambiente em que a estrutura está exposta tem forte influência na sua durabilidade, pois está diretamente relacionada com as ações físicas e químicas que atuam na estrutura. A norma NBR 6118 (ABNT, 2014) classifica esses ambientes de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 - Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branca (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominante secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: Tabela 6.1 NBR 6118 (ABNT, 2014)

Outro parâmetro que afeta diretamente a durabilidade das estruturas é a relação água/cimento do concreto, a norma NBR 6118 (ABNT, 2014) impõem limites quanto a essa proporção tendo como base a classe de agressividade ambiental em que a estrutura está exposta. Os valores estão indicados na Tabela 4.

Tabela 4- Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

NOTAS

1 O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.

2 CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.

3 CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: Tabela 7.1 NBR 6118 (ABNT, 2014)

Juntamente com a classe ambiental e a relação água/cimento, faz-se necessário estabelecer o cobrimento mínimo das armaduras, o qual pode ser definido

como a espessura da camada de concreto que será responsável por proteger as barras de aço às ações externas, principalmente à corrosão (CARDOSO, 2013).

A Tabela 5 apresenta os valores mínimos de cobrimento estipulados pela norma NBR 6118 (ABNT, 2014). As dimensões devem respeitar o cobrimento nominal, que inclui o cobrimento mínimo exigido acrescido de uma tolerância de execução.

Tabela 5 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10 \text{ mm}$

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal $\geq 15 \text{ mm}$.

³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal $\geq 45 \text{ mm}$.

Fonte: Tabela 7.2 NBR 6118 (ABNT, 2014)

2.2.5 Verificação da segurança

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014) “Na verificação da segurança das estruturas de concreto devem ser atendidas as condições construtivas e as condições analíticas de segurança.”

Com relação às condições construtivas a normativa estabelece que deve ser atendido:

- a) os critérios de detalhamento das seções 18 e 20;
- b) a norma ABNT NBR 12655 referente ao controle dos materiais;
- c) a norma ABNT NBR 14931 e Normas Brasileiras específicas referentes ao controle de execução de obra.

Quanto às condições analíticas de segurança a NBR 6118 (ABNT, 2014) sugere que as resistências de cálculo (R_d) devem ser maiores que as solicitações de cálculo (S_d), e essa relação deve ser considerada em todos os estados limites e todos

os esforços. Dessa forma, tem-se que deve ser respeitado a seguinte condição em qualquer caso (Equação 6):

$$R_d \geq S_d \quad (6)$$

2.3. LIGHT STEEL FRAME

O modelo construtivo *light steel frame* tem como sua principal característica ser composto por uma estrutura constituída por perfis de aço galvanizado formados a frio (BATISTA, 2011). Este sistema propõe como conceito fundamental a distribuição de cargas da estrutura em um esqueleto estrutural formados por diversos elementos em aço ligados entre si, com o objetivo de oferecer a resistência necessária para que a edificação suporte as cargas que a solicitam. Dessa forma, cada componente tem a função de absorver uma pequena parcela da tensão aplicada, a fim de distribuir as cargas de forma uniforme até a fundação (CRASTO, 2005; REGO 2012; MONTEIRO, 2017).

2.3.1. Propriedades dos perfis formados a frio

A estrutura do LSF é formada por montantes, perfis de travamentos, guias, vergas e contraventamentos, de tal forma que juntos proporcionam resistência necessária às solicitações combinadas por cargas permanentes e variáveis geradas pela edificação.

A parte estrutural desse modelo construtivo pode ser dividida em dois grupos: os elementos horizontais e verticais. Neste caso, os elementos horizontais (lajes e tetos) são responsáveis por receber e distribuir as cargas para os elementos verticais (painéis de paredes) (RODRIGUES; CALDAS, 2016).

No LSF são utilizados perfis obtidos através da perfilagem, a partir de bobinas de aço zincado de alta resistência. Esses perfis devem ser revestidos com uma camada de zinco ou liga de alumínio e zinco, com massas mínimas de revestimento especificados na Tabela 6. Esse revestimento é feito por meio do processo contínuo de imersão ou eletrodeposição, e tem o objetivo de proteger os perfis metálicos contra agentes externos (RODRIGUES; CALDAS, 2016). A zincagem funciona como uma barreira física de sacrifício do zinco em relação ao aço estrutural.

Tabela 6 - Classificação do tipo de revestimento dos perfis

Tipo de revestimento	Perfis Estruturais	
	Massa mínima do revestimento (g/m ²)	Denominação do revestimento, conforme as seguintes normas
Zincado por imersão a quente	275 (ABNT NBR 7008-1)	Z275
Alumínio-zinco por imersão a quente	150 (ABNT NBR 15578)	AZ150

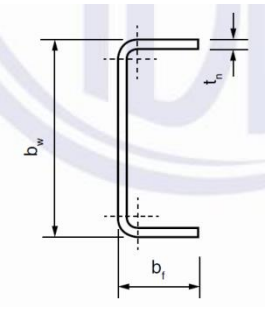
Fonte: ABNT NBR 15253:2014

De acordo com a Diretriz SINAT nº 03, dependendo do ambiente em que a edificação se encontra a massa mínima de revestimento de zinco, para perfis zincados por imersão a quente pode variar. Para lugares rurais ou urbanos onde a classe de agressividade ambiental se encontra entre os grupos I e II, devem ser utilizados uma massa mínima equivalente a 275 g/m² de revestimento. Em ambientes em que a classe de agressividade é considerada grupo III, ou seja, ambientes distantes em até 2 km da orla marítima deve-se aumentar esse revestimento para 350 g/m² de zinco.

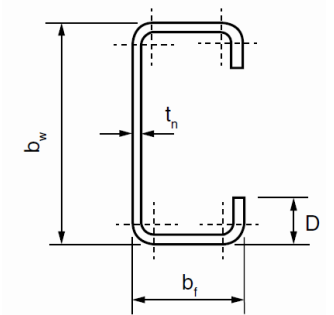
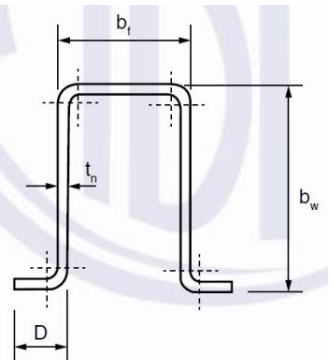
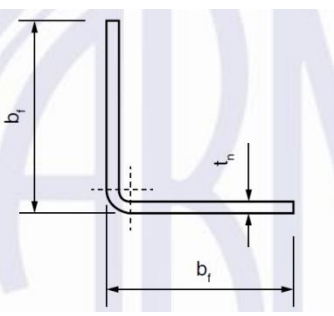
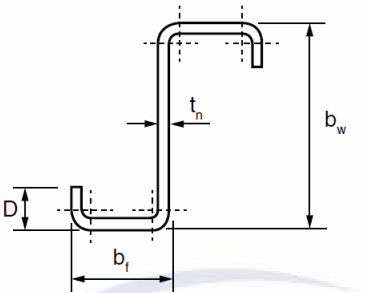
Os perfis utilizados nesse modelo construtivo possuem espessuras de 0,8 mm a 3 mm, sendo os mais fabricados comercialmente as chapas de 0,80 mm, 0,95 mm e 1,25 mm. Quanto as dimensões de alma (altura), são encontrados perfis nas dimensões de 90 mm, 140 mm e 200 mm (CRASTO, 2005). A Tabela 7 apresenta as seções transversais dos perfis utilizados nesse modelo construtivo.

Tabela 7 - Seções transversais de perfis

(continua)

Série	Seção Transversal	Designação
U simples		U b _w x b _f x t _n

(continuação)

Série	Seção Transversal	Designação
U enrijecido		$U_e b_w \times b_f \times D \times t_n$
Cartola		$Cr b_w \times b_f \times D \times t_n$
Cantoneira de abas desiguais		$L b_f \times t_n$
Z enrijecido a 90°		$Z90 b_w \times b_f \times D \times t_n$

(conclusão)

Série	Seção Transversal	Designação
Z enrijecido a 45°		Z45 $b_w \times b_f \times D \times t_n$

Fonte: ABNT NBR 6355:2012.

2.3.2. Elementos estruturais

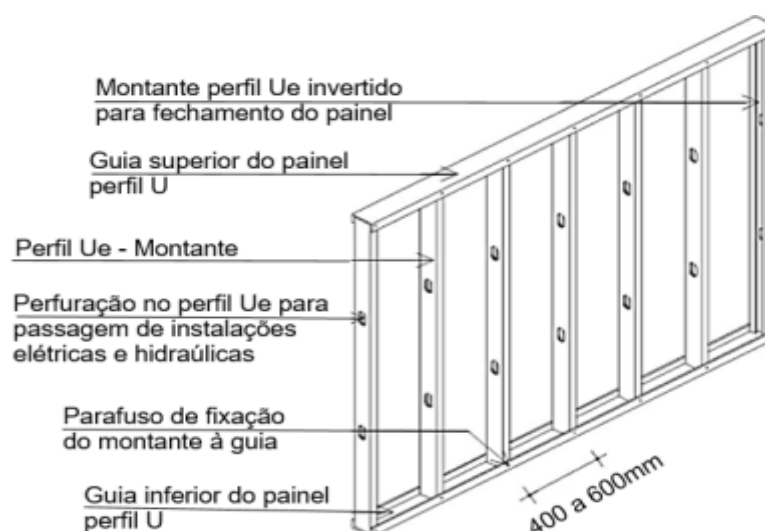
Os elementos / componentes estruturais que compõem o sistema *light steel frame* são os painéis autoportantes, os quais formam as paredes, coberturas e as lajes, dando forma a toda edificação. Para manter todos os elementos unidos existem mecanismos de ligações presentes no sistema específicos para cada situação e material envolvido.

a) Painéis autoportantes

Os painéis presentes em uma edificação em LSF tem a função de suportar as tensões geradas pelos carregamentos estruturais, eles estão sujeitos a cargas horizontais e verticais, relacionadas a ventos e abalos sísmicos e as verticais originadas por forças permanentes (peso próprio, peso de revestimento) e variáveis (sobrecargas de utilização). Pode-se citar então, que a principal função dos painéis estruturais é absorver esforços e transmiti-los à fundação (CRASTO, 2005).

Os painéis são compostos pelas guias, elementos horizontais da estrutura de perfis em seção U, e pelos perfis montantes, elementos verticais de seção Ue, como ilustra a Figura 4. As guias são responsáveis por formar a base e o topo de painéis de parede, piso e cobertura, com a sua principal função de unir os montantes, gerando o quadro estrutural do painel. Geralmente, esses elementos não possuem a função de absorver ou transmitir esforços e seu dimensionamento é feito através da análise de tensões solicitantes de compressão (CRASTO, 2005; RODRIGUES e CALDAS, 2016). Os montantes possuem a função de transferir as cargas verticais, pelo contato direto através das almas dos perfis, e suas seções. Se possível, devem coincidir com os vários níveis do projeto, gerando o conceito de uma estrutura alinhada.

Figura 4 - Painel estrutural



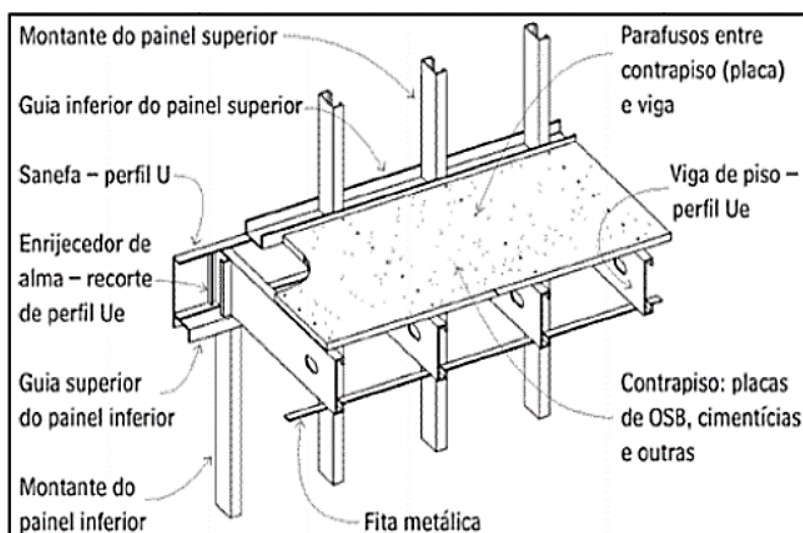
Fonte: Crasto, 2005.

b) Lajes

Segundo Santiago, Freitas e Castro (2012), as lajes desse sistema construtivo podem ser classificadas em dois tipos, secas ou úmidas, de acordo com a escolha do uso de contrapiso, decisão essa especificada sempre na etapa de elaboração do projeto estrutural.

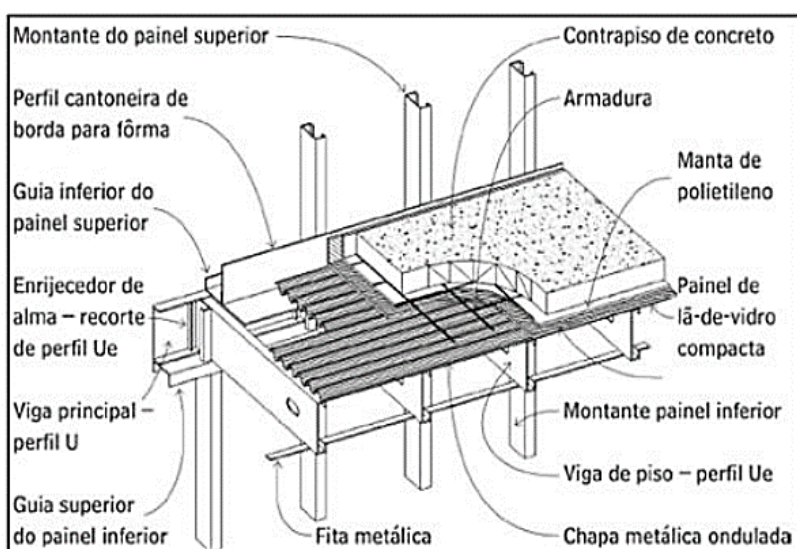
As lajes secas (Figura 5) são compostas por painéis de OSB (Oriented Strand Board, em português, chapa de tiras de madeira orientada) ou placas cimentícias apoiadas sobre os perfis metálicos. Já para a execução das lajes úmidas (Figura 6) são utilizadas chapas metálicas onduladas parafusadas aos perfis de steel frame e posteriormente preenchida com concreto.

Figura 5 - Laje seca



Fonte: Santiago, Freitas e Crasto (2012)

Figura 6 - Laje úmida



Fonte: Santiago, Freitas e Crasto (2012)

c) Ligações

Para assegurar todas as junções entre painéis e radier, ou as ligações entre painéis, existem os sistemas de fixação, que para cada situação tem-se uma variedade de componentes. Segundo Rego (2012), esses componentes são os parafusos, soldas, chumbadores e pinos, e para cada elemento deve ser considerado a situação empregada, condições em que os materiais se encontram, mão de obra, acessibilidade e a normatização.

2.3.3. Sistema de vedação

Os componentes de vedação para edificações com estrutura de *LSF* devem seguir a SINAT 03/16, que os classifica e orienta seus parâmetros de utilização, relacionados a áreas molhadas ou secas, de acordo com os critérios estabelecidos pela NBR 15498 (ABNT, 2021).

Os materiais que devem ser empregados nos fechamentos também são importantes ao se considerar resistência ao fogo, isolamento térmico, acústico e a funcionalidade da parede em questão. Quando se trata de fechamento vertical, é necessário considerar que regiões internas e externas podem exigir necessidades diferentes. Internamente existem áreas que irão ter contato com águas e paredes que precisarão ser expostas ao fogo, por exemplo. Desse modo, se fabricam placas comuns e placas especiais de acordo com a sua localização na edificação (ConsulSteel, 2006).

As placas de *OSB* são umas das opções de fechamento interno e externo, e para que suas propriedades se mantenham em boa qualidade é necessário um acabamento impermeabilizando nas áreas externas (MASISA, 2003). Segundo Crasto (2005), outra opção de vedação são as placas cimentícias, utilizadas em ambientes internos e externos, por possuírem alta resistência a impacto e serem incombustíveis.

O gesso acartonado no sistema *LSF* também é característico no sistema de vedações, presente, normalmente, na face interna da edificação e nas suas divisórias. Neste caso, constitui o fechamento de painéis estruturais e não estruturais, podendo ser enquadrado sistema *drywall*, o qual consiste em chapas de gesso acartonado de perfis mais finos, sem função estrutural (CRASTO, 2005).

2.3.4. Execução de estruturas em *light steel frame*

Na execução dos painéis é importante salientar que os montantes geralmente são instalados em modulações de 400 ou 600 mm, dependendo da carga solicitante. Essa escolha está totalmente relacionada ao gasto com o material, visto que modulações menores precisam de mais perfis para que a edificação se estruture.

Para fazer o travamento horizontal dos painéis e impedir o fenômeno de flambagem utiliza-se fitas de aço galvanizado ou bloqueadores. As fitas evitam a rotação dos montantes em relação ao comprimento do perfil, já os bloqueadores possuem a função de enrijecer o painel estrutural, são formados por perfis do tipo U ou Ue e são posicionados entre os montantes (CRASTO, 2005).

Partindo para as montagens das lajes utilizadas em LSF, elas se fundamentam nos mesmos princípios dos perfis verticais usados nas paredes, porém, normalmente com uma seção transversal do perfil de maior dimensão, 140, 200 ou 250 mm (GASPAR, 2013). Esses perfis compõem as vigas de piso, onde suas alturas de alma maiores e modulações menores resultam em menores distâncias entre apoios da laje, segundo Crasto (2005). Ainda referenciando o autor, além das vigas de piso outros elementos também constituem as lajes, as guias que dão formas a estrutura, os enrijecedores de alma, os quais consistem em recortes de perfis fixados nas almas das vigas, evitando o esmagamento da alma.

Nas ligações dos elementos estruturais descritos, as soldas do aço galvanizado são pouco utilizadas, apesar de serem enquadradas como um dos métodos de ligação mais econômicos, pois necessitam de mão de obra qualificada. O seu processo precisa ser uniforme e de qualidade, pois a solda volatiliza o zinco que cobria o aço, desse modo, sendo necessário o recobrimento no ponto da solda por pinturas de zinco para garantir a proteção do aço (ConsulSteel, 2006).

Há também o sistema de fixação por parafusos e chumbadores para as ligações entre as peças do LSF, que são os métodos mais utilizados. Sendo os responsáveis pela fixação dos quadros metálicos à fundação por meio de chumbadores, e a fixação entre perfis e chapas com parafusos (SINAT 03, 2016).

2.3.5. Vantagens e desvantagens do *light steel frame*

Segundo Castro (2005), os perfis de aço formados a frio ao se considerar o padrão americano, possuem uma relação entre massa e resistência que os permitem alcançar a efetividade em estruturas de menor porte, porém alguns fatores que podem não contribuir com sua capacidade de resistência são:

- a) relação entre largura e espessura muito elevada;
- b) as peças utilizadas no LSF serem compostas por chapas finas de aço;
- c) os efeitos de tensão limite de escoamento e tensão limite de resistência a tração muito elevados, afetando o seu desempenho mecânico e diminuindo a sua ductilidade.

Porém, segundo Rego (2012), pelo seu alto nível de industrialização em relação a outros sistemas construtivos o *light steel frame* possibilita:

- a) alto desempenho quanto a controle de qualidade;
- b) o aço galvanizado garante proteção contra corrosão,

- c) a precisão e racionalização da montagem reduzem os prazos de execução de obra e diminuem gastos com manutenção;
- d) ao possuir uma estrutura que em que todos os seus elementos verticais atuam na distribuição de suas cargas.

2.4. ORÇAMENTAÇÃO

Segundo Avila, Librelotto e Lopes (2003) “Orçar é quantificar insumos, mão de obra, ou equipamentos necessários à realização de uma obra ou serviço bem como os respectivos custos e o tempo de duração dos mesmos”. A elaboração de um orçamento é feita através do somatório de custos de uma obra, sendo eles, diretos ou indiretos. O primeiro está relacionado com o valor da mão de obra, materiais e equipamentos necessários para execução, já os custos indiretos incluem as despesas gerais do canteiro de obras, assim como, taxas e impostos para alcançar o valor de venda.

O levantamento quantitativo para a determinação do valor global da obra é feito através das leituras de projetos arquitetônicos e complementares. A composição dos custos é feita através de relações envolvendo valores unitários, totais e quantidades dos insumos. Estes custos unitários podem ser obtidos através de consultas em empresas que comercializam os materiais que vão ser utilizados na construção ou em tabelas oficiais como a Tabela de Composição e Preços para Orçamentos (TCPO) da Pini, ou pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) da Caixa Econômica Federal (MASO, 2017).

A soma em valores de cada composição unitária, considerando mão de obra, e os Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), o qual compõe todos os custos indiretos, normalmente expresso em percentual, resulta no valor total do projeto.

2.4.1 O Custo Unitário Básico (CUB)

A norma NBR 12721 (ABNT, 2005) traz a seguinte definição do conceito de Custo Unitário Básico:

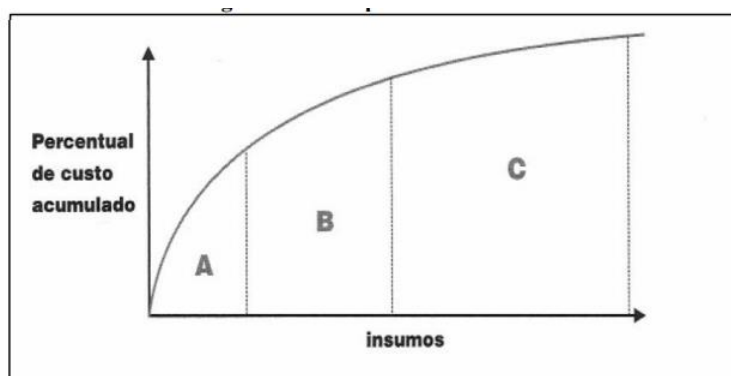
“Custo por metro quadrado de construção do projeto-padrão considerado, calculado de acordo com a metodologia estabelecida em 8.3, pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil, em atendimento ao disposto no artigo 54 da Lei nº 4.591/64 e que serve de base para a avaliação de parte dos custos de construção das edificações.”

O CUB possui o objetivo de disciplinar o mercado da construção civil em termos orçamentários, visto que, serve como parâmetro na determinação do valor dos imóveis. Além disso, o CUB se mostra uma ferramenta que pode ser utilizada como indicador macroeconômico, quando se trata de custos dentro da construção civil (BORGES e BENTO, 2018).

2.4.2 Curva ABC

Segundo Oliveira *et al* (2018), no âmbito da construção civil, uma ferramenta de gestão que se mostra essencial para análises e comparativos orçamentários é a curva ABC (Figura 7), a qual, consiste em um método de classificação e seleção dos itens que aparecem dentro de um orçamento

Figura 7- Exemplo de Curva ABC



Fonte: MATTOS, 2006

De acordo com Cardoso (2011), a curva ABC é constituída por três grupos, sendo eles:

- a) Classe “A”: materiais de alto valor orçamentário, e quantidades físicas baixas;
- b) Classe “B”: materiais cujo valor financeiro e quantidades, estão presentes intermediariamente entre as classes “A” e “C”;
- c) Classe “C”: materiais com um pequeno valor orçamentário, porém altas quantidades físicas.

2.5. PLANEJAMENTO DE OBRAS

Para Varalla (2003), planejamento é prever situação, estabelecer metas e recursos para atingir os resultados planejados. A importância dessa etapa está em entender que existem riscos inerentes em todas as áreas das atividades humanas,

mas realizar um bom planejamento e ter uma noção prévia de como executar uma tarefa resulta em confiança e eficiência nas ações escolhidas. (SILVA, 2011).

Um planejamento pode ser dividido entre curto, médio e longo prazo. A classificação é definida pelos prazos considerados e nível de detalhamento abrangido. Planejamentos de longo prazo, ou estratégico, são referentes a datas de início e fim da obra, compreendendo poucos detalhes sobre orçamento, mão de obra e organização do canteiro de obras (CARNEIRO, 2009). O planejamento de médio prazo, ou planejamento tático considera períodos entre três a quatro meses, relacionando atividades de fluxo de caixa como compra de materiais, contratação de funcionários e análises de possíveis problemas que possam surgir na obra (ALVES, 2000 e GONZÁLES, 2008). Os planejamentos de curto prazo, ou planejamento operacional, considera-se ciclos semanais analisando o prazo de execução de cada atividade e a evolução diária da obra (GONZÁLES, 2008).

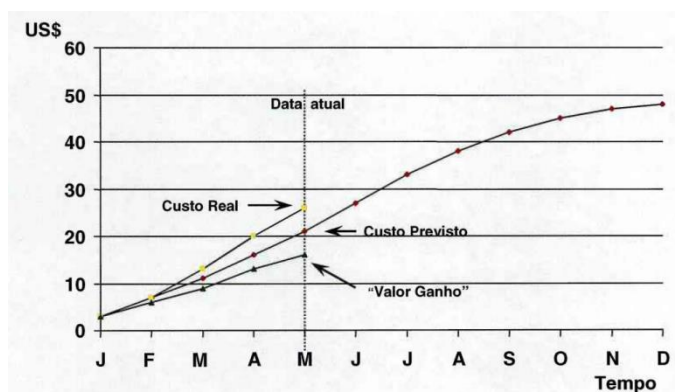
Segundo Nocêra (2010), pode-se dividir o planejamento em quatro etapas:

- a) planejar: consiste em estudar o projeto a ser executado, definir a metodologia de execução e gerar o cronograma e programações das atividades envolvidas levando em conta a lógica construtiva do empreendimento;
- b) desempenhar: informar a todos os envolvidos no projeto a metodologia definida, a programação planejada e executar as atividades dentro dos padrões estabelecidos;
- c) checar: acompanhar os resultados do que foi executado em campo e comparar com os resultados que foram planejados;
- d) agir: ao aferir que os resultados não condizem com o que foi planejado, implementar ações corretivas e ajustar as demais atividades para ocorrerem menos desvios no planejamento.

Existem algumas ferramentas que auxiliam no controle do planejamento de obras, como por exemplo, a curva S (Figura 8), que Barcaui *et. al* (2006) define ao dissertar sobre sua aplicação:

“É uma ferramenta que representa graficamente o resultado da acumulação das distribuições percentuais, parciais, relativas à alocação de determinado fator de produção (mão-de-obra, equipamentos e materiais) ao longo do tempo. Por conseguinte, a curva S pode ser também denominada curva de distribuição ou agregação acumulada. Basicamente a curva pode ser empregada como técnica de planejamento, programação ou técnica de controle.”

Figura 8 - Curva S



Fonte: BARCAUI *et al* (2006)

2.5.1 Cronograma físico financeiro

Outro recurso utilizado no planejamento de obras é o cronograma físico financeiro, que segundo Brito (2021) pode ser definido como um documento que une as atividades gerenciadas, e relaciona seus prazos de execução ao orçamento de mão de obra e materiais, exemplo ilustrado pela Figura 9. É a criação de um cenário onde o cronograma da obra é otimizado pela possibilidade de melhor visualização dos recursos.

Figura 9 - Cronograma físico-financeiro tomada de preços de construção de 02 (duas) quadras de areia na cidade de Santa Maria, Para

CRONOGRAMA FÍSICO - FINANCEIRO (DESEMBOLSO)						
ITEM	SERVIÇOS	1º MÊS	2º MÊS	3º MÊS	TOTAL	%
01	SERVIÇOS PRELIMINARES	100,00%			100,00%	8,28%
		R\$ 13.274,18			R\$ 13.274,18	
03	INFRAESTRUTURA E SUPERESTRUTURA	100,00%			100,00%	11,35%
		R\$ 18.200,90			R\$ 18.200,90	
04	ALVENARIAS E VEDAÇÕES		100,00%		100,00%	33,65%
			R\$ 53.960,40		R\$ 53.960,40	
05	REVESTIMENTO		100,00%		100,00%	7,50%
			R\$ 12.024,00		R\$ 12.024,00	
06	PINTURA		50,00%	50,00%	100,00%	10,65%
			R\$ 8.537,40	R\$ 8.537,40	R\$ 17.074,80	
07	PISOS			100,00%	100,00%	5,11%
				R\$ 8.201,18	R\$ 8.201,18	
08	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS			100,00%	100,00%	13,93%
				R\$ 22.339,00	R\$ 22.339,00	
09	SERVIÇOS FINAIS			100,00%	100,00%	9,54%
				R\$ 15.297,21	R\$ 15.297,21	
	PARCIAIS SIMPLES	R\$ 31.475,08	R\$ 74.521,80	R\$ 54.374,79	R\$ 160.371,67	100,00%
	PERCENTUAIS SIMPLES	19,63%	46,47%	33,91%	100,00%	
	PARCIAIS ACUMULADAS	R\$ 31.475,08	R\$ 105.996,88	R\$ 160.371,67		
	PERCENTUAIS ACUMULADOS	19,63%	66,09%	100,00%		

Fonte: PREFEITURA DE SANTA MARIA (2021)

Na figura acima tem-se um exemplo de cronograma físico-financeiro da construção de duas quadras na cidade de Santa Maria, nota-se que na sua diagramação contém a relação entre serviços, tempo de execução e custo da obra

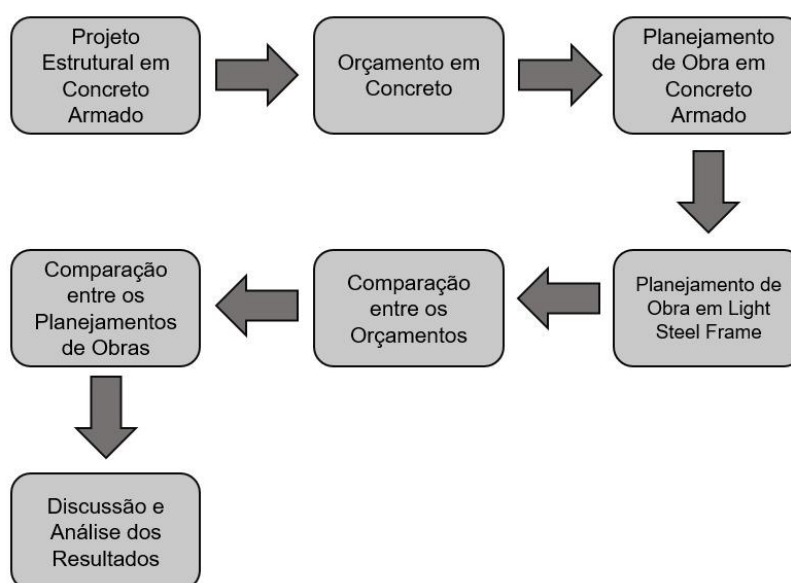
que foi planejado para realização de cada etapa, assim como relações percentuais simples e acumuladas para facilitar as análises.

3. METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em elaborar um projeto estrutural em concreto armado de uma residência unifamiliar baseado no projeto arquitetônico cedido pela empresa Smart Center Comércio de Materiais de Construção EIRELI. Foi realizada a análise das diferenças entre custos e o tempo de execução dos dois sistemas abordados. Para isso, teve-se como base o estudo de artigos científicos, normas técnicas, teses, entre outras literaturas relacionadas ao espectro construtivo dos sistemas.

A estruturação da pesquisa foi elaborada conforme a Figura 10.

Figura 10 - Fluxograma da metodologia adotada



Fonte: Os autores

A metodologia abordada para desenvolver o projeto estrutural em concreto armado consiste na utilização do *software* CAD/TQS, onde realizou-se o dimensionamento de todos os elementos estruturais, levando em consideração todas as cargas que solicitam a edificação, de modo que, mantenha as características arquitetônicas adotadas no projeto. O dimensionamento estrutural foi realizado com base em aspectos especificados nas normativas:

- a) ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento;
- b) ABNT NBR 6120:2019 - Ações para o cálculo de estruturas de edificações;
- c) ABNT NBR 8681:2003 - Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento.

O detalhamento do projeto estrutural foi realizado no *software Revit 2022*, o qual possibilita uma maior opção de visualizações, auxiliando no melhor entendimento do projeto.

Com base nos resultados do dimensionamento do projeto estrutural em concreto armado, foram quantificados todos os insumos estruturais, de vedação e serviços a serem realizados. Foram elaboradas composições orçamentárias, através dos dados da SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), publicado em outubro de 2022 para o Estado do Paraná. Assim que elaboradas estas composições, e estabelecidos os preços de insumos, teve-se como resultado um valor global da obra.

Esse valor foi comparado com o orçamento produzido com base no projeto estrutural em *light steel frame*, ambos fornecidos pela empresa Smart Center Comércio de Materiais de Construção EIRELI.

A análise da produtividade em ambos os sistemas construtivos foi realizada através da revisão de artigos e monografias especializadas que estabelecem relações entre tempo e unidades de medidas referente a execução de cada atividade a ser realizada em obra, como por exemplo: horas/m². A partir dessas informações, realizou-se um planejamento de obra no *software Excel*, a fim de obter um comparativo da velocidade construtiva de cada método abordado.

Ao seguir a metodologia descrita, teve-se como resultado final, qual sistema construtivo, *light steel frame* ou concreto armado, possui o melhor custo-benefício, considerando tempo de execução e custos relacionados a estrutura e vedação para a edificação analisada.

3.1 Projeto arquitetônico

O projeto arquitetônico designado para o desenvolvimento do trabalho consiste em uma residência unifamiliar, com uma área total de 138,45 m², sendo 127,8 m² de área útil.

A edificação (Figura 11) é composta por: uma sala de estar, jantar/cozinha, dois quartos, uma suíte, um banheiro, duas áreas de serviço, jardim e garagem coberta. Para a laje técnica da residência foi considerado uma área útil equivalente a 6,90 m², cujo tamanho foi dimensionado para adequar um reservatório d'água de 1000L e um boiler de 300L.

Figura 11 - Planta humanizada da edificação



Fonte: Smart Center Comércio de Materiais de Construção EIRELI.

No anexo A é apresentado o projeto arquitetônico, com a planta baixa dos pavimentos, cortes e fachadas.

3.2 Projeto estrutural em LSF

Para o projeto estrutural em *light steel frame* foram dimensionados perfis do tipo U e Ue com espessura equivalente a 0,95 mm, com revestimento de aço galvanizado de 275 g/m². Com relação as paredes externas, foi adotado o sistema de placas Glasroc. Já como vedação interna, foi considerado placas de gesso performa.

Para o piso da laje técnica foi considerado o tipo seca, cujo painéis estão fixados diretamente após a chapa *OSB*.

No anexo B é apresentado o projeto estrutural em *Light Steel Frame*, com todos os subsistemas de paredes, lajes, decorativos, coberturas através da vista isométrica e detalhes executivos.

4. PROJETO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO

4.1 CRITÉRIOS ADOTADOS

4.1.1 Parâmetros de durabilidade do concreto

Para determinar a classe de agressividade ambiental (CAA) da estrutura, foi determinado que a edificação se localizaria em uma região arbitrada com um índice de agressividade considerado moderado (CAA II). O ambiente escolhido para efeitos de projeto é urbano com um risco de deterioração pequeno, conforme indica Tabela 6.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014), apresentada na Tabela 3.

Deste modo, com base no índice de CAA, através da Tabela 7.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014), apresentada na Tabela 4, tem-se que a relação água/cimento é limitada em 0,60 para elementos estruturais em concreto armado.

Por fim, utilizou-se a Tabela 7.2 da mesma normativa, apresentada na Tabela 5, e foi adotado critérios de cobrimento nominais para vigas, pilares e lajes. Para o projeto estrutural em concreto armado com essas determinações, teve-se o valor mínimo de cobrimento igual a 25 mm para lajes e 30 mm para vigas e pilares.

4.1.2 Cargas permanentes e acidentais

A norma NBR 6120 (ABNT, 2019) apresenta valores das ações mínimas que devem ser consideradas em um projeto estrutural. Com esses dados, pôde-se então, fazer os cálculos referentes aos carregamentos que solicitam a edificação. Como o *software* CAD/TQS avalia de forma automática o peso próprio de todos os elementos estruturais, esse tópico foi desconsiderado no cálculo manual.

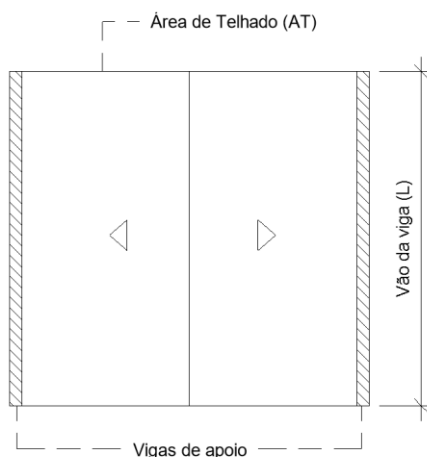
Para a alvenaria de fechamento interno e externo da residência, foi adotado o bloco cerâmico vazado com 6 furos na horizontal, com espessura nominal de 9 cm, e revestimento argamassado de 3 cm por face de parede, totalizando os 15 cm indicados em projeto arquitetônico, chegou-se então, em um carregamento de 2,1 kN/m². Para cada viga, dentro do *software*, esse valor foi multiplicado pela altura da alvenaria que está sobre ela, a fim de obter um esforço em metro linear.

Para o telhado da edificação, conforme indicado em projeto arquitetônico, adotou-se telhas de alumínio (com espessura de até 0,8 mm) e estrutura metálica de aço, totalizando um peso de 0,3 kN/m², conforme indica a norma NBR 6120 (ABNT, 2019). Para o projeto, também foi considerado a utilização do forro de gesso em

placas, que consiste em um carregamento, conforme a mesma normativa, de 0,15 kN/m².

A fim de seguir rigorosamente o projeto arquitetônico e uma comparação mais eficiente com projeto estrutural em *light steel frame*, adotou-se lajes em somente dois ambientes, sendo eles: na laje técnica e na marquise impermeabilizada do lado externo. Sendo assim, a soma das cargas permanentes referente ao telhado e forro de gesso (0,45 kN/m²), foram calculadas para descarregar diretamente nas vigas de apoio. Para isso, foram obtidas as áreas em m² de cada telhado, e multiplicadas pelo somatório de cargas permanentes atuantes (0,45kN/m²), obtendo um peso em kN. Em seguida, esses resultados foram divididos por 2, por serem duas vigas de apoio, e por fim, divididas pelo comprimento das vigas em questão, com o intuito de obter uma carga distribuída por metro linear de viga. Para um melhor entendimento, a Figura 12 apresenta um desenho esquemático utilizado para desenvolvimento da equação usada nesta etapa.

Figura 12 - Representação esquemática do telhado



Fonte: Os autores

A Equação 7 utilizada para desenvolvimento dos cálculos a fim de alcançar o carregamento linear nas vigas de apoio, está expressa a seguir:

$$\frac{\frac{0,45 \text{ kN/m}^2 \times AT}{2}}{L} = \text{carregamento em cada viga} \left(\frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) \quad (7)$$

Para o cálculo do carregamento da laje técnica, foi considerado as cargas permanentes referentes a um reservatório de água fria de 1000L e um boiler de 300L, além da carga da estrutura do telhado (0,3 kN/m²) que se apoiará nessa laje,

totalizando um carregamento permanente de $1,9 \text{ kN/m}^2$, desconsiderando o peso próprio do elemento estrutural. Para a carga accidental devido a utilização deste ambiente foi adotado o valor de $1,5 \text{ kN/m}^2$, retirado da normativa NBR 6120 (ABNT, 2019).

Para o carregamento da laje da marquise da edificação, foi adotado uma carga accidental uniformemente distribuída de $2,5 \text{ kN/m}^2$ devido sua utilização, e como carga permanente, além de seu peso próprio, também se teve a consideração de uma carga referente a impermeabilização deste ambiente, por meio de manta asfáltica simples com uma espessura de 0,3 cm, resultando em um peso de $0,08 \text{ kN/m}^2$.

4.2 CAD/TQS

O lançamento estrutural foi realizado no *software* CAD/TQS na versão V21.18.5. Foi adotado para realização do projeto estrutural o “Modelo 4”, o qual consiste em dois modelos de cálculo:

- a) modelo de grelha por pavimentos;
- b) modelo de pórtico espacial para análise global.

No modelo de pórtico, todos os elementos estruturais são incluídos (lajes, vigas e pilares), avaliando os efeitos das ações horizontais e verticais na estrutura. No cálculo estrutural, foram utilizados dois modelos de pórticos espaciais: um específico para verificação do Estado Limite Último e outro para o Estado Limite de Serviço.

O modelo para ELU foi utilizado para obtenção dos esforços necessários para o dimensionamento e detalhamento de vigas, pilares e lajes. Já o modelo para ELS foi utilizado para verificação de fissuras, por meio da combinação frequente e análise de flechas por meio da combinação quase permanente.

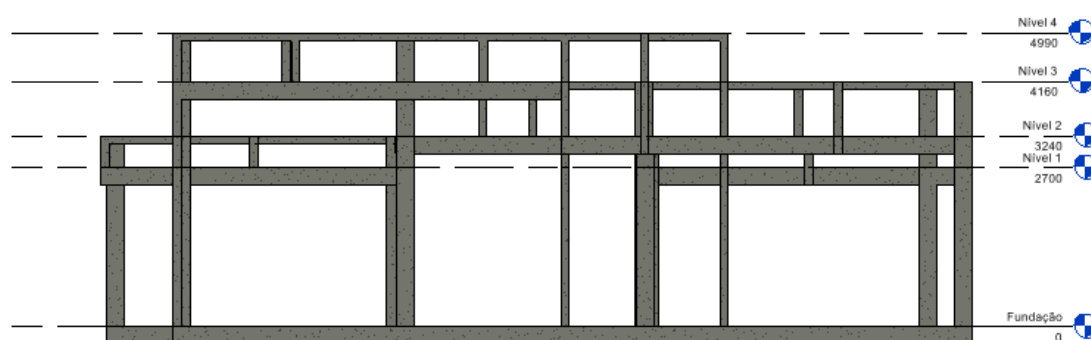
4.3 LANÇAMENTO ESTRUTURAL

O lançamento estrutural consiste em definir as posições de vigas, pilares e lajes com suas pré-dimensões, de tal maneira que respeite a concepção arquitetônica e que garanta da melhor forma possível que o sistema seja capaz de absorver todos os esforços solicitantes. Para determinação da localização dos pilares e vigas levou-se em consideração as disposições de janelas e portas da edificação e também buscou-se sempre os embutir na alvenaria de vedação, para que não afetasse esteticamente a residência.

Inicialmente, os pilares e as vigas foram lançados com seções de 14x30 cm, a fim de padronizar a execução das fôrmas. Para estruturação da platibanda foram adotados pilaretes distanciados em aproximadamente 2 metros, e vigas de fechamento na parte superior, com seção de 14x14 cm. Para ambas as lajes do projeto inicialmente foi adotado uma espessura equivalente a 12 cm.

Foram adotados cinco níveis para o lançamento da estrutura da edificação. A Figura 13 apresenta o corte esquemático dos níveis tendo sempre como referência o topo das vigas de cada nível.

Figura 13 - Corte esquemático dos níveis da estrutura no software *Revit*



Fonte: Os autores

4.3.2 Processamento e modificações

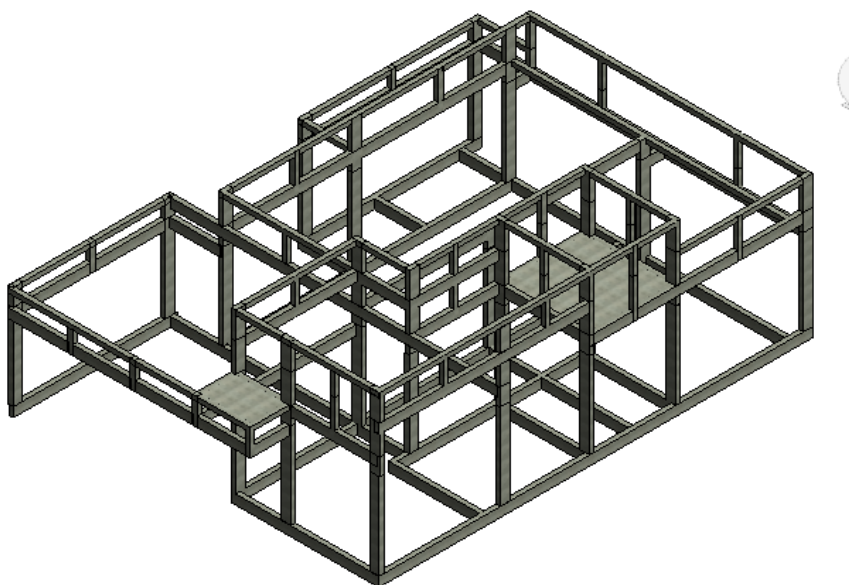
Após o lançamento inicial da estrutura, fez-se o primeiro processamento global da edificação, alguns avisos leves, médios e erros graves foram detectados pelo CAD/TQS. Com relação aos pilares, foram apresentados alguns erros em relação ao índice de esbeltez (maior que 200), passando do limite estabelecido pela norma. Esse índice está relacionado com as propriedades geométricas da peça estrutural, para que quando submetida ao esforço de compressão não ocorra a flambagem, o qual pode ocasionar o colapso progressivo da estrutura. Para resolver tal erro a solução escolhida foi realizar o travamento intermediário por meio de vigas de sustentação.

Os pilaretes também foram verificados pelo *software*, por mais que escolhido a opção que esses elementos não seriam estruturais, o *software* indicou erros devido a seção dos pilaretes ser inferior ao exigido pela NBR 6118 (ABNT, 2014), que corresponde a 360 cm². Quanto a seção adotada inicialmente dos pilares de 14x30 cm, mostraram-se satisfatórias ao dimensionamento estrutural e não precisaram ser alteradas.

Quanto as vigas da edificação, alguns avisos referentes a quantidade de aço determinada pelo *software*, estavam ocasionando erros. Para isso, o detalhamento de armaduras foi alterado, com o intuito de melhorar sua distribuição. O pré-dimensionamento das seções das vigas em 14x30 cm também ofereceram resultados satisfatórios para as cargas da edificação.

Para finalizar, foram analisadas as flechas de cada elemento estrutural, que atendeu o limite estabelecido por norma. Configurou-se então, ao final um edifício (Figura 14) que atende aos esforços solicitantes, visando a facilidade de execução e garantindo a segurança global da estrutura.

Figura 14 - Estrutura em concreto armado



Fonte: Os autores

4.4 DETALHAMENTO

Ao finalizar todos os ajustes analisados no processamento global da estrutura, partiu-se para a etapa de detalhamento dos elementos estruturais. O detalhamento das armaduras gerado automaticamente pelo *software* CAD/TQS, muitas vezes não é o mais conveniente executivamente, desse modo, foram realizadas alterações nas armaduras dos pilares e vigas, a fim de se obter um projeto mais econômico e de fácil montagem. Estas alterações foram realizadas de forma a respeitar a seção mínima das armaduras calculadas pelo *software* para resistir aos esforços de tração.

O detalhamento estrutural foi realizado no *software Revit*, a fim de se obter uma melhor forma de visualização. O projeto estrutural contemplado neste trabalho está apresentado no Apêndice A e contempla 20 pranchas.

Para todos os níveis do projeto, a primeira prancha é referente a planta de locação dos pilares e fôrmas de vigas e lajes necessárias para a montagem de cada pavimento. Em seguida, para cada nível é detalhado os pilares/pilaretes que nascem e em seguidas as vigas e lajes de forma individualmente, sempre com o quantitativo de concreto e aço para montagem dos elementos que estão presentes em cada prancha.

A Tabela 8 apresenta a numeração e conteúdo de cada prancha utilizado para detalhamento da edificação. Devido ao melhor entendimento construtivo, optou-se pela sequência de pranchas de acordo com a ordem de execução.

Tabela 8 - Numeração e conteúdo de pranchas

Número da prancha	Conteúdo da Prancha
1	Planta Estrutural – Fundação
2	Pilares – Fundação / Parte 1
3	Pilares – Fundação / Parte 2
4	Pilares – Fundação / Parte 3
5	Vigas – Fundação / Parte 1
6	Vigas – Fundação / Parte 2
7	Planta Estrutural – Nível 1
8	Pilares – Nível 1
9	Vigas – Nível 1
10	Planta Estrutural – Nível 2
11	Pilares – Nível 2
12	Vigas – Nível 2
13	Vigas – Nível 2 / Parte 2
14	Lajes – Nível 2
15	Planta Estrutural – Nível 3
16	Pilares – Nível 3
17	Vigas – Nível 3
18	Planta Estrutural – Nível 4
19	Vigas – Nível 4

Fonte: Os autores.

5. ORÇAMENTAÇÃO

5.1 ORÇAMENTO EM CONCRETO ARMADO

Para este estudo, foram utilizadas as tabelas de composição orçamentária da SINAPI com encargos desonerados, referente ao Estado do Paraná, no mês de outubro de 2022. O orçamento completo desenvolvido está presente no Apêndice B.

5.1.1 Análise dos custos diretos dos materiais

Para desenvolvimento do processo orçamentário para a edificação projetada em concreto armado foram considerados os quantitativos do projeto estrutural realizado pelo *software* CAD/TQS. Obteve-se valores relacionados ao volume de concreto, metragens de fôrmas e peso das armaduras utilizados na residência estudada, conforme Apêndice A. As metragens de paredes, cobertura, vergas e contra vergas foram retiradas do arquivo *Revit* do projeto.

A Tabela 9, apresenta um resumo geral dos custos por etapa construtiva, conforme Apêndice B. Cabe destacar que na etapa de execução de fôrmas do projeto, foi incluído na precificação o escoramento do tipo metálico, para execução dos elementos estruturas, conforme indica composição 92464 da SINAPI (2022), presente no orçamento elaborado pelos autores.

Tabela 9 - Resumo geral dos custos dos materiais - concreto armado

Lista de serviços	Custo
Fabricação e montagem fôrma para viga baldrame	R\$ 4.361,00
Armação das vigas baldrames	R\$ 1.052,87
Concretagem de vigas baldrames	R\$ 1.768,97
Fabricação de fôrma para pilares e vigas	R\$ 17.846,85
Montagem de fôrma de pilares, vigas e lajes	R\$ 13.662,34
Armação de vigas, pilares e lajes	R\$ 6.677,35
Concretagem de vigas, pilares e lajes	R\$ 10.148,29
Alvenaria de vedação	R\$ 10.398,39
Montagem da estrutura de cobertura	R\$ 6.124,32
Instalações de telhas	R\$ 25.445,49
Total	R\$ 97.485,87

Fonte: Os Autores

O custo total direto dos materiais da obra totalizou em R\$ 97.485,87, se considerado somente as etapas do estudo do trabalho, sendo elas: execução dos

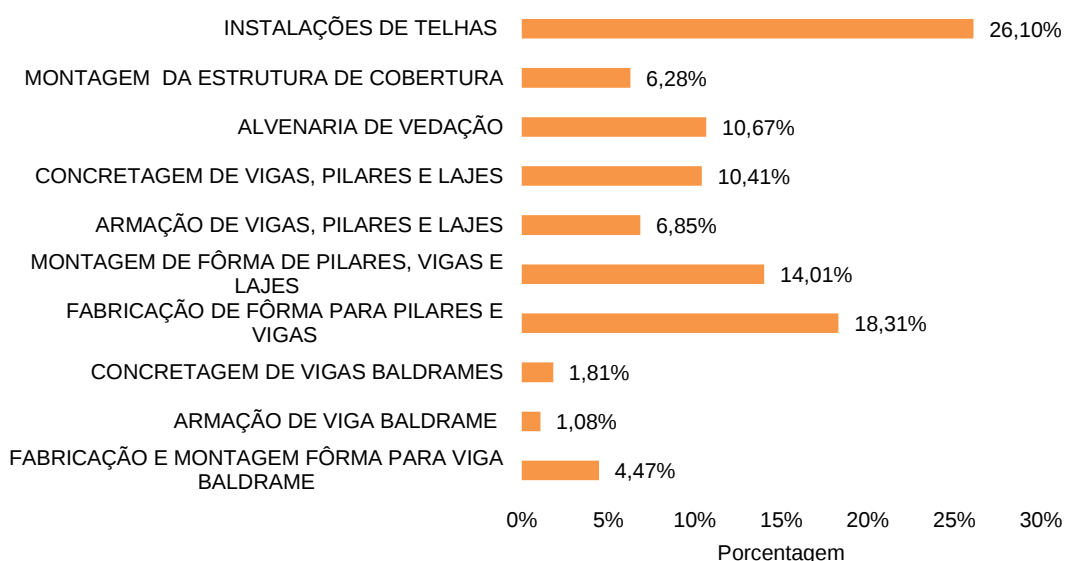
elementos estruturais, vedação e cobertura. A residência estudada possui cerca de 140 m², tem-se, então, um valor aproximado de R\$ 696,33 reais por m² de construção.

O SIDUSCONPR (2022), determina que o Custo Unitário Básico de Construção (CUB/m²), de uma residência classificada como unifamiliar padrão normal possui um valor equivalente a 2.498,53 R\$/m². Ao se comparar com o valor obtido no trabalho, tem-se que 27,86%, desse valor representa os recursos que se destinariam a execução da superestrutura.

Tezolin (2021) e Camini (2019), ao realizarem a análise referente aos custos no sistema construtivo em concreto armado, concluíram que as porcentagens obtidas correspondentes a execução da superestrutura foram respectivamente de 30,6% e 21,6%, do valor total da obra. A diferença entre os resultados dos autores e a porcentagem obtida no estudo, 27,86%, não supera 7%, para mais ou para menos, porém a variação de custos entre os autores é aproximadamente 10%. Desse modo, analisa-se que o contexto da edificação tem um grande impacto na variação dos valores dos orçamentos elaborados, principalmente, por conta de diferenças relacionadas ao porte da edificação ou região de estudo dos custos.

A Figura 15 apresenta um resumo da porcentagem dos custos diretos dos materiais destinada a cada parte da execução da obra. Os maiores valores estão relacionados as instalações das telhas, seguido da fabricação de fôrmas de pilares, vigas e lajes. Juntas as etapas representam 44,41% dos recursos financeiros das atividades analisadas.

Figura 15 - Comparativo de porcentagem dos custos diretos entre as etapas da obra - concreto armado



Fonte: Os Autores

As etapas que demandam menos despesas de materiais estão relacionadas com a execução das vigas baldrame, que ao somarmos as porcentagens da fabricação de fôrmas, armação e concretagem, juntas representam 5,2% do custo direto dos materiais. A execução do restante das etapas da edificação acumula aproximadamente metade dos recursos da obra, com 50,39% dos custos diretos.

5.1.2 Análise dos custos da mão de obra

Para execução da edificação em concreto armado foi considerado uma equipe de três pessoas, sendo um profissional especializado e dois ajudantes para cada atividade. Estudo esse, que será apresentado de forma aprofundada no item 6.1 do trabalho.

A fim de se obter os custos relacionados a mão de obra executiva, foram realizados cálculos com os dados retirados da SINAPI (2022). Para cada composição orçamentária a tabela oficial da Caixa Econômica considera duas classificações com os encargos necessários para realizar a atividade em questão, sendo sempre um ajudante e um profissional especializado. A SINAPI (2022), estabelece uma relação de produtividade e preço unitário por hora, que ao ser multiplicado pela unidade da atividade resulta em um custo total por funcionário, para realizar tal função.

Ao incluir o cálculo da despesa com mão de obra, tem-se um aumento de 33,96% do valor total do projeto, o qual deve ser considerado no orçamento final da

edificação. O acréscimo de R\$ 33.110,62 ao orçamento, resulta em um valor global de R\$ 130.596,49. A Tabela 10 apresenta um resumo geral dos custos da edificação, se considerada a precificação da mão de obra.

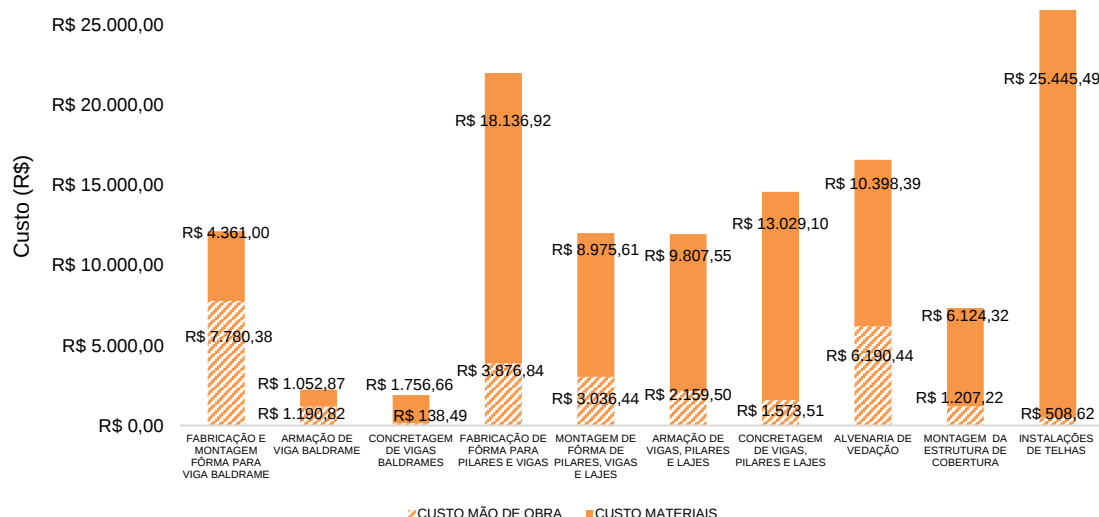
Tabela 10 – Resumo geral dos custos de mão de obra – concreto armado

Descriminação dos serviços	Custo mão de obra	Custo total
Fabricação e montagem fôrma para viga baldrame	R\$ 7.780,38	R\$ 12.141,38
Armação de viga baldrame	R\$ 715,56	R\$ 1.768,43
Concretagem de vigas baldrames	R\$ 202,03	R\$ 1.971,00
Fabricação de fôrma para pilares e vigas	R\$ 7.670,97	R\$ 25.517,82
Montagem de fôrma de pilares, vigas e lajes	R\$ 3.036,44	R\$ 16.698,78
Armação de vigas, pilares e lajes	R\$ 2.950,01	R\$ 9.627,36
Concretagem de vigas, pilares e lajes	R\$ 2.460,18	R\$ 12.608,48
Alvenaria de vedação	R\$ 6.579,20	R\$ 16.977,59
Montagem da estrutura de cobertura	R\$ 1.207,22	R\$ 7.331,54
Instalações de telhas	R\$ 508,62	R\$ 25.954,11
Total	R\$ R\$ 33.110,62	R\$ 130.596,49

Fonte: Os Autores

A adição da mão de obra altera a disposição e comparação entre os custos do projeto, conforme Figura 16. Visto que, ao relacionar os valores de serviço com os valores dos materiais, a exemplo da execução de instalação de telhas, que apresentou o maior custo de material, sendo de R\$ 25.445,49, sua mão de obra orçada, possui o segundo menor valor, equivalente a R\$ 508,62. Já os gastos com a execução das vigas baldrames, que representam apenas 5,2% do orçamento dos materiais físicos, apresentou maior custo de mão de obra (R\$ 7.780,38), somente na etapa de fabricação e montagem de fôrma para viga baldrame, totalizando um valor de R\$ 12.141,38.

Figura 16 – Relação entre custos de materiais e mão de obra – concreto armado



Fonte: Os Autores

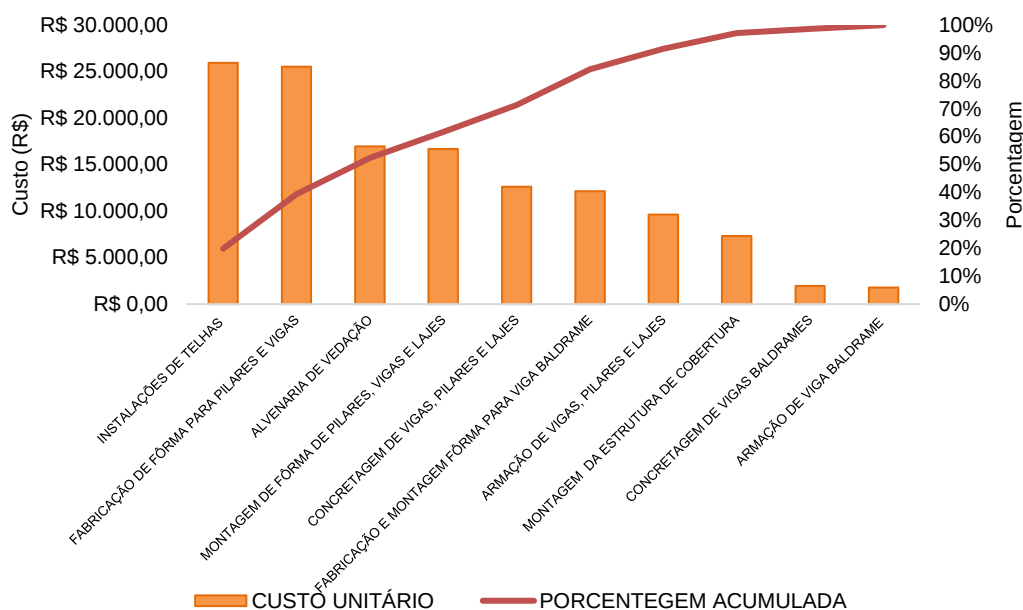
Os gastos que necessitam maior atenção no orçamento também mudam, considerando a classificação da Tabela 11, onde as despesas de instalações de telhas e fabricação de fôrmas para pilares e vigas, passam a ocupar a posição de etapas de maiores porcentagens do custo total da obra, demonstrado pela curva ABC, na Figura 17.

Tabela 11 - Classificação curva ABC - concreto armado

Descriminação dos serviços	Porcentagem	Classificação
Instalações de telhas	19,87%	A
Fabricação de fôrma para pilares e vigas	19,54%	
Alvenaria de vedação	13,00%	B
Fabricação e montagem fôrma para viga baldrame	12,79%	
Concretagem de vigas, pilares e lajes	9,65%	
Montagem de fôrma de pilares, vigas e lajes	9,30%	C
Armação de vigas, pilares e lajes	7,37%	
Montagem da estrutura de cobertura	5,61%	
Armação de viga baldrame	1,51%	
Concretagem de vigas baldrames	1,35%	

Fonte: Os Autores

Figura 17 - Curva ABC - concreto armado



Fonte: Os Autores

5.2 ORÇAMENTO EM *LIGHT STEEL FRAME*

O orçamento do projeto em *light steel frame* foi cedido pela empresa Smart Center Comércio de Materiais de Construção EIRELI e está apresentado no Anexo 3.

5.2.1 Análise dos custos diretos dos materiais

A Tabela 12 apresenta um resumo de custos geral para a edificação projetada neste modelo construtivo.

Tabela 12 - Resumo geral dos custos dos materiais – *light steel frame*

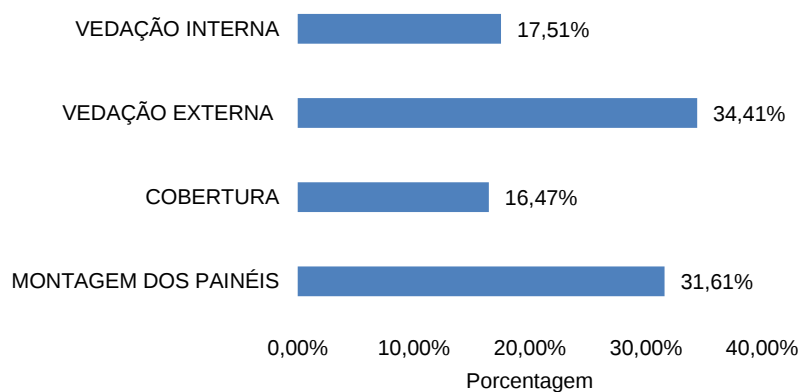
Lista de serviços	CUSTO
Montagem dos painéis	R\$ 48.832,00
Cobertura	R\$ 25.445,49
Vedação externa	R\$ 53.150,42
Vedação interna	R\$ 27.045,37
Total	R\$ 154.473,28

Fonte: Autores

Considerando o aço da estrutura, os materiais de vedação externa e interna, incluindo a cobertura, tem-se o valor total de R\$ 154.473,28. Como mostra a Figura 18, os valores dos custos são equilibrados entre a representação de suas porcentagens em relação ao custo total, sendo a vedação externa, a etapa que demanda mais recursos, totalizando 34,41%, e em seguida o custo com o aço da

estrutura e seus acessórios resultando em um valor de 31,61%, em relação ao custo direto total direto dos materiais.

Figura 18 - Comparativo de porcentagem dos custos diretos entre as etapas da obra – *light steel frame*



Fonte: Os Autores

De forma geral, tem-se que o aço é o material que mais encarece uma estrutura realizada em *light steel frame*, porém, a vedação também consome grande parte dos recursos, pois a estrutura de *light steel frame* considera o fechamento de uma parede pelos dois lados. Portanto, ao se considerar as metragens dos materiais, conta-se dobrado a metragem das paredes da edificação, sendo necessária uma quantidade considerável de placas. O orçamento considera uma área de 391,15 m² de vedação para paredes externas, e 402,15 m² de vedação interna.

Foi retirada da análise os valores do quantitativo de forros internos do orçamento cedido, por sua execução não estar presente em nenhuma etapa que o estudo avalia. Removeu-se 85,4 m² de área executiva de forro interno de placa de gesso LEV 12,5 mm, lã de vidro de 50 mm, estruturados com perfis F530 em arames, e tabica branca nos perímetros, e 10,25 m² de área executiva de forro externo com placa de gesso ST 12,5 mm, lã de vidro de 50 mm, estruturados com perfis F530 em arames, e tabica branca nos perímetros.

5.1.2 Análise dos custos da mão de obra

Para complementar a análise, foi realizado o orçamento da mão de obra para a execução do projeto, através das tabelas da SINAPI (2022), ainda que não seja o método mais comum em obras de *light steel frame*, esse método foi escolhido por

aproximar os parâmetros de comparação com o orçamento em concreto. As composições utilizadas foram as de números 88240 e a 88278, da SINAPI (2022). A Tabela 13 apresenta as duas composições, com seus respectivos valores por hora trabalhada.

Tabela 13 – Composições de número 88240 e 88278 da SINAPI

Código da composição	Descrição da composição	Unidade	Custo total
88240	Ajudante de estrutura metálica com encargos complementares	H	R\$19,41
88278	Montador de estrutura metálica com encargos complementares	H	R\$25,06

Fonte: SINAPI, 2022

As composições consideradas foram as de montador e ajudante de estrutura metálica, por apresentarem os encargos mais próximos aos necessários para execução de uma obra em *light steel frame*, pois estão presentes em composições orçamentárias que apresentam descrições semelhantes as atividades executadas em obras estruturadas por aço, como montagem de estruturas metálicas e instalação e remoção de chapas de *drywall*.

Para obter os valores de mão de obra, a partir do custo total de hora/ homem por metro quadrado fornecido pela SINAPI (2022), encontrou-se em artigos valores de referência de produtividade de cada etapa da obra realizada em LSF, como apresenta o estudo de Oliveira (2012), representado na Tabela 14, onde estabelece a relação entre a atividade do processo construtivo em *light steel frame* e a produtividade do funcionário.

Tabela 14 - Produtividade em obras - *light steel frame*

Descrição	Homem Hora/m ²
Montar a estrutura de aço	0,25
Fechar com placas cimentícias	0,22
Isolar com lá de vidro	0,06
Pintura latex	0,85
Total	1,38

Fonte: OLIVEIRA, 2012

Com a informação da produtividade, foi estimado um custo unitário hora/ homem por metro quadrado e multiplicado pela metragem dos materiais contidos no

orçamento. Desse modo, foi quantificado o custo da mão de obra para execução das vedações externas, internas e da cobertura, conforme Tabela 15.

Tabela 15 - Custo mão de obra para instalações das vedações – *light steel frame*

Descrição dos serviços	Cód. SINAPI 88240 – Valor hh/m²	Cód. SINAPI 88278 Valor hh/m²	Produtividade hh/m²	Custo unt. por m²	m²	Custo total
Fechamento Cobertura	19,41	25,06	0,25	R\$ 11,12	130,400	R\$ 1.449,72
Vedação externa	19,41	25,06	0,28	R\$ 12,45	391,000	R\$ 4.868,58
Vedação interna	19,41	25,06	0,28	R\$ 12,45	365,450	R\$ 4.550,44
Total						R\$ 10.868,73

Fonte: Os autores

Com o intuito de chegar em um resultado mais próximo da realidade, o custo da etapa de montagem dos painéis foi realizado através do preço por peso de aço utilizado em projeto, referenciando Camini (2019), o valor por kg de aço montado considerado no estudo foi equivalente a R\$ 4,30, conforme exemplifica a Tabela 16.

Tabela 16 - Precificação estrutura em aço – *light steel frame*

Descrição dos serviços	Und.	Quantidade	Custo unt.	Custo total
Montagem dos painéis	kg	3489,107	R\$ 4,30	R\$ 15.003,16

Fonte: Os autores

O custo total da mão de obra das montagens dos painéis foi a etapa que mais demandou recursos, totalizando R\$ 15.003,16, o que torna o serviço mais oneroso dentre os analisados

A adição da mão de obra gerou um impacto de R\$ 25.871,89 no orçamento de custos diretos do projeto em *light steel frame*, 16,75% de acréscimo no valor, alcançando R\$ 181.794,90 de custo total da obra, demonstrada na Tabela 17.

Tabela 17 - Resumo geral dos custos de mão de obra – *light steel frame*

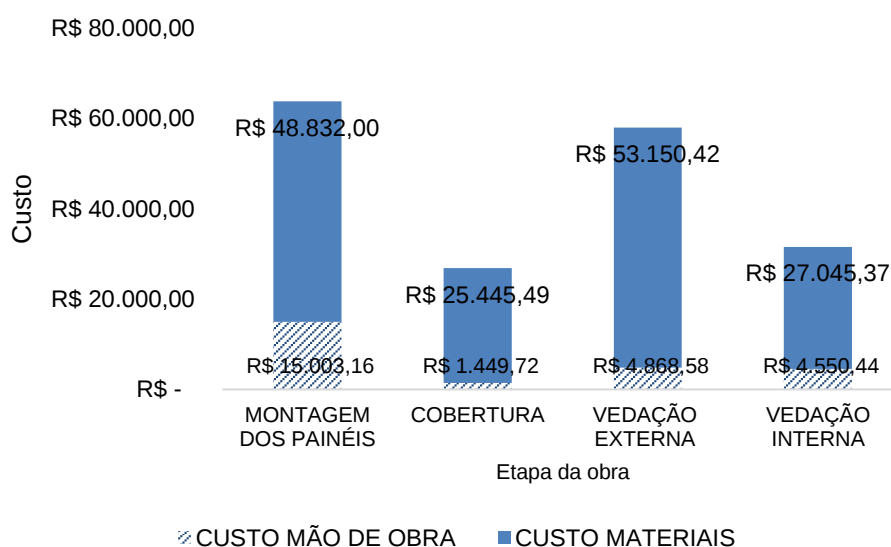
(continua)		
Descrição dos serviços	Custo mão de obra	Custo
Montagem dos painéis	R\$ 15.003,16	R\$ 63.835,16
Cobertura	R\$ 1.449,72	R\$ 26.895,21

Descriminação dos serviços	Custo mão de obra	(conclusão)
		Custo
Vedação externa	R\$ 4.868,58	R\$ 53.150,42
Vedação interna	R\$ 4.550,44	R\$ 37.914,10
Total	R\$ 25.871,89	R\$ 181.794,90

Fonte: Os autores

A adição da mão de obra altera a disposição e comparação entre os custos do projeto conforme Figura 19. Visto que, ao relacionar os valores de serviço com os valores dos materiais, a exemplo da etapa de vedação externa, que apresentou o maior custo de material, sendo de R\$ 53.150,42, sua mão de obra orçada, possui o segundo maior valor, equivalente a R\$ 4.868,58. Já os gastos com a execução da montagem da estrutura metálica, que representam 31,61% do orçamento dos materiais físicos, apresentou maior custo de mão de obra (R\$ 15.003,16) totalizando nesta etapa um custo final equivalente a R\$ 63.835,16, passando a ser a etapa com o valor mais significativo da construção. Cabe destacar que a etapa de execução de cobertura possui o menor valor de custos diretos de materiais, assim como de mão de obra, totalizando um valor de R\$ 26.895,21, a qual representa a etapa com menos valor orçamentário nessa edificação.

Figura 19 – Relação entre custos de materiais e mão de obra – *light steel frame*



Fonte: Os autores

Para um melhor entendimento, foi elaborado uma curva ABC (Tabela 18 e Figura 20) com a classificação das etapas construtivas em relação a porcentagem de

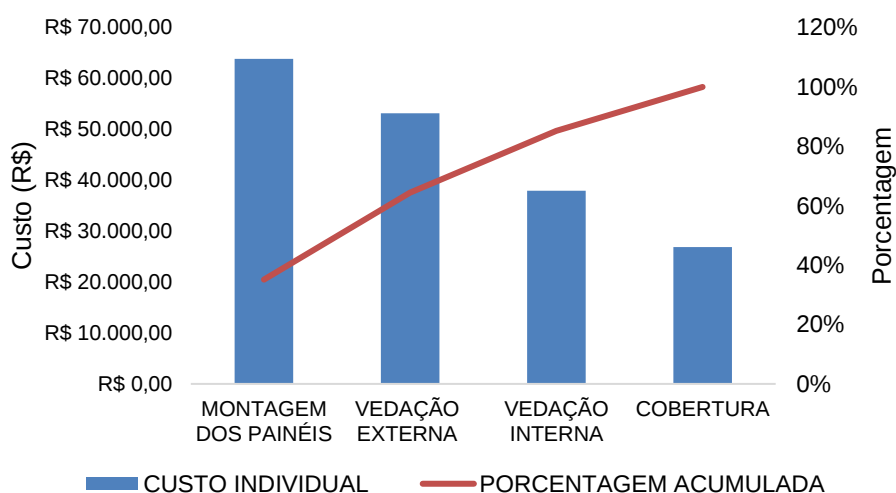
custos. A etapa classificada como A representa a maior porcentagem dentro do orçamento final da obra.

Tabela 18 - Classificação curva ABC - *light steel frame*

Descrição de serviços	Custo	Porcentagem	Classificação
Montagem dos painéis	R\$ 63.835,16	35%	A
Vedação externa	R\$ 53.150,42	29%	B
Vedação interna	R\$ 37.914,10	21%	C
Cobertura	R\$ 26.895,21	15%	

Fonte: Os autores

Figura 20 - Curva ABC - *light steel frame*



Fonte: Os autores

5.2 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS

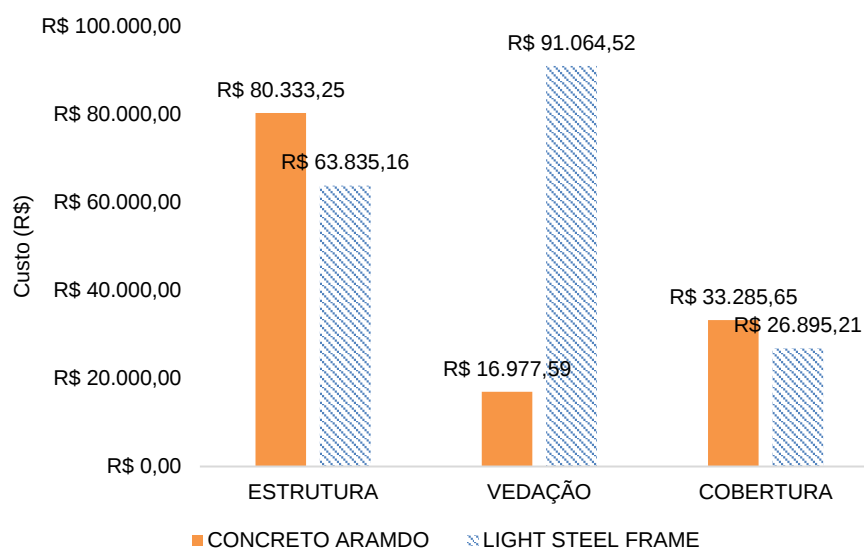
Os dois métodos construtivos se diferem principalmente no enquadro que é de análise deste trabalho (estrutura e vedação), possuindo etapas e materiais distintos em cada um de seus processos de execução. Desse modo, para fins de comparação, as etapas de cada sistema foram reunidas em 3 grupos que podem assemelhar a construção em concreto armado e em *light steel frame*: etapa da estrutura, vedação e cobertura.

Nos dois projetos foram considerados o mesmo tipo de telhado, com a diferença somente na estruturação, onde no *light steel frame* a estrutura é composta pelos painéis de cobertura e tesouras já determinados no seu projeto estrutural. Por

sua vez, em concreto armado, foi considerado uma estruturação metálica padrão, com os seus referidos custos retirados da SINAPI (2022).

O comparativo entre os custos de cada etapa é ilustrado pela Figura 21, a qual, demonstra visualmente a diferença de custos na consideração de cada etapa construtiva.

Figura 21 - Comparativo entre custos totais – concreto armado e *light steel frame*



Fonte: Os Autores

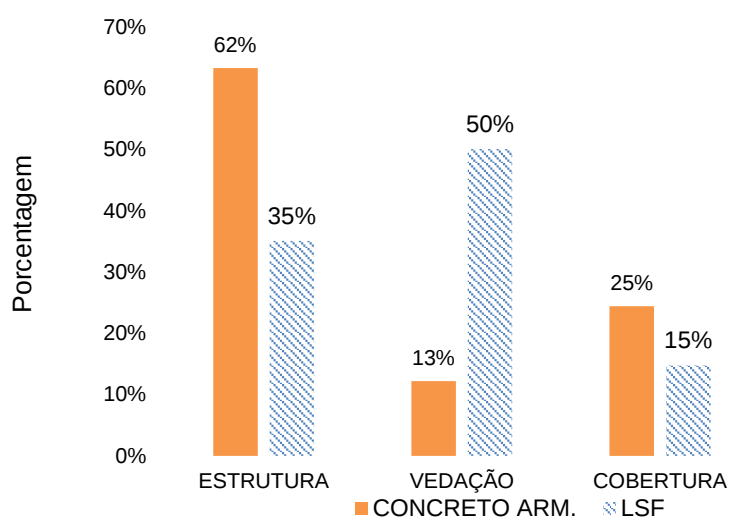
A maior diferença entre os valores apresentados está na etapa de vedação, uma diferença equivalente a R\$ R\$ 74.086,93 entre os dois métodos estudados. A diferença entre os custos na etapa da estrutura, mostra que o concreto armado apresenta um valor aproximado de 20,54% maior que *light steel frame*. Comparando com Camini (2019), que obteve cerca de 14,55% de diferença entre os valores das superestruturas com diferença de que o custo da estrutura em LSF foi o maior, esse resultado controverso, pode ser explicado devido a diferença de porte de edificações e regiões de estudo distintas.

Apesar da análise dos orçamentos do projeto estudado apresentar maior desequilíbrio na comparação entre os preços dos materiais de vedação, ao somar-se aos custos da superestrutura, etapas de maior diferença construtiva entre os métodos, chaga-se a uma diferença de 62,3% entre os sistemas, valor próximo ao obtido por Leske (2020), onde a diferença apresentada foi de 68,16%.

Ao observar a porcentagem equivalente a cada etapa entre os dois métodos, Figura 22, percebe-se que as proporções entre elas seguem a tendência dos custos, onde a maior diferença entre os resultados se apresenta nos custos da vedação. A

superestrutura em concreto armado corresponde a 62% dos recursos, na medida que essa porcentagem diminui para 35% na edificação estruturada por aço.

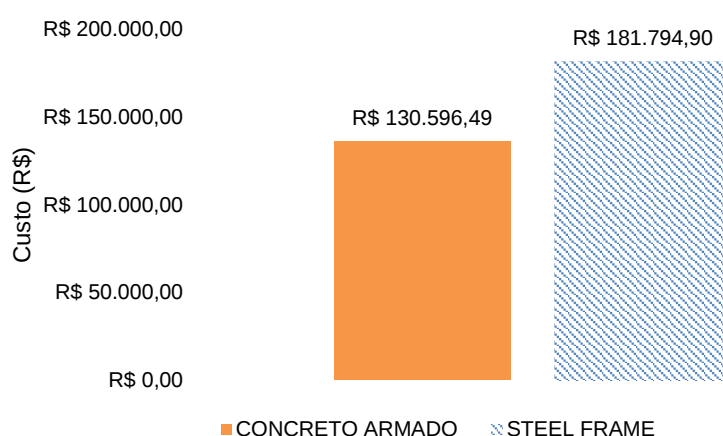
Figura 22 - Comparativo entre porcentagens de custos totais – concreto armado e *light steel frame*



Fonte: Os Autores

Através das composições orçamentárias elaboradas dos custos diretos totais, com a adição da mão de obra responsável por executar as duas edificações, tem-se que a residência orçada em aço possui um custo maior do que os recursos orçados em concreto armado (Figura 21), com uma diferença total de R\$ 51.198,41.

Figura 23 - Resumo geral dos custos – concreto armado e *light steel frame*

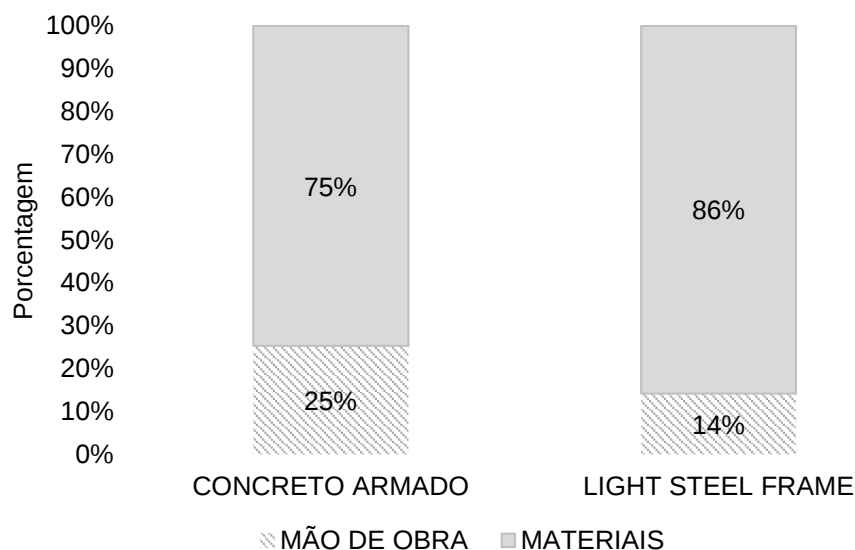


Fonte: Os Autores

Mas, ao realizar a análise referentes aos gastos relacionados a mão de obra, os custos obtidos em concreto armado, foram 21,86% maiores do que os valores alcançado pela obra em *light steel frame*. Mão de obra que possui um custo correspondente a 25% do total do orçamento da superestrutura em concreto armado,

enquanto na execução de *light steel frame*, o gasto previsto com a contratação de trabalhadores, equivale a 14% do total orçado, conforme Figura 24.

Figura 24 - Comparação entre custo de materiais e mão de obra - concreto armado e *light steel frame*



Fonte: Os Autores

A análise da média salarial por funcionário, foi calculada dividindo o valor do custo da mão de obra para as duas edificações pela quantidade de trabalhadores. Para a obra de *light steel frame* resultou em um valor equivalente a R\$ 6.467,97, já para a obra em concreto armado este valor se reduz para R\$ 2.759,22.

6. PLANEJAMENTO DE OBRA

6.1 CONSIDERAÇÕES DO TAMANHO DA EQUIPE

Na elaboração do planejamento de obra foi definido que o ponto de partida seria o tamanho da equipe, referenciando produções acadêmicas que analisaram obras executadas, para aproximar o resultado do estudo a uma situação real. Com relação a uma obra de concreto armado, Trindade (2013), Moura (2018) e Dias (2019), realizaram estudos de caso de edificações em concreto armado de diferentes proporções, mas relatam que durante a execução de cada atividade da obra foram constatados três funcionários. Portanto, para fins de estudo foram considerados três funcionários realizando cada etapa descrita no orçamento de concreto armado, sendo dois ajudantes e um profissional especializado.

As condições para o dimensionamento de equipe na construção *em light steel frame*, foi utilizando o mesmo parâmetro do planejamento de concreto, através de referência de trabalhos acadêmicos, onde o número do tamanho da equipe envolvida foi de quatro trabalhadores no canteiro de obra como descrevem Adorno e Ribeiro (2022), em sua abordagem geral do sistema construtivo.

6.2 PLANEJAMENTO DE OBRA EM CONCRETO ARMADO

Ao todo foram orçados mão de obra e materiais para 26 itens da SINAPI, que organizando pela lógica construtiva de obras em concreto armado se dividiram em 10 etapas, apresentadas na Tabela 19. E através dos coeficientes de produtividade fornecidos pelas composições da SINAPI (2022), obteve-se o tempo previsto para a execução de cada atividade.

Tabela 19 - Tempo de execução para edificação - concreto armado

(continua)	
Descrição dos serviços	Tempo previsto (dias)
Fabricação e montagem fôrma para viga baldrame	21,6
Armação de viga baldrame	1,1
Concretagem de vigas baldrames	28,5
Fabricação de fôrma para pilares e vigas	24,9
Montagem de fôrma de pilares, vigas e lajes	26,2
Armação de vigas, pilares e lajes	7,9
Concretagem de vigas, pilares e lajes	32,0

	(conclusão)
Descriminação dos serviços	Tempo previsto (dias)
Alvenaria de vedação	16,5
Montagem da estrutura de cobertura	3,3
Instalações de telhas	0,9

Fonte: Os Autores

Porém para encontrar o tempo total de obra não é suficiente somente somar os dias previstos, foi analisado a sequência construtiva das etapas relacionadas, verificou-se as relações de início e fim entre os serviços e montou-se um cronograma através dessa análise. Chegou-se à conclusão de que somente a fabricação das fôrmas ocorrem no mesmo período, e as demais atividades seguem a relação de início e fim demonstrada na Tabela 20, com os serviços considerados no estudo sendo concluídos no período de 111,5 dias.

Tabela 20 - Relação de início e fim das atividades de execução da obra - concreto armado

N	Descriminação dos serviços	Atividade predecessora	Tempo previsto (dias)	Tempo acumulado (dias)
1	Fabricação e montagem fôrma para viga baldrame	-	21,6	21,6
2	Armação de viga baldrame	1	1,1	22,6
3	Concretagem de vigas baldrames	2	29,5	51,1
4	Fabricação de fôrma para pilares e vigas	-	24,9	51,1
5	Montagem de fôrma de pilares, vigas e lajes	4	26,2	51,1
6	Armação de vigas, pilares e lajes	5	7,9	58,9
7	Concretagem de vigas, pilares e lajes	6	32,0	90,9
8	Alvenaria de vedação	7	16,5	107,4
9	Montagem da estrutura de cobertura	8	3,3	110,7
10	Instalações de telhas	9	0,9	111,5

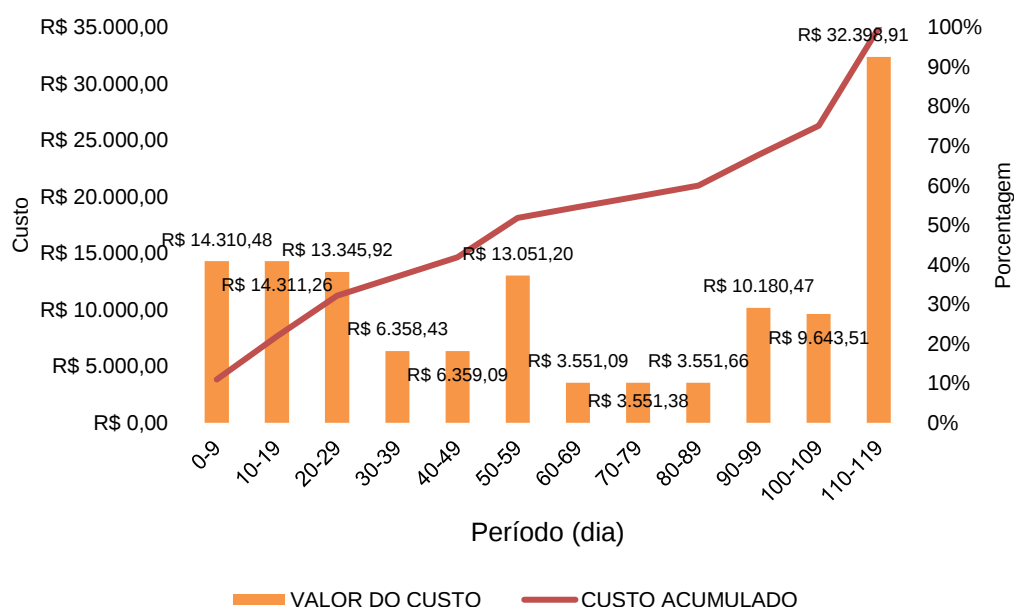
Fonte: Os Autores

As etapas que necessitaram maior tempo de execução foram a fabricação e montagem de fôrmas de vigas, pilares e lajes. Mas a etapa individual onde é o prazo de execução mais longo é na concretagem desses elementos, pela consideração dos 28 dias de cura do concreto. Consideração do tempo de cura que não teve tanto impacto na etapa concretagem das vigas baldrames, justamente por ser sucedida pela fabricação e montagem das fôrmas dos demais elementos estruturais, em que seus prazos de execução mascaram o tempo de cura do concreto das vigas baldrames.

Com os resultados apresentados, foi descartada a necessidade de se realizar o caminho crítico da edificação por conta do estudo se tratar de um recorte entre todas as atividades necessárias para a execução do projeto por completo, as relações entre as atividades consideradas nesse período analisado já formam o caminho crítico.

Com o resultado dos tempos de execução de cada etapa foi possível elaborar a análise da curva S, Figura 25, onde dividiu-se o tempo total da execução da obra em períodos de 10 dias.

Figura 25 – Curva S – concreto armado



Fonte: Os Autores

O período que mais demanda recursos financeiros é a última etapa da obra, considerando que a obra tem previsão de ser finalizada em 111,5 dias. Esse estágio representa 1,34% do tempo de execução da obra e soma-se R\$ 32.398,91. Esse fato pode ser explicado ao compor a análise com as informações do cronograma físico financeiro (Apêndice C), nos 10 últimos dias de obra são executadas 2 etapas, montagem da estrutura de cobertura e instalação das telhas, que representam os maiores custos do orçamento.

O período que irá precisar de mais atenção no planejamento da equipe, é do dia 20 ao 29, em que ocorrem 5 etapas, como demonstrado no cronograma físico - financeiro, apresentado no Apêndice C, período que corresponde a finalização das fabricações e concretagem de todas as fôrmas da edificação.

Ao todo, considerando os encargos necessários para a execução de cada serviço, segundo o Apêndice C, a média de trabalhadores presentes na obra seria 6, e o período com mais funcionários presentes seria dos dias 20 ao 29 com 16 trabalhadores, e no período do dia 50 ao dia 59, com 12 funcionários.

6.3 PLANEJAMENTO DE OBRA EM *LIGHT STEEL FRAME*

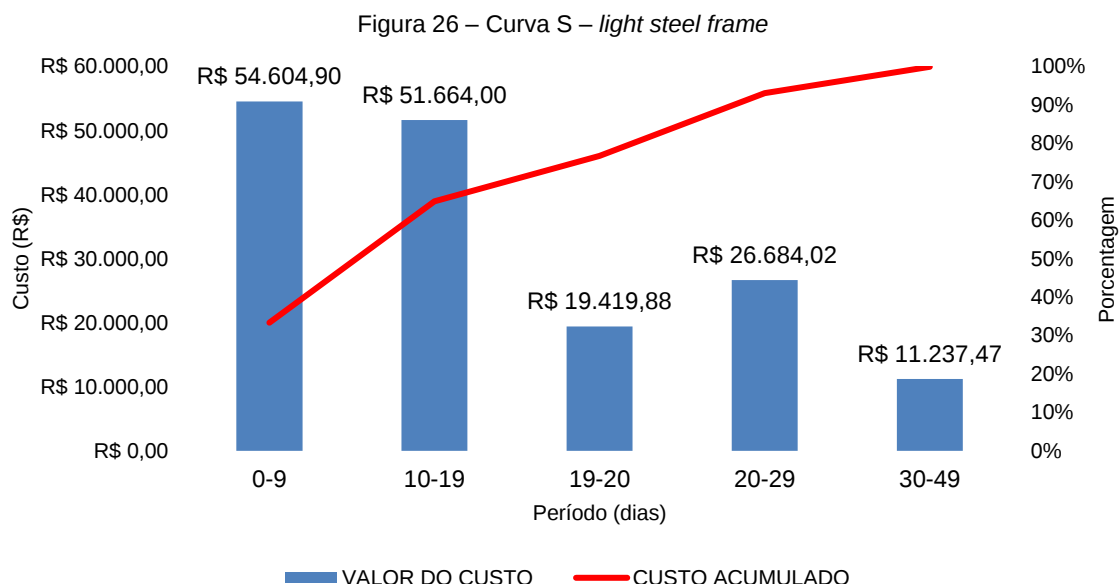
Assim como no orçamento de concreto, a produtividade da equipe também foi retirada do orçamento da mão de obra de *LSF*, desse modo, obteve-se também o tempo previsto de execução da estrutura metálica, vedação e cobertura do projeto estudado, em 41,1 dias (Tabela 21) esse valor se aproxima ao tempo de execução apresentado pela empresa Espaço Smart, que cedeu os projetos e orçamento ao estudo, com a previsão de execução da etapa de superestrutura em 30 dias úteis.

Tabela 21 - Tempo de execução para edificação – *light steel frame*

Descriminação de serviços	Tempo previsto (dias)	Tempo acumulado (dias)
Montagem dos painéis	10,5	10,5
Cobertura	4,1	14,6
Vedação externa	13,7	28,3
Vedação interna	12,8	41,1
Total		41,1

Fonte: Os Autores

A curva S da obra em *LSF*, Figura 26, relaciona os gastos com os períodos de execução previstos, demonstra que no início da obra estão os maiores custos envolvidos, com a montagem dos painéis representando um terço do orçamento total da obra.



Fonte: Os Autores

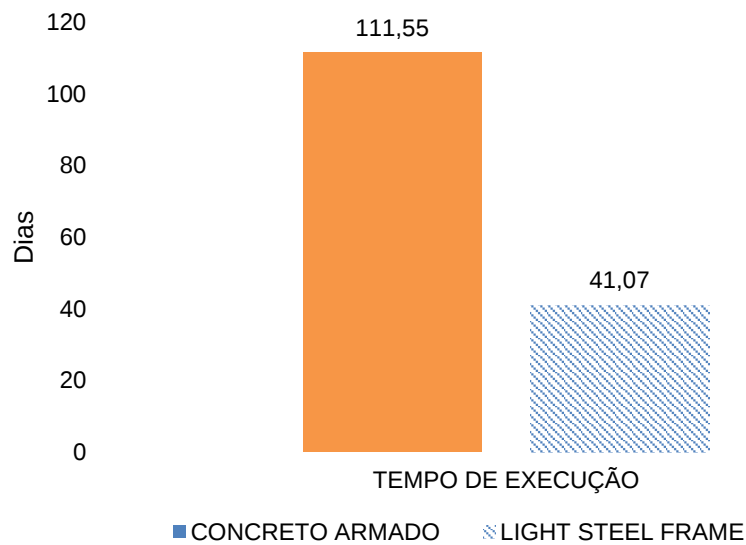
O segundo período onde demanda mais recursos financeiros se encontra entre os dias 10 e 19, com R\$ 51.664,00 de custo dividido em 3 atividades como demonstra o Apêndice D, período onde a montagem dos painéis é finalizada, a cobertura é executada e se inicia a vedação externa. Pela característica do sistema construtivo, existem menos etapas no processo de execução, o que diminui por consequência o número da equipe e o tempo de execução, tornando o controle dos gastos e manejo da equipe mais simples, porém o gasto médio por dia de obra torna-se alto, a exemplo dos primeiros 20 dias de obra com o custo de R\$ 5.313,45 por dia.

Nesse planejamento o número de trabalhadores permanece constante, pelas atividades serem executadas pelas mesmas pessoas, considerando que possuem todos os encargos necessitados para a execução de todas as atividades analisadas.

5.2 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS

O cronograma de obra do projeto em concreto armado apresentou uma diferença de 70,44 dias para o de *light steel frame*, como demonstra a Figura 27. Esse fato pode ser explicado pela diferença de números de etapas envolvendo os dois métodos, em que o projeto estruturado em aço reuniu 4 etapas de execução, e o em concreto ao considerar a superestrutura, vedação e cobertura, foi dividido em 10 serviços diferentes.

Figura 27 - Comparação entre tempos de execução – concreto armado e *light steel frame*

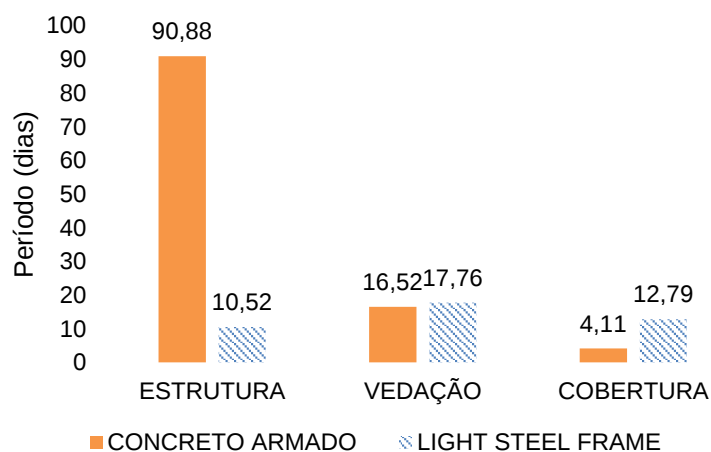


Fonte: Os Autores

No controle dos funcionários envolvidos, a obra em concreto armado possuiu um número total de 9 encargos diferentes de funcionários previstos para a obra, e com um máximo de 16 trabalhadores compreendidos em um determinado período da execução dos serviços. Na medida que na execução do projeto em aço, o número de pessoas na obra se manteve constante em 4, duas pessoas a menos da média de funcionários previstos na obra em concreto.

A diferença do tempo de execução previsto entre os dois sistemas torna-se mais evidente ao separar os períodos de execução nas três etapas: estrutura, vedação e cobertura, conforme Figura 28.

Figura 28 - Diferença entre tempo de execução entre os dois sistemas – concreto armado e *light steel frame*



Fonte: Os Autores

A etapa que mais difere os dois métodos é na execução da estrutura, são 80,36 dias de diferença, enquanto a diferença entre prazo de execução de vedação e cobertura são respectivamente 1,24 e 8,68 dias. A obra em concreto apresenta essa previsão de execução por conta da diferença entre os métodos de execução. Enquanto na obra de *light steel frame* o tempo é gasto somente em instalação e aplicação do material, para a execução de concreto armado é necessária a confecção do concreto, das fôrmas, realizar o corte de armadura, para após o término dessas etapas ocorrer a concretagem. Ainda se soma o tempo de 28 dias de cura do concreto para se encerrar a etapa da superestrutura e se iniciar a aplicação da alvenaria de vedação.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que os resultados do estudo dos orçamentos e planejamentos demonstram que a racionalização do processo construtivo da montagem dos painéis da estrutura metálica fez uma diferença significativa no tempo de execução. Ao relacionar todos os dados, dos orçamentos e dos planejamentos, se evidenciam as diferenças entre os dois métodos, onde o projeto em concreto armado, apesar de apresentar um custo menor, seu tempo de execução estimado é maior que o dobro do tempo de execução atingido pelo planejamento em aço. Isso fica evidente pelo fato de que na medida que a obra em *light steel frame* atinge seu prazo de final, o cronograma de concreto estaria ainda na execução das suas vigas baldrame.

Na comparação dos gastos, o fato que fez maior impacto foi a vedação, onde esperava-se que o custo com material em aço tivesse maior relevância no orçamento. Observa-se que o alto valor dos recursos da vedação em *light steel frame*, seriam suficientes para cobrir os gastos com todo orçamento planejado para o material da estrutura de concreto armado. Porém, seguindo as determinações de orçamento da SINAPI, o custo de mão de obra maior foi na obra de concreto, apresentando-se com quase o dobro de custo necessário para a contratação de funcionários, se comparado ao *light steel frame*.

Por mais que a média salarial por funcionário no planejamento em concreto seja de R\$ 2.759,22, e a obra em *light steel frame* apresente uma média de R\$ 6.467,97 por trabalhador. Chega-se à conclusão de que a grande quantidade de encargos diferentes envolvidos nos processos construtivos para realização dos elementos estruturais, maior número de etapas da obra e tempo demandado em cada serviço, aumentou o valor total da mão de obra da obra em concreto. Destaca-se a importância desta análise, pois se não forem consideradas essas informações, aparenta-se que o custo de mão de obra em *LSF* é mais oneroso por realizar-se um orçamento individual e por etapas.

Acerca das etapas analisadas, os resultados de comparação entre o custo do processo construtivo mais ágil só são válidos ao considerar as etapas escolhidas nesse estudo, sendo apenas um recorte dentre todas as atividades que envolvem uma obra completa, logo, o resultado é somente válido ao projeto estudado. Por mais que outras análises apresentem a tendência de conclusões próximas, não se deve levar em consideração os resultados apresentados em uma escala geral.

Sendo assim, é necessário para uma conclusão completa uma análise profunda dos dois métodos, considerando todas as etapas que compõem uma obra. A apresentação dos resultados do estudo, tem como objetivo provocar mais análises sobre o tema, e buscam somar-se a discussão no contexto da construção civil no Brasil, dos novos sistemas construtivos a serem implementados e difundidos nesse cenário.

7. REFERÊNCIAS

ADORNO I. V., Ribeiro P. M. **Estudo do sistema construtivo light steel framing: uma abordagem geral**. Trabalho de conclusão de curso. Engenharia Civil - Universidade Salvador – UNIFACS. 2022.

ALVA, G. **Formulação analítica para a determinação de diagramas momento-curvatura em seções de concreto armado retangulares submetidas à flexão normal composta**. Congresso Brasileiro de Concreto, 2017.

ALVES, T.C.L, **Diretrizes para gestão de fluxos físicos em canteiros de obras, proposta baseada em estudos de casos**. Dissertação, Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000.

ANDRADE, B. S. O. **Concreto armado**: um estudo sobre o processo histórico, características, durabilidade, proteção e recuperação de suas estruturas. Monografia - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6355: Perfis estruturais de aço formados a frio — Padronização**. Rio de Janeiro, ABNT 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7480: Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado - Requisitos**. Rio de Janeiro, ABNT 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953: Concreto para fins estruturais – Classificação por grupos de resistência**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931: Execução de Estruturas de Concreto - Procedimento**, Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15498: Chapas cimentícias reforçadas com fios, fibras, filamentos ou telas - Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, ABNT 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais - Referências - Elaboração**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

AVILA, A. V.; LIBRELOTTO, L. I.; LOPES, O. C. **Orçamento de Obras**. Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

BASTOS, P. S. S, **Fundamentos do Concreto Armado** - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2019.

BARCAUI, B. A., BORBA, D., SILVA, M. I., NEVES, B. R.; **Gerenciamento do tempo em projetos**. 2ª ed., Rio de Janeiro: FGV Editora, 2006.

BATISTA, R. C. **Análise estrutural de uma residência constituída por perfis de aço galvanizados de pequena espessura formados a frio segundo o sistema construtivo a seco - Light Steel Framing (LSF)**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BORGES, G. L., BENTO, G. S. **Análise de cronograma e orçamento pré e pós obra pela curva abc**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2018.

BRITO, E. B. B. **Cronograma físico-financeiro de uma obra. Trabalho de conclusão de curso Engenharia Civil** - Universitário da Ânima. 2021.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL.
SINAPI_Custo_Ref_Composicoes_Analitico_PR_202209_Desonerado.

Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx> Acesso em: 5 outubro 2022.

CAIXA ECONOMICA FEDERAL.
SINAPI_Custo_Ref_Composicoes_Sintetico_PR_202209_Desonerado.

Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx> Acesso em: 5 outubro 2022.

CAMINI, V. **Comparativos de custos dos sistemas Light Steel Frame e convencional para uma habitação unifamiliar**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade do Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, 2019.

CARDOSO, R. S. **Orçamento de obras em foco: um novo olhar sobre a engenharia de custos** – 2.Ed. – São paulo: PINI, 2011.

CARDOSO, R. V. P. **Projeto estrutural em concreto armado**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

CARNEIRO, R. Q. **Descrição de um modelo de planejamento e controle na construção de um edifício**. Monografia. Graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal do Ceará. 2009.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. 4a. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014.

CASSAR, B. C. **Análise comparativa de sistemas construtivos para empreendimentos habitacionais: Alvenaria Convencional x Light Steel Frame**. Projeto de graduação - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

CONSUL STEEL. **Construccion con acero liviano**: manual de procedimiento. Buenos Aires, 2006.

CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

DIAS, C. F. **Análise da produtividade na construção de uma residência unifamiliar no município de Trindade-GO**. Trabalho de conclusão de curso. Curso de engenharia civil - Centro Universitário De Goiás Uni-Anhanguera. Goiânia, 2019.

FREIRE, T. M; SOUZA, U. E. L. **Produção de estruturas de concreto armado, moldadas in loco, para edificações**: caracterização das principais tecnologias e formas de gestão adotadas em São Paulo. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

FREITAS, L. C. **Análise estrutural de um edifício em concreto armado e proposta de um novo projeto estrutural – estudo de caso**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2016.

FUSCO, P. B. **Técnica de armar as estruturas de concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2013.

GASPAR, A. P. **Construção de edifícios de habitação em Light Steel Framing: Alternativa viável à construção tradicional**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Universidade Lusófona do Porto. Porto. 2013.

GONZÁLEZ, M. A. S. **Noções De Orçamento E Planejamento De Obras. Notas de aula. Ciências Exatas e Tecnológicas** - Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2008.

GROPIUS, W; GUINSBURG, J.; KOUDELA, I. D. **Bauhaus: nova arquitetura**. Perspectiva, 2004.

LEONHARDT, F.; MÖNNIG, E. **Construções de concreto, Princípios Básicos do Dimensionamento de Estruturas de Concreto Armado** - Vol. 1. Rio de Janeiro. Editora Interciência LTDA, 1977.

LESKE, C. T. **Análise comparativa do custo e tempo de execução entre os sistemas construtivos: alvenaria de vedação convencional, alvenaria estrutural e light steel frame na etapa de vedações de uma obra residencial.** de Trabalho de conclusão. Engenharia civil - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Rio grande do Sul, 2020.

MASISA. **Painel estrutural OSB: recomendações práticas.** Catálogo, Ponta Grossa:, 2003.

MASO, J. B. **Análise comparativa entre o sistema construtivo light steel framing e alvenaria estrutural.** Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) Universidade do Sul de Santa Catarina - Palhoça , 2017.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras.** 1.ed São Paulo: Pini, 2006.

MONTEIRO, A.C.L. **Análise da capacidade resistente de painéis Light Steel Frame com foco na modelagem numérica.** Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

MOURA, D. S. **Análise da produtividade da mão de obra na construção de uma residência, comparando a utilização da gestão ágil scrum com o gerenciamento tradicional baseado no PERT/COM.** Trabalho de conclusão de curso. Departamento acadêmico de construção civil - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

NÔCERA, R. J. **Planejamento e Controle de Obras com o Microsoft Project.** 2007. 2. ed. São Paulo: Editora RJN, 2010.

OLIVEIRA, G. V. **Análise comparativa entre sistema construtivo em light steel framing e o sistema construtivo tradicionalmente empregado no nordeste do Brasil aplicados na construção de casas populares.** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. Bacharelado em Engenharia Civil – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2012.

OLIVEIRA, R.R. et al. **Classificação de curvas ABC em obras da construção civil.** Artigo Científico, Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, Maceió, 2018.

PACHECO, J. et al. **Considerações sobre o Módulo de Elasticidade do concreto.** In: Congresso Brasileiro do Concreto, Natal, 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA DO PARÁ. **Cronograma físico - financeiro (desembolso). Tomada de preços nº 2/2022-00001 (contratação de obra para construção de 02 (duas) quadras de areia na vila Anapolina e na vila Jeju).** Disponível em: <https://santamaria.pa.gov.br/tomada-de-precos-no-2-2022-00001/>. Acesso: outubro/2022

PINHEIRO, L.M; GIONGO, J. S. **Concreto armado: propriedades dos materiais**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

REGO, D. **Estruturas de Edifícios em Light Steel Framing**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Instituto Superior Técnico. Portugal - Lisboa, 2012.

RODRIGUES, F.C; CALDAS, R. B. **Steel Framing: Engenharia**. 2º Ed. Rio de Janeiro. Centro Brasileiro da Construção em Aço, 2016.

SANTIAGO, A. K; FREITAS, A. M. S; CRASTO, R C. M. **Steel Framing: Arquitetura**. 2. ed. Instituto Brasileiro de Siderurgia/Centro Brasileiro da Construção em Aço, Rio de Janeiro, 2012.

SIDUSCONPR (2022), **Custos Unitários Básicos de Construção**: com Encargos Sociais Desonerados Com variação percentual - outubro/2022. Disponível: <https://sindusconpr.com.br/composicao-do-cub-pr-4132-p>. Acesso em: 5 outubro 2022.

SILVA, J. D. **Alvenaria Estrutural e de vedação**: Uma análise comparativa de custos de dois empreendimentos multifamiliar. Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas, Minas Gerais, 2018.

SILVA, M. S. T. C. **Planejamento e controle de obras**. Colegiado do curso de engenharia civil. Universidade Federal Da Bahia - Escola Politécnica. Salvador, 2011.

SILVA, M. M. A. **Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS. Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos – Diretriz SINAT: nº 003 – Revisão 01. **Sistemas construtivos estruturados em perfis leves de aço conformados a frio, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Light Steel Framing”)**. Brasília. Ministério das Cidades, 2016.

TCPO. **Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos**. 14. ed. São Paulo: Pini, 2012.

Tezolin I. C., Do Nascimento L. F. J. **Análise comparativa orçamentária dos sistemas construtivos convencional e light steel frame: um estudo de caso em uma residência unifamiliar situada no estado do Paraná**. Trabalho final de curso, curso de engenharia civil - Campus Guaíra Universidade Paranaense – UNIPAR, 2021.

THOMAZ, E. et al. **Código de práticas nº 01: alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), São Paulo, 2009.

TRINDADE, R. S. **Análise da produtividade da mão de obra na execução de alvenaria estrutural e alvenaria convencional.** Trabalho de conclusão de curso. Curso de engenharia civil - Universidade Federal do Pampa. Alegrete, 2012.

VARALLA, R. **Planejamento e controle de obras.** Editora: O Nome da Rosa. São Paulo, 2003.

ZORZI, A. C. **Forma com molde em madeira para estruturas de concreto armado:** recomendações para melhoria da qualidade e produtividade com redução de custos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, 2002.

ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO

O projeto arquitetônico está presente na pasta compartilhada pelo link:

<https://drive.google.com/drive/folders/1CgjFwwPRvjHjJSIYy0Z9sPUf91MXVoVq?usp=sharing>

ANEXO B – PROJETO ESTRUTURAL EM *LIGHT STEEL FRAME*

O projeto estrutural em Light Steel Frame está presente na pasta compartilhada pelo link:

<https://drive.google.com/drive/folders/1CgjFwwPRvjHjJSIYy0Z9sPUf91MXVoVq?usp=sharing>

ANEXO C – ORÇAMENTO EM *LIGHT STEEL FRAME*

O orçamento em light steel frame está presente na pasta compartilhada pelo link: <https://drive.google.com/drive/folders/1CgjFwwPRvjHjJSIYy0Z9sPUf91MXVoVq?usp=sharing>

APÊNDICE A – PROJETO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO

O projeto estrutural está presente na pasta compartilhada pelo link: <https://drive.google.com/drive/folders/1CgjFwwPRvjHjJSIYy0Z9sPUf91MXVoVq?usp=sharing>

APÊNDICE B – ORÇAMENTO EM CONCRETO ARMADO

O orçamento em concreto está presente na pasta compartilhada pelo link: <https://drive.google.com/drive/folders/1CgjFwwPRvjHjJSIYy0Z9sPUf91MXVoVq?usp=sharing>

APÊNDICE C – CRONOGRAMA FÍSICO FINANCEIRO EM CONCRETO ARMADO

O cronograma físico financeiro está presente na pasta compartilhada pelo link: <https://drive.google.com/drive/folders/1CgjFwwPRvjHjJSIYy0Z9sPUf91MXVoVq?usp=sharing>

APÊNDICE D – CRONOGRAMA FÍSICO FINANCEIRO EM *LIGHT STEEL FRAME*

O cronograma físico financeiro está presente na pasta compartilhada pelo link: <https://drive.google.com/drive/folders/1CgjFwwPRvjHjJSIYy0Z9sPUf91MXVoVq?usp=sharing>