



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**



**COMPARAÇÃO ENTRE ESTRUTURA METÁLICA E ESTRUTURA EM
CONCRETO ARMADO EM BELÉM/PA: Custo diretos, custos indiretos
e tempo de execução.**

Matheus Moura Normandes

**Belém - PA
Novembro/2024**

MATHEUS MOURA NORMANDES

**COMPARAÇÃO ENTRE ESTRUTURA METÁLICA E ESTRUTURA EM
CONCRETO ARMADO EM BELÉM/PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Ricardo Bentes Kato

**Belém - PA
Novembro/2024**

MATHEUS MOURA NORMANDES

**COMPARAÇÃO ENTRE ESTRUTURA METÁLICA E ESTRUTURA EM
CONCRETO ARMADO EM BELÉM/PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

Belém, 10 / novembro / 2024

Examinadores

Professora Dr. Ricardo Bentes Kato
Universidade Federal do Pará | UFPA
Orientador

Professor Dr. Andre Augusto Azevedo Montenegro Duarte
Universidade Federal do Pará | UFPA
Membro da banca

Professor Dr. Frederico Guilherme Pamplona Moreira
Universidade Federal do Pará | UFPA
Membro da banca

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino. A Nossa Senhora de Nazaré, meu guia, meu socorro, presente na hora da angústia. Aos meus pais Gilson Normandes e Ocilene Normandes, minha irmã Giovana Normandes e meus avós Alzira Moura e Frascisco Normandes.

AGRADECIMENTOS

A Deus, arquiteto da minha vida e do meu caminho. Por ter me permitido assimilar todo o conhecimento adquirido ao longo dos anos e não ter deixado desanimar nos momentos de angústia. Por dar saúde a mim e a minha família.

A Nossa Senhora de Nazaré, minha Mãezinha, que tornou possível meu ingresso na UFPa e que me motivou a ser melhor a cada dia. Por cuidar de mim nos momentos mais desafiadores e por me proteger com seu manto sagrado.

Ao meu pai, Gilson Normandes, meu patrão e maior patrocinador. Por toda as nossas conversas, planos impossíveis e por nunca desistir da minha missão. A minha mãe, Ocilene Normandes, que torna possível meu sonho a cada dia. Por lutar por mim com unhas e dentes e por me dar um amor tão incondicional que não mal posso descrever. Por acordarem cedo, me acompanharem e por me guardarem quando necessitei. Por lutarem pela minha felicidade acima de tudo, e por serem minhas âncoras.

Ao Professor e Orientador Ricardo Kato por me acolher em minhas ideias e me encorajar neste desafio.

Aos meus amigos ~da rua~, Felipe Monte, Giovanni Santos, Rennan Santos e Vinicius Moreira, os quais conheço desde sempre e estão comigo para o que der e vier. Aos meus amigos ~do fundamental~, Clayson Vasconcelos, Rafael Albuquerque, Thalys Palheta e Thomas Maio, que me acompanham há quase 15 anos nessa estrada da vida. Aos meus amigos do ~ensino médio~, Augusto Holanda (que será meu parceiro de profissão), João Matheus e Marcus Vinicius, meus portos seguros nos momentos mais desafiadores da minha adolescência. Aos meus amigos ~da faculdade~, Arthur Mendes, Augusto Machado, Carlos Avelar, Daniel Gomes, Gabriel Jastes, Jonas Junior, Manoel Lucas e Alice Campelo, companheiros para vida. Aos meus amigos ~da engenharia~, Mychelle Amaral, Luiz Alberto, Edmar Matos, Nilton da Silva, Rafael Silva, Rodrigo Batista, por me fazerem ser o melhor profissional que posso ser.

Ao meu coordenador, Jones Moraes, por me ensinar e me cobrar, por me ouvir e confiar em mim. Por ser além de um chefe, um amigo e parceiro.

Aos meus diretores, Brunno Planzo e Carlos Grossinho, pela oportunidade que me deram, pelos ensinamentos e por me inspirarem a ser grande.

A minha melhor amiga, Laísa Paixão. Minha melhor ouvinte, minha ilha e porto seguro, minha confidente e dupla no Beach Tennis. Por todos os nossos momentos, conversas e apoios.

EPÍGRAFE

~Todos os homens sonham, mas não da mesma forma. Os que sonham de noite, nos recessos poeirentos das suas mentes, acordam de manhã para verem que tudo, afinal, não passava de vaidade. Mas os que sonham acordados, esses são homens perigosos, pois realizam os seus sonhos de olhos abertos, tornando-os possíveis. ~

T. E. Lawrence

RESUMO

NORMANDES, M. M. Comparação entre estrutura metálica e estrutura em concreto armado em Belém/PA: custo diretos, custos indiretos e tempo de execução. 2024. 74 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém.

O presente estudo realiza uma comparação específica entre os orçamentos envolvidos em estruturas de concreto armado convencional e estruturas metálicas na construção civil, com ênfase na abordagem da construção enxuta. O foco principal reside na análise dos custos associados a cada sistema, buscando fornecer informações relevantes para profissionais e pesquisadores na área de engenharia civil, especialmente aqueles interessados em práticas de construção enxuta.

O trabalho inicia com uma revisão bibliográfica abrangente, explorando os princípios fundamentais relacionados aos custos em projetos de construção com concreto armado e estruturas metálicas. Tópicos como materiais, mão de obra, tempo de execução e demais fatores financeiros são minuciosamente examinados para estabelecer uma base sólida para a comparação subsequente.

A metodologia adotada inclui a análise detalhada de orçamentos de projetos reais que empregam ambas as tecnologias. Dados específicos, como custos de materiais, custos de mão de obra e despesas gerais, são criteriosamente analisados para fornecer uma compreensão abrangente das implicações financeiras associadas a cada sistema estrutural.

A construção enxuta é incorporada na análise, considerando práticas que visam eliminar desperdícios, melhorar a eficiência da mão de obra e otimizar o tempo de execução do projeto. A abordagem enxuta é avaliada em como ela pode ser aplicada de maneira eficaz em estruturas de concreto armado convencional e estruturas metálicas.

Os resultados obtidos destacam não apenas as diferenças nos custos entre os dois sistemas estruturais, mas também como a implementação de princípios de construção enxuta pode influenciar positivamente a eficiência financeira e operacional de ambos os métodos. Conclui-se que a decisão entre estruturas de concreto armado e

estruturas metálicas, dentro do contexto da construção enxuta, deve ser baseada em uma análise holística, considerando não apenas os custos diretos, mas também os benefícios potenciais da eficiência operacional.

Palavras-chave: Estruturas de Concreto; Estruturas Metálicas; Comparação de Orçamentos; Construção Enxuta; Análise de Custos de Construção.

ABSTRACT

NORMANDES, M. M. **Comparação entre estrutura metálica e estrutura em concreto armado em Belém/PA: custo diretos, custos indiretos e tempo de execução.** 2024. 74 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém.

The present study performs a specific comparison between the budgets involved in conventional reinforced concrete structures and steel structures in civil construction, with an emphasis on lean construction approach. The focus lies in analyzing the costs associated with each system, aiming to provide relevant information for professionals and researchers in the field of civil engineering, especially those interested in lean construction practices.

The work begins with a comprehensive literature review, exploring the fundamental principles related to costs in projects involving reinforced concrete and steel structures. Topics such as materials, labor, construction time, and other financial factors are thoroughly examined to establish a solid foundation for subsequent comparison.

The adopted methodology includes detailed analysis of budgets from real projects employing both technologies. Specific data such as material costs, labor costs, and overhead expenses are meticulously analyzed to provide a comprehensive understanding of the financial implications associated with each structural system.

Lean construction is incorporated into the analysis, considering practices aimed at eliminating waste, improving labor efficiency, and optimizing project execution time. The lean approach is evaluated in terms of how it can be effectively applied in conventional reinforced concrete structures and steel structures.

The results obtained highlight not only the differences in costs between the two structural systems but also how the implementation of lean construction principles can positively influence the financial and operational efficiency of both methods. It is concluded that the decision between reinforced concrete structures and steel structures, within the context of lean construction, should be based on a holistic analysis, considering not only direct costs but also the potential benefits of operational efficiency.

Keywords: Concrete Structures; Steel Structures; Budget Comparison; Lean Construction; Construction Cost Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Projeto Arquitetônico do 1º Pavimento	43
Figura 2 – Projeto Arquitetônico do 2º Pavimento	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Algumas Normas Brasileiras para dimensionamento estrutural em aço e concreto armado	18
Tabela 2 – Distribuição de Mão de Obra por cargo	29
Tabela 3 – Distribuição de Mão de Obra	32
Tabela 4 – Planilha Orçamentária da Infraestrutura Metálica	44
Tabela 5 – Cronograma da Infraestrutura Metálica	45
Tabela 6 – Planilha Orçamentária da Infraestrutura em Concreto Armado – Parte 1	46
Tabela 7 – Planilha Orçamentária da Infraestrutura em Concreto Armado – Parte 2	46
Tabela 8 – Cronograma da Infraestrutura em Concreto Armado – Parte 1	47
Tabela 9 – Cronograma da Infraestrutura em Concreto Armado – Parte 2	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Histograma de Custos por Semana	27
Gráfico 2 – Curva “S” de Custos por semana	28
Gráfico 3 – Histograma de Mão de Obra	28
Gráfico 4 – Histograma de Custos por semana	30
Gráfico 5 – Curva “S” de Custos por semana	31
Gráfico 6 – Histograma de Mão de Obra	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AC – Administração Central

BDI – Benefícios e Despesas Indiretas

CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço

CONFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

DF – Despesa Financeira

G – Garantia

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto

ISS – Imposto Sobre Serviços

L – Lucro

NBR – Norma Brasileira

PIS – Programa de Integração Social

R – Risco

S – Seguro

SINDUSCON – Sindicato da Indústria da Construção Civil

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

STP – Sistema Toyota de Produção

TCU – Tribunal de Contas da União

T – Tributos

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1	PROBLEMA DA PESQUISA	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo Geral	16
1.2.2	Objetivos Específicos	16
1.3	JUSTIFICATIVA	16
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	SISTEMAS ESTRUTURAIS	17
2.1.1	Estrutura em Concreto Armado	20
2.1.2	Estrutura Metálica	21
2.2	SISTEMA LEAN CONSTRUCTION	22
2.2.1	Princípios da <i>Lean Construction</i>	22
2.3	ORÇAMENTOS DE OBRAS E CUSTOS	23
2.3.1	Custo Direto e Indireto	23
2.4	CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO DE OBRA	24
3.	APRESENTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	25
4.	METODOLOGIA	25
5.	RESULTADOS	27
5.1	MÉTODO CONSTRUTIVO EM ESTRUTURA METÁLICA	27
5.1.1	Orçamento	27
5.1.2	Cronograma Físico-Financeiro	27
5.1.3	Histograma de Custos	27
5.1.4	Curva “S” de Custos	28
5.1.5	Quadro Geral de Mão de Obra	28
5.2	MÉTODO CONSTRUTIVO EM CONCRETO ARMADO	30
5.2.1	Orçamento	30
5.2.2	Cronograma Físico-Financeiro	30
5.2.3	Histograma de Custos	30
5.2.4	Curva “S” de Custos	31
5.2.5	Quadro Geral de Mão De Obra	31
6.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	32
6.1	QUANTO AOS CUSTOS DIRETOS	32

6.2	QUANTO AO TEMPO DE EXECUÇÃO	33
6.3	QUANTO AO APORTE DE RECURSOS	33
6.4	QUANTO AOS CUSTOS SOCIAIS	33
6.4.1	Participação nos Lucros:	33
6.4.2	Auxílio-Alimentação:.....	34
6.4.3	Auxílio Cesta Básica:.....	34
6.4.4	Auxílio Transporte:	34
6.4.5	Total De Custos Indiretos:	35
6.5	RETORNO FINANCEIRO POR LOCAÇÃO DO ESPAÇO CONSTRUÍDO	35
6.6	CUSTOS INDIRETOS	35
6.7	CONSTRUÇÃO ENXUTA	35
7.	CONCLUSÕES	37
8.	REFERÊNCIAS	41
	ANEXO A – Projetos Arquitetônicos	43
	ANEXO B – Planilha Orçamentária da Estrutura Metálica	44
	ANEXO C – Cronograma da Estrutura Metálica	45
	ANEXO D – Planilha Orçamentária do Concreto Armado	46
	ANEXO E – Cronograma do Concreto Armado	47

1. INTRODUÇÃO

O concreto armado, técnica que combina concreto e aço, desempenha um papel fundamental na construção de estruturas devido à sua capacidade de suportar cargas diversas. No entanto, sua execução exige cuidados específicos para evitar problemas futuros, uma vez que uma execução inadequada pode resultar em manifestações patológicas, demandando soluções demoradas e dispendiosas. Da mesma forma, as estruturas metálicas, compostas principalmente por aço, também são amplamente utilizadas na construção civil, mas requerem atenção especial durante sua execução para prevenir problemas como a corrosão, que pode exigir manutenção e soluções preventivas.

A escolha entre concreto armado e estruturas metálicas não se resume apenas aos custos dos materiais, como aço e concreto. Outros fatores importantes incluem os custos de mão de obra, o tempo necessário para a execução do projeto e prazos a serem cumpridos. Por isso, é essencial avaliar e comparar diversos aspectos no momento de decidir o tipo de estrutura mais adequado para cada projeto específico.

Este estudo visa justamente a comparar o custo entre edificações com estrutura de concreto armado e estrutura metálica, incorporando os princípios da *lean construction*. Além de analisar os custos financeiros diretos, também se considera a eficiência operacional de cada sistema. A construção enxuta que busca eliminar desperdícios, melhorar a eficiência da mão de obra e otimizar o tempo de execução do projeto, é fundamental nesse processo.

Portanto, além de fornecer uma análise detalhada dos custos envolvidos em cada tipo de estrutura, este estudo busca oferecer *insights* sobre como a implementação de práticas de *Lean Construction* pode influenciar positivamente tanto os aspectos financeiros quanto operacionais de cada método construtivo. Isso é essencial para uma tomada de decisão informada e holística na escolha do tipo de estrutura a ser adotado em um determinado projeto.

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Como as diferenças de custo e características das estruturas de Aço e Concreto Armado podem impactar na decisão sobre qual delas utilizar em um projeto

semelhante, considerando ainda os princípios da *Lean Construction* para otimizar eficiência e reduzir desperdícios?

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho podem ser divididos em gerais e específicos, os quais são detalhados a seguir:

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar um estudo do dimensionamento de estrutura em concreto armado e estrutura metálica de uma edificação comercial em Belém/PA, de acordo com as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), para verificar os custos de cada construção e compará-los.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Comparar do ponto de vista técnico e econômico-financeiro estruturas em concreto armado e metálica;
- b) Buscar soluções visando custos menores quanto à escolha da estrutura de concreto armado ou metálica;
- c) Verificar, adquirir e aplicar novos conhecimentos de construção enxuta às estruturas feitas em concreto armado e metálica.

1.3 JUSTIFICATIVA

Este estudo busca simplificar a escolha do sistema estrutural mais adequado para um projeto de edifício comercial. Ele faz isso ao comparar os custos e os prazos dos sistemas disponíveis, destacando as vantagens e desvantagens de cada um. Em um mercado de construção que valoriza cada vez mais tecnologias que visam a eficiência no canteiro de obras, a possibilidade de selecionar o sistema estrutural mais adequado traz maior confiabilidade ao projeto. Isso permite atender às diversas necessidades, como requisitos arquitetônicos, agilidade na construção, redução de custos e prazos, preocupações ambientais, além de garantir qualidade na escolha realizada.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SISTEMAS ESTRUTURAIS

Na construção civil, pilares, vigas e lajes são componentes estruturais fundamentais que garantem a estabilidade e segurança de uma edificação. As lajes, elementos horizontais, suportam e distribuem as cargas para as vigas, que, por sua vez, transferem essas cargas para os pilares. Esses pilares, elementos verticais, direcionam o peso da estrutura para as fundações, completando o sistema de sustentação do edifício. Cada um desses elementos exige um dimensionamento específico e uma integração adequada para garantir a rigidez e resistência da construção, atendendo às demandas de projeto e às características de cada tipo de material, como concreto armado ou aço (GIONGO, 2005; KRONA.COM.BR, 2023).

As estruturas de concreto armado e de aço são amplamente utilizadas na construção civil devido às suas características e benefícios específicos. Ambas as opções têm vantagens e desvantagens que devem ser cuidadosamente avaliadas de acordo com as necessidades do projeto. O concreto armado, por exemplo, é amplamente utilizado por sua durabilidade, resistência ao fogo e capacidade de suportar cargas pesadas. Já as estruturas metálicas, feitas principalmente de aço, são conhecidas pela flexibilidade de design e pela rapidez na construção, especialmente quando as peças são pré-fabricadas (BLOG.BENZOR.COM.BR, 2023).

Para garantir a segurança dos trabalhadores que participam do processo construtivo, medidas rigorosas de segurança devem ser implementadas. A ABNT desempenha um papel importante nesse contexto, estabelecendo normas que visam padronizar os processos produtivos para o avanço tecnológico do país.

Dentre as normas mais relevantes para a construção civil, destacam-se a Norma Brasileira (NBR) 6118/2014, que trata do Projeto de Estruturas de Concreto, e a NBR 8800/2008, que aborda o Projeto de Estruturas de Aço e Mistas de Aço e Concreto em Edifícios. No entanto, diversos outros padrões são aplicados durante a concepção do projeto para atender às especificidades de cada obra. Alguns exemplos dessas normas estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Algumas Normas Brasileiras para dimensionamento estrutural em aço e concreto armado.

NORMA	ESPECIFICIDADE
NBR 6118	Projeto de Estruturas de Concreto Armado - Procedimento
NBR 7480	Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado - Requisitos
NBR 8800	Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas Aço e Concreto de Edifícios
NBR 14323	Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios em situação de incêndio
NBR 14762	Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio
NBR 8681	Ações e segurança nas estruturas - Procedimento
NBR 6123	Forças devidas ao vento em edificações

Fonte: O autor (2024).

Existem diversas fontes de informação disponíveis sobre estruturas metálicas e, especialmente, sobre concreto armado. Por exemplo, o Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA) oferece manuais informações valiosas para o dimensionamento em aço, assim como o Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON).

Para Pereira (2018), o avanço de novas tecnologias, juntamente com a industrialização e a melhoria dos métodos construtivos, está impulsionando o ramo da construção civil. Os métodos tradicionais parecem menos produtivos, mais arriscados e menos eficientes do que os sistemas industrializados. Contudo, o autor conclui que a seleção do tipo de construção mais apropriado para cada edifício é fundamental considerando o desempenho, a disponibilidade de trabalhadores locais, a longevidade, o propósito e a função da construção. Cada sistema construtivo apresenta vantagens e características únicas, sendo essencial compreendê-los para determinar sua adequação a diferentes tipos de obras.

De acordo com Giongo (2005), as estruturas dos prédios residenciais e comerciais são planejadas levando em consideração a finalidade e o design arquitetônico do edifício. Essas formas podem ser erguidas com elementos de concreto armado, concreto protendido, alvenaria estrutural, componentes metálicos junto com lajes de concreto armado ou peças pré-fabricadas de concreto armado. Além do mais, há lugares onde as construções de baixa altura são feitas com estruturas de madeira.

Algumas construções podem apresentar a estrutura de concreto armado à mostra, ao passo que outras preferem camuflá-la nas paredes e fachadas. Ainda nesta linha de raciocínio, o autor reitera que aspectos técnicos e financeiros, como a presença de materiais e equipamentos no local e a competência técnica para desenvolver o projeto, têm impacto na decisão do tipo de estrutura a ser empregada. Apesar de a engenharia de estruturas e construção ter um bom entendimento das condições técnicas para o desenvolvimento do projeto, são as considerações econômicas que mais impactam na escolha do tipo de estrutura portante.

Schmidt (2014) realizou um estudo de caso na Universidade Católica de Brasília com o objetivo de oferecer informações relevantes para a sociedade e engenheiros que precisam escolher entre diferentes tipos de estrutura. O estudo comparou o custo de sistemas construtivos em estrutura metálica e estruturas convencionais em um edifício de pequeno porte localizado na região norte de Taguatinga/DF, com 4 pavimentos e área construída de 1.708,64 m². Ambos os sistemas contaram com o emprego do software de projeto estrutural *CYPECAD*.

A pesquisa realizada por Schmidt (2014) analisou os gastos e o tempo de construção de uma estrutura de metal e de uma estrutura convencional de concreto armado em um prédio residencial de 4 andares. Os dados revelam que o valor dos materiais e de algumas atividades para construir a estrutura metálica foi de R\$491.823,46 (quatrocentos e noventa e um mil, oitocentos e vinte e três reais e quarenta e seis centavos), ao passo que a estrutura em concreto armado custou R\$306.558,17 (trezentos e seis mil, quinhentos e cinquenta e oito reais e dezessete centavos), resultando em uma economia de 37,67% em favor do concreto armado. Em termos de prazos, a construção da estrutura metálica levaria 75 dias, enquanto a estrutura de concreto levaria 121 dias, o que representa uma diminuição de 46 dias, ou 38,02% do tempo total planejado. Apesar do retorno financeiro de R\$49.066,67 (quarenta e nove mil, sessenta e seis reais e sessenta e sete centavos) para a estrutura metálica, a estrutura em concreto armado ainda seria 27,69% mais barata de acordo com a análise.

2.1.1 Estrutura em Concreto Armado

Conforme Martino (2022) cita, o concreto armado é uma técnica de construção que combina peças de aço com concreto, composto por cimento, água e agregados miúdos e graúdos. Isso cria uma estrutura que combina os atributos únicos de cada material para atingir a resistência. O concreto é feito misturado ao cimento com agregados miúdos, geralmente areia, e agregados graúdos, como britas de vários tamanhos. Após isso, o concreto é moldado ao redor de uma estrutura de aço por meio de uma fôrma. Isso cria uma ampla gama de formas e volumes. Para a autora, essa combinação de maleabilidade e resistência tornou o concreto armado um sistema estrutural predominante no século XX.

Os benefícios do concreto armado incluem sua resistência e sua capacidade de se adaptar a uma variedade de formas, o que facilita a execução de projetos e permite a construção de estruturas monolíticas. Suas técnicas de execução são bem controladas e geralmente são mais baratas do que as estruturas de aço. É forte e resistente ao fogo, choques e desgastes mecânicos se for bem-feito. A possibilidade de pré-moldagem torna a construção mais rápida devido à sua versatilidade (CARVALHO, 2014).

Mas, como afirma Carvalho (2014), os componentes estruturais de concreto têm um peso próprio muito alto devido às suas dimensões maiores em comparação com o aço. Isso pode limitar sua utilidade em algumas circunstâncias ou aumentar significativamente os custos associados. Além disso, devido à rigidez do material, modificar ou ajustar esses elementos pode ser difícil. O concreto pode ser um bom condutor térmico e acústico, mas às vezes precisa ser combinado com outros materiais para reduzir esses problemas. Os sistemas de formas e escoramentos são frequentemente necessários durante o processo de construção até que o concreto alcance a resistência necessária, especialmente quando não se utiliza pré-moldagem. Essas características destacam questões importantes e considerações importantes quando se trata de usar elementos de concreto de forma econômica e eficiente em grandes estruturas.

Santos (2017) afirma que a definição das classes de resistência e dos tipos de aço a serem usados são essenciais no processo de projeto de estruturas de concreto armado. O engenheiro responsável faz essas escolhas levando em consideração as

condições específicas do ambiente de aplicação. A classe de resistência para lajes, conforme estipulado pela NBR 6118:2014, deve satisfazer os estados limite último e de serviço da peça estrutural. Esses estados representam o colapso da estrutura e o conforto do usuário durante a utilização do ambiente, respectivamente.

2.1.2 Estrutura Metálica

Consoante Pereira (2018), a estrutura metálica é feita principalmente de aço, composto principalmente de ferro e carbono, e sua resistência depende da quantidade de carbono. O teor de carbono aumenta a resistência do aço, mas também o torna mais frágil e rígido. Portanto, é fundamental que o projeto estrutural seja feito por um especialista qualificado, garantindo o dimensionamento correto e a escolha do tipo de aço adequado para cada aplicação (PEREIRA, 2018).

Pinho (2005) afirma que a construção industrializada caracteriza as estruturas de aço, pois alguns componentes são fabricados fora do local da construção e outros são feitos no próprio canteiro de obras. Este método exige que os componentes padronizados sejam preparados em unidades industriais antes de serem transportados para o local da obra. Uma instalação industrial concentra máquinas, equipamentos, mão de obra e materiais para produzir as peças individuais. Cada peça é projetada para ser colocada em um lugar específico da estrutura e desempenha uma função importante na formação do conjunto que sustentará a estrutura. No canteiro de obras, as peças que foram fabricadas são unidas para formar a estrutura completa.

De acordo com Pereira (2018), as estruturas de aço permitem um design mais esbelto, o que otimiza o uso do espaço e reduz a carga nas fundações, resultando em menor custo. A fabricação dos perfis metálicos em indústrias garante controle de qualidade e maior precisão nos dimensionamentos, além de possibilitar maior flexibilidade no uso do espaço. É apontado também que a produção de perfis metálicos contribui para a reciclagem do aço, e essas estruturas também oferecem maior liberdade para vãos maiores do que o concreto armado, embora a produção tenha impacto ambiental.

Conforme citado no site Metalrio.com.br (2018), falhas na execução de obras devido à falta de qualificação da mão de obra podem resultar em danos significativos às estruturas, comprometendo sua durabilidade e segurança. Outro risco destacado é a corrosão, que pode ocorrer pelo uso de materiais inadequados ou pela manutenção

inadequada dos sistemas de proteção, como as pinturas. Além disso, o dimensionamento acústico inadequado pode gerar ruídos durante a construção. A violação das normas de segurança e leis de construção pode ocasionar multas, embargos e outros contratemplos, afetando o cronograma e os custos das obras, além de prejudicar a reputação do projeto, conclui.

2.2 SISTEMA LEAN CONSTRUCTION

O termo *Lean Construction* tem sua origem sob o termo *Lean Production*, que de acordo com Koskela (1992), teve sua origem no Japão nos anos 50, através dos estudos realizados pelos engenheiros Eiji Toyota e Taiichi Ohno. Após visitarem a Ford Motor Company nos Estados Unidos, que utilizava o sistema de produção em massa, eles concluíram que simplesmente copiar ou melhorar esse sistema seria inviável devido às condições econômicas do Japão na época. Dessa necessidade surgiu o Sistema Toyota de Produção (STP), um novo método que visava eliminar desperdícios nas linhas de produção, incluindo materiais, mão-de-obra e tempo. O STP foi desenvolvido ao longo de décadas através de um processo contínuo de tentativas e erros (FUJIMOTO, 1999).

A ideia básica no sistema de produção da Toyota é a eliminação de inventários e outros desperdícios por meio da produção em lotes pequenos, redução dos tempos de preparação, máquinas semiautônomas, cooperação com fornecedores e outras técnicas (KOSKELA, 1992).

2.2.1 Princípios da *Lean Construction*

A *Lean Construction*, além dos conceitos básicos, se fundamenta em princípios para a gestão eficiente dos processos, conforme delineado por Koskela (1992). Um dos principais princípios é a redução das atividades que não agregam valor ao produto, buscando eliminar desperdícios como transporte desnecessário de materiais. No entanto, é crucial aplicar esse princípio com discernimento, pois algumas atividades de fluxo, como inspeções de qualidade, são essenciais. Outro princípio central é o aumento do valor do produto considerando as necessidades dos clientes, tanto internos quanto externos, desde a concepção do projeto até a gestão da cadeia produtiva. A redução da variabilidade nos processos também é enfatizada para melhorar a consistência e a satisfação do cliente, através da padronização e inspeção eficiente. A filosofia *Just in Time* é adotada para reduzir o tempo de ciclo dos

processos, eliminando atividades que não agregam valor e permitindo uma entrega mais rápida e eficiente aos clientes. Simplificação, flexibilidade de saída dos produtos e transparência nos processos são outros pilares essenciais da *Lean Construction*, promovendo eficiência operacional, envolvimento da equipe e melhoria contínua.

2.3 ORÇAMENTOS DE OBRAS E CUSTOS

Não importa o tipo e localização da obra, o projeto e a atividade econômica envolvida, o custo é um fator fundamental na importância de uma construção. Segundo Mattos (2006), a preocupação é refletida no orçamento ao estabelecer o que será feito e mostrar o custo aproximado de cada projeto. Os custos variáveis, também chamados de diretos, são definidos conforme os materiais e a mão de obra utilizados, sendo específicos para cada projeto, conclui o autor.

Segundo Mattos (2006), a previsão de gastos consiste em uma análise minuciosa que inclui a identificação, explicação e avaliação dos elementos da construção. Feito previamente à assinatura do acordo, o orçamento requer uma avaliação minuciosa para prevenir lacunas. Orçar não é somente fazer uma estimativa, mas sim um procedimento técnico e especializado que inclui a adição dos custos diretos e indiretos, juntamente com os impostos e o preço de venda, realizado por profissionais qualificados.

2.3.1 Custo Direto e Indireto

Para Pereira (2018), os custos diretos e indiretos são componentes essenciais do orçamento de uma obra, cada um com características distintas. O Custo Direto refere-se a todos os gastos diretamente relacionados à execução de um serviço na construção civil, incluindo despesas com mão de obra, materiais e equipamentos. Esses custos também englobam a construção do canteiro de obras e as estruturas de apoio necessárias. O autor também destaca exemplos de custos diretos incluem materiais como tijolos e argamassa, mão de obra como pedreiros e serventes, e equipamentos como o aluguel de uma betoneira. Esses valores devem ser organizados em uma planilha detalhada que descreva todos os insumos e custos associados.

Entretanto, por outro lado, Pereira (2018) posiciona que o Custo Indireto engloba despesas que não podem ser facilmente atribuídas a uma atividade específica da

obra, como despesas administrativas, taxas, seguros e impostos. Para o autor, embora não estejam incorporados diretamente à obra, os custos indiretos influenciam o custo total de execução e são essenciais para a definição das finanças da empresa de construção.

Assim, enquanto os custos diretos são atribuídos a atividades específicas, os custos indiretos abrangem despesas gerais que sustentam a operação da empresa. Ambos devem ser calculados com precisão durante a fase de planejamento para garantir uma visualização clara dos gastos envolvidos na construção (PEREIRA, 2018).

2.4 CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO DE OBRA

O planejamento da construção tem papéis fundamentais no êxito do projeto, possibilitando o controle dos materiais ao sinalizar o começo e o fim de cada etapa ou tarefa (NASCIMENTO, 2012).

Para Nascimento (2012), isso permite verificar rapidamente o progresso de várias tarefas, tornando mais fácil determinar as prioridades e focalizar os esforços nas equipes com atrasos. Adicionalmente, o planejamento do cronograma também ajuda a programar a aquisição de materiais, prevenindo o excesso de estoque no local da construção, conclui.

O mesmo Nascimento (2012) reitera que o planejamento físico-financeiro auxilia na gestão dos recursos ao especificar as despesas semanalmente ou mensalmente, possibilitando aos gestores manterem um controle preciso das despesas e evitarem gastos inesperados. Nos contratos firmados com o Governo, a previsão de pagamento mensal torna mais fácil a liberação dos recursos destinados ao contrato, finaliza.

3. APRESENTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A construção em questão é um prédio de dois pavimentos localizado na região central de Belém/PA e foi projetado para apoiar o Posto de Combustível da Rede de Postos BG.

Além de uma sala de descanso para os funcionários e um escritório para a Gerência do Posto, este edifício terá vestiários para homens e mulheres.

Compões também o projeto a disponibilidade de cinco espaços comerciais para locação, um dos quais será destinado a uma lavanderia. A edificação também tem uma área para depósito de materiais de limpeza, duas instalações sanitárias adaptadas para pessoas com mobilidade reduzida e uma sala destinada à instalação de freezers e caixas eletrônicos.

As representações gráficas das plantas baixa e de corte do edifício encontram-se disponíveis no Anexo E.

4. METODOLOGIA

Este estudo teve como ponto de partida a avaliação comparativa do projeto arquitetônico da edificação, fornecidos gentilmente pelos Diretores dos Postos da Rede BG, Brunno da Silva Planzo e Carlos Augusto Grossinho. Posteriormente, passou-se à análise dos projetos estruturais desenvolvidos no software CYPE Ingenieros e fornecidos pelos Engenheiros Roberto Araújo Zaidan e Jones Mendonça Moraes.

Após a conclusão dos cálculos estruturais, foi realizado um levantamento dos materiais necessários para a execução de cada tipo de estrutura, seguido pela elaboração do orçamento dos custos desses componentes. Para essa finalidade, foram utilizadas tabelas fornecidas pelo CYPE Ingenieros, bem como do Orçafascio, um programa *online* que utiliza dados da tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), gerenciado pela Caixa Econômica Federal e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A base de dados utilizada foi do mês de março de 2024.

Foi definido que a parte a ser avaliada é a Superestrutura (Pilares, Vigas e Lajes). As etapas subsequentes às Lajes foram ignoradas, já que são idênticas nos dois projetos.

Dessa forma, as fases correspondentes a Alvenarias, Instalações Hidrossanitárias e Elétricas, Cobertura e Revestimentos foram preteridas. Além disso, as etapas de Infraestrutura também foram regidas pela mesma orientação, devido à similaridade entre os dois métodos de construção, uma vez que ambos envolvem fundações rasas e possuem custos parecidos.

A taxa dos Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) foi fixada em 0%, a fim de balizar uma análise apenas dos custos diretos produtivos entre os dois métodos construtivos. Ademais, optou-se por não desonerar encargos sociais.

Os orçamentos no Orçafascio serviram de base para a composição do Cronograma Físico-Financeiro da Obra de acordo com os índices de produtividade da Mão de Obra baseado no Estado do Pará, bem como verificação dos custos produtivos em análise.

Inicialmente, o número de colaboradores nas funções relacionadas aos projetos foi estabelecido em 1. Assim, foi estabelecido o período requerido para finalizar todas as etapas. Finalmente, foram feitos ajustes nessas quantidades para reduzir o tempo de execução dos serviços em 75%, coordenando Oficiais e Ajudantes levando em conta o espaço físico do canteiro de obras e evitando a ociosidade deles.

Depois, foram criados gráficos (Histograma e Curva "S") para apresentar o status dos custos de produção dos projetos e mostrar a quantidade de recursos requeridos para completá-los.

Finalmente, a alocação de colaboradores para realização das tarefas necessárias nas etapas estudadas é apresentada através de um Histograma e um Quadro de Mão de Obra.

Para avaliar os resultados, os dados obtidos foram coletados e uma análise quantitativa e qualitativa foi realizada em diferentes áreas, incluindo Custo Direto, Tempo de Execução, Aporte de Recursos, Custos Sociais, Locação de Espaços, Custos Indiretos e aplicação dos princípios da Construção Enxuta.

5. RESULTADOS

5.1 MÉTODO CONSTRUTIVO EM ESTRUTURA METÁLICA

5.1.1 Orçamento

É apresentado na Tabela 4, presente no Anexo B, o orçamento considerando a Superestrutura em Aço após a coleta dos dados fornecidos do projeto estrutural. Contemplando a estimativa de custos da obra, teve seu valor total encontrado em R\$293.531,29 (duzentos e noventa e três mil, quinhentos e trinta e um reais e vinte e nove centavos).

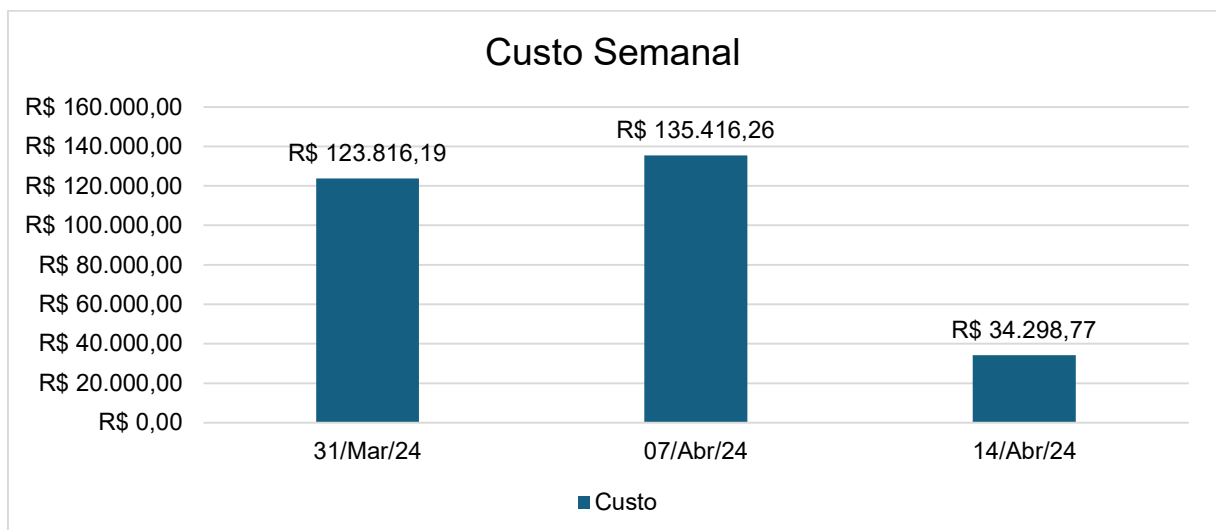
5.1.2 Cronograma Físico-Financeiro

É demonstrado na Tabela 5, presente no Anexo C, o Cronograma Físico e Financeiro da obra, indicando as durações das tarefas e seus custos atribuídos. Indica-se que para a execução total das tarefas levantadas no orçamento supracitado, será necessário o total de 13 dias úteis.

5.1.3 Histograma de Custos

Abaixo, o custo total semanal atrelado as tarefas a serem executadas indicadas pelo orçamento e pelo cronograma físico-financeiro.

Gráfico 1 – Histograma de Custos por Semana.

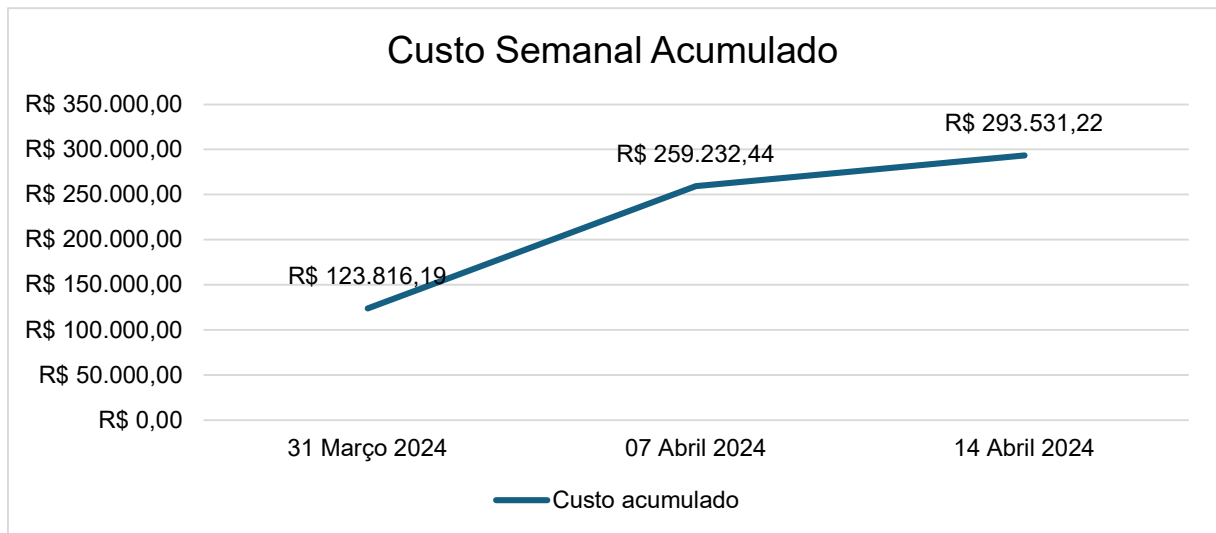


Fonte: O autor (2024).

5.1.4 Curva “S” de Custos

Em seguida, o avanço dos custos acumulados por semana das tarefas a serem executadas indicadas pelo orçamento e pelo cronograma físico-financeiro.

Gráfico 2 – Curva “S” de Custos por semana.

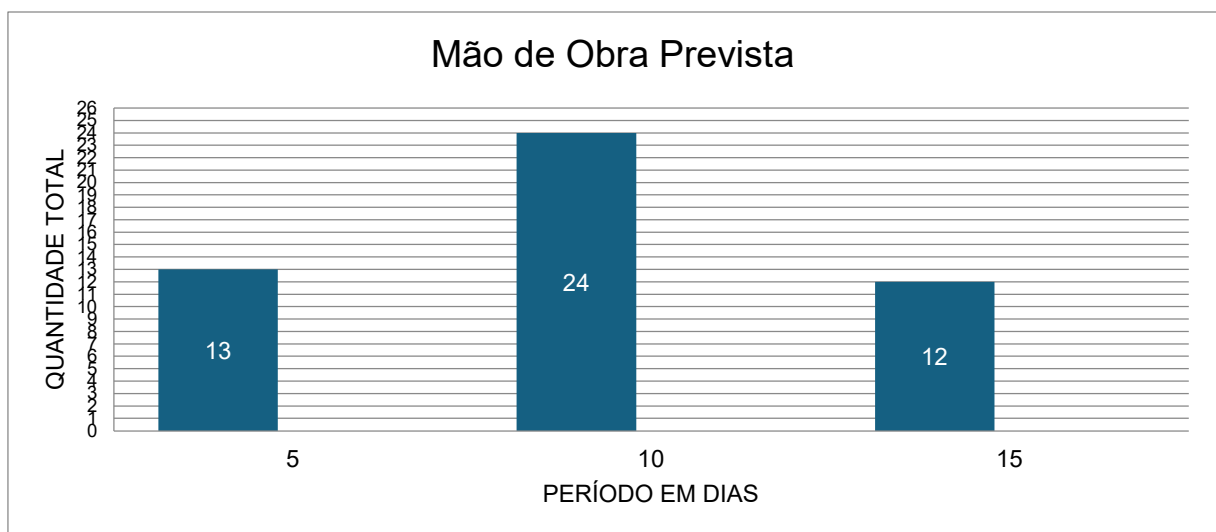


Fonte: O autor (2024).

5.1.5 Quadro Geral de Mão de Obra

Por fim, indica-se abaixo o total semanal de Mão de Obra para a execução do projeto.

Gráfico 3 – Histograma de Mão de Obra.



Fonte: O autor (2024).

Para tal fim, foram consideradas as seguintes quantidades de mão de obra.

Tabela 2 – Distribuição de Mão de Obra por cargo.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	PREV	PERÍODO		
		REAL	5	10	15
1	PEDREIRO	PREV	0	1	1
		REAL			
2	SERVENTE	PREV	1	3	3
		REAL			
3	ARMADOR	PREV	0	2	2
		REAL			
4	AJUDANTE DE ARMADOR	PREV	0	1	1
		REAL			
5	CARPINTEIRO	PREV	0	4	4
		REAL			
6	AJUDANTE DE CARPINTEIRO	PREV	0	1	1
		REAL			
7	MONTADOR DE ESTRUTURA METÁLICA	PREV	4	4	0
		REAL			
8	SOLDADOR	PREV	4	4	0
		REAL			
9	AJUDANTE DE ESTRUTURA METÁLICA	PREV	2	2	0
		REAL			
10	PINTOR	PREV	2	2	0
		REAL			
TOTAL DE COLABORADORES		PREV	13	24	12
		REAL	0	0	0

Fonte: O autor (2024).

Ao total, devem ser alocados para execução das tarefas as seguintes equipes:

- 1 Pedreiro;
- 3 Serventes;
- 2 Armadores;
- 1 Ajudante de Armador;
- 4 Carpinteiros;
- 1 Ajudante de Carpinteiro;
- 4 Montadores de Estrutura Metálica;
- 4 Soldadores;
- 2 Ajudantes de Estrutura Metálica;
- 2 Pintores.

5.2 MÉTODO CONSTRUTIVO EM CONCRETO ARMADO

5.2.1 Orçamento

É apresentado na Tabela 6 na Tabela 7, presentes no Anexo D, o orçamento considerando a Superestrutura em Concreto Armado após a coleta dos dados fornecidos do projeto estrutural. Contemplando a estimativa de custos da obra, teve seu valor total encontrado em R\$234.446,16 (duzentos e trinta e quatro mil, quatrocentos e quarenta e seis reais e dezesseis centavos).

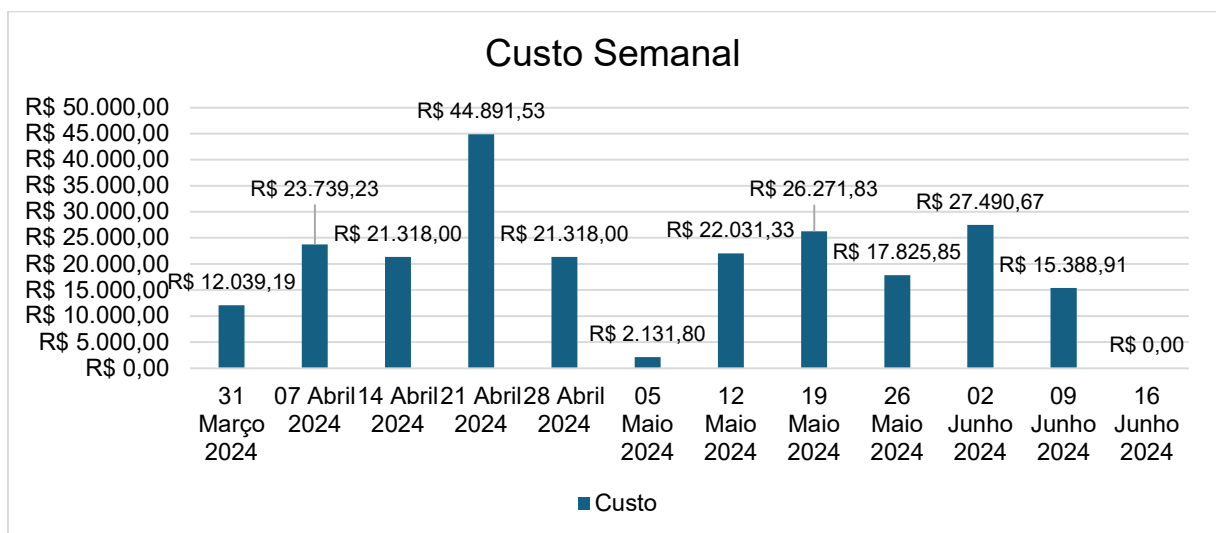
5.2.2 Cronograma Físico-Financeiro

É demonstrado na Tabela 8, presente no Anexo D, e na Tabela 9, presente no Anexo E, o Cronograma Físico e Financeiro da obra, indicando as durações das tarefas e seus custos atribuídos. Indica-se que para a execução total das tarefas levantadas no orçamento supracitado, será necessário o total de 60 dias úteis.

5.2.3 Histograma de Custos

Abaixo, o custo total semanal atrelado as tarefas a serem executadas indicadas pelo orçamento e pelo cronograma físico-financeiro.

Gráfico 4 – Histograma de Custos por semana.

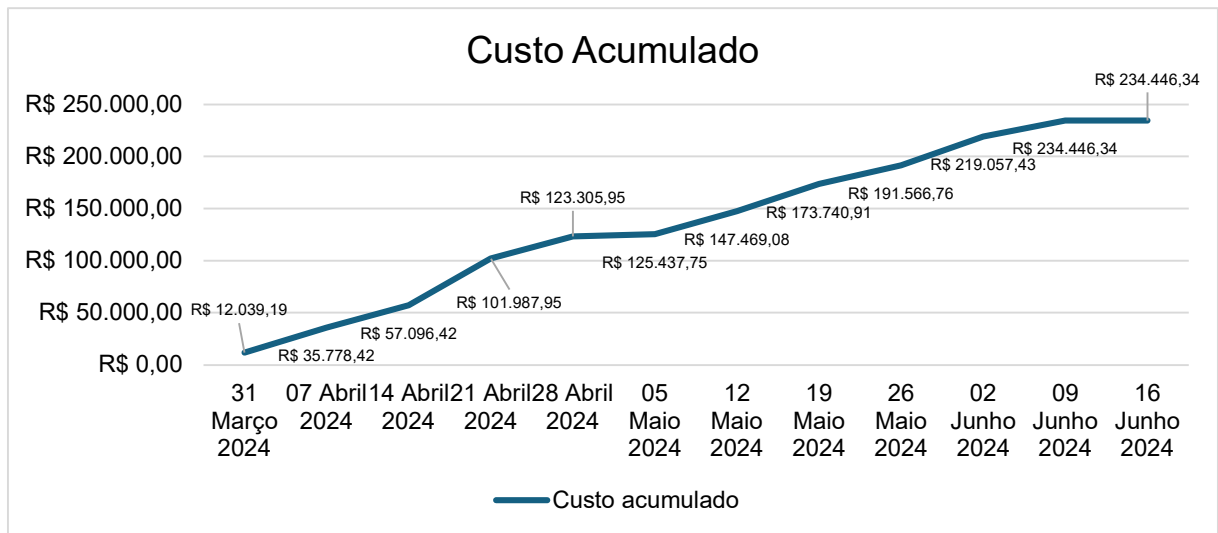


Fonte: O autor (2024).

5.2.4 Curva “S” de Custos

Em seguida, o avanço dos custos acumulados por semana das tarefas a serem executadas indicadas pelo orçamento e pelo cronograma físico-financeiro.

Gráfico 5 – Curva “S” de Custos por semana.

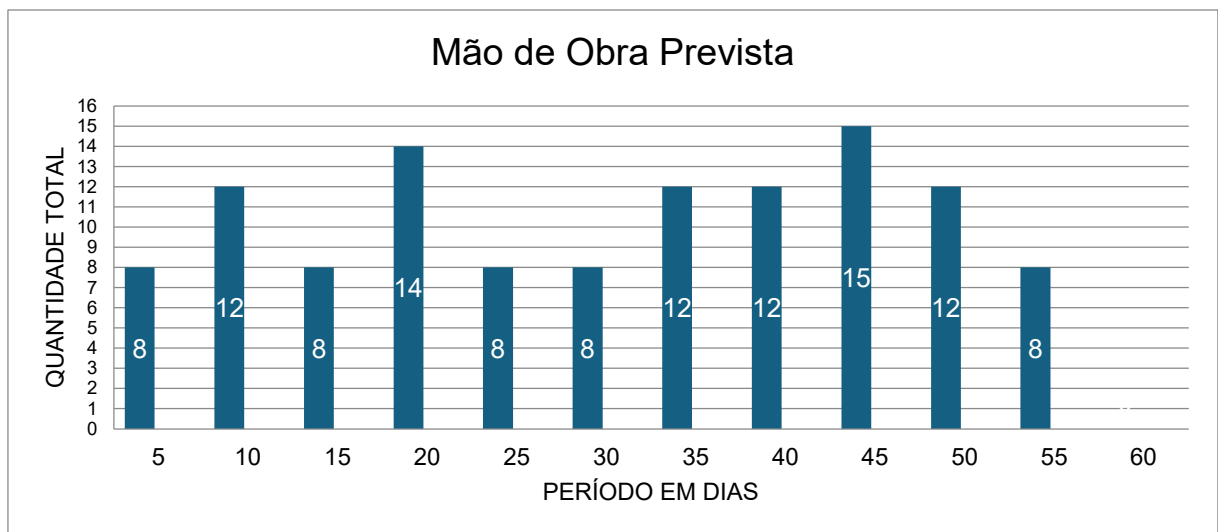


Fonte: O autor (2024).

5.2.5 Quadro Geral de Mão De Obra

Por fim, indica-se abaixo o total semanal de Mão de Obra para a execução do projeto.

Gráfico 6 – Histograma de Mão de Obra.



Fonte: O autor (2024).

Para tal fim, foram consideradas as seguintes quantidades de mão de obra.

Tabela 3 – Distribuição de Mão de Obra.

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	PREV	PERÍODO											
		REAL	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1	PEDREIRO	PREV	1	0	0	3	0	0	1	1	2	2	0	0
		REAL												
2	SERVENTE	PREV	1	0	0	3	0	0	3	3	2	2	0	0
		REAL												
3	ARMADOR	PREV	2	3	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0
		REAL												
4	AJUDANTE DE ARMADOR	PREV	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
		REAL												
5	CARPINTEIRO	PREV	2	6	6	6	6	6	4	4	6	6	6	0
		REAL												
6	AJUDANTE DE CARPINTEIRO	PREV	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	0
		REAL												
TOTAL DE COLABORADORES		PREV	8	12	8	14	8	8	12	12	15	12	8	0
		REAL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: O autor (2024).

Ao total, devem ser alocados para execução das tarefas as seguintes equipes:

- 3 Pedreiros;
- 3 Serventes de Pedreiro;
- 3 Armadores;
- 1 Ajudante de Armador;
- 6 Carpinteiros;
- 2 Serventes de Carpinteiro.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1 QUANTO AOS CUSTOS DIRETOS

Foi apurado que o Custo Direto para realização do método construtivo em Estrutura Metálica foi de R\$293.531,29 (duzentos e noventa e três mil, quinhentos e trinta e um reais e vinte e nove centavos), enquanto o em Estrutura em Concreto Armado foi de R\$234.446,16 (duzentos e trinta e quatro mil, quatrocentos e quarenta e seis reais e dezesseis centavos).

6.2 QUANTO AO TEMPO DE EXECUÇÃO

Foi apurado que o Custo Direto para realização do método construtivo em Estrutura Metálica foi de 13 dias úteis, enquanto o em Estrutura em Concreto Armado foi de 60 dias úteis.

6.3 QUANTO AO APORTE DE RECURSOS

Enquanto na Estrutura de Concreto Armado o maior aporte deve ser feito na sexta semana no valor de R\$44.891,53 (quarenta e quatro mil, oitocentos e noventa e um reais e cinquenta e três centavos), na Estrutura Metálica, o aporte inicial tem sua média de R\$129.616,22 (cento e vinte e nove mil, seiscentos e dezesseis reais e vinte e dois centavos) nas duas primeiras semanas, alcançando R\$135.416,26 (cento e trinta e cinco mil, quatrocentos e dezesseis reais e vinte e seis centavos) na segunda semana.

6.4 QUANTO AOS CUSTOS SOCIAIS

Conforme estimativa de Mão de Obra para execução dos dois métodos construtivos, tem-se conforme Convenção Coletiva de Trabalho do Sindicato da Indústria da Construção do Estado do Pará (SINDUSCON/PA) os seguintes custos indiretos atrelados:

6.4.1 Participação nos Lucros:

- Para Estrutura Metálica (13 dias úteis): R\$54,16 (cinquenta e quatro reais e dezesseis centavos) para até 1 mês sem ausência para 24 colaboradores = R\$768,08 (setecentos e sessenta e oito reais e oito centavos);
- Para Estrutura em Concreto Armado (60 dias úteis): R\$ 108,37 (oitenta e um reais e trinta centavos para até 3 meses sem ausência para 18 Colaboradores = R\$5.319,98 (cinco mil, trezentos e dezenove reais e noventa e oito centavos);
- OBS¹: considerou-se que nenhum colaborador será demitido após a finalização do projeto;
- OBS²: considerou-se 22 dias úteis no mês.

6.4.2 Auxílio-Alimentação:

- Para Estrutura Metálica (13 dias úteis): R\$22,00 (vinte e dois reais) para desjejum e almoço para 24 colaboradores = R\$6.864,00 (seis mil, oitocentos e sessenta e quatro reais);
- Para Estrutura em Concreto Armado (60 dias úteis): R\$22,00 00 (vinte e dois reais) para desjejum e almoço para 18 Colaboradores = R\$23.760,00 (vinte e três mil e setecentos e sessenta reais);
- OBS: considerou-se o custo para fornecimento das alimentações por parte da empresa.

6.4.3 Auxílio Cesta Básica:

- Para Estrutura Metálica (13 dias úteis): R\$100,00 (cem reais) para 24 colaboradores = R\$1.418,18 (um mil, quatrocentos e dezoito reais e quarenta e dezoito centavos);
- Para Estrutura em Concreto Armado (60 dias úteis): R\$100,00 (cem reais) para 18 Colaboradores = R\$4.909,09 (quatro mil, novecentos e nove reais e nove centavos);
- OBS²: considerou-se 22 dias úteis no mês.

6.4.4 Auxílio Transporte:

- Para Estrutura Metálica (13 dias úteis): R\$8,00 (oito reais) para passagem de ida e volta diária para 24 colaboradores = R\$2.496,00 (dois mil e quatrocentos e noventa e seis reais);
- Para Estrutura em Concreto Armado (60 dias úteis): R\$8,00 (oito reais) para passagem de ida e volta diária para 18 Colaboradores = R\$8.640,00 (oito mil e seiscentos e quarenta reais);
- OBS: considerou-se Tarifa Atual do Sistema de Transporte Público da Cidade de Belém no valor de R\$4,00 (quatro reais) por passagem.

6.4.5 Total De Custos Indiretos:

- Para Estrutura Metálica: R\$11.546,26 (onze mil, quinhentos e quarenta e seis reais e vinte e seis centavos).
- Para Estrutura em Concreto Armado: R\$42.629,07 (quarenta e dois mil, seiscentos e vinte e nove reais e sete centavos).

6.5 RETORNO FINANCEIRO POR LOCAÇÃO DO ESPAÇO CONSTRUÍDO

Para estudar quanto o espaço construído gerará de retorno em termos de locação, fica definido, de acordo com o 24º Censo Imobiliário do 1º Trimestre de 2024, fornecido pelo SINDUSCON-PA, que o valor por metro quadrado do imóvel é em média R\$ 6.001,00/m² (seis mil e um reais) para a região a qual está locada (Umarizal – *Cluster* 02). Deste modo, o valor do imóvel locável, considerando 401,22m² de área construída, ficará fixado em R\$2.407.721,22 (dois milhões, quatrocentos e sete mil, setecentos e vinte e um reais e vinte e dois centavos).

Considerando adicionalmente a taxa acima, tem-se uma prática comum no mercado imobiliário que é de fixar o valor do aluguel mensal por metro quadrado entre 0,5% e 0,8% ao valor do imóvel. Portanto, pode-se prever que o valor de locação do imóvel em questão é de R\$19.261,77/mês (dezenove mil, duzentos e sessenta e um reais e setenta e sete centavos).

Em vista disso e levando em consideração o *gap* temporal entre a Estrutura em Concreto Armado e a Estrutura Metálica é de 47 dias úteis (considerando-se 2 meses), tem-se:

- R\$19.261,77/mês x 2 meses = R\$38.523,54 (trinta e oito mil, quinhentos e cinquenta e três reais e cinquenta e quatro centavos).

6.6 CUSTOS INDIRETOS

Definido os valores dos orçamentos das duas modalidades, bem como os prazos de execução, é imprescindível determinar a taxa das despesas indiretas a ser aplicada sobre a obra, com o intuito de compor as despesas totais de cada projeto.

Tomando como base o ACÓRDÃO 2622/2013 do Tribunal de Contas da União (TCU), para o tipo de obra a ser executada (Construção de Edifícios), pode-se definir os seguintes percentuais médios para os itens que compõe a Composição de BDI. Abaixo, os mesmos:

- **AC (Administração Central): 4,00%;**
- **S (Seguro) + G (Garantias): 0,80%;**
- **R (Riscos): 1,27%;**
- **DF (Despesas Financeiras): 1,23%;**
- **L (Lucro): 7,40%;**
- **T (Tributos) – para Folha de Pagamento não Desonerada: 8,65%**
(sendo: PIS: 0,65% + CONFINS: 3,00% + ISS: 5,00%).

Por fim, utilizando-se da Fórmula de BDI definida pelo TCU e apresentada abaixo, se define a taxa de BDI do projeto:

$$BDI = \frac{(1 + (AC + R + S + G)) * (1 + DF) * (1 + L)}{(1 - T)} - 1$$

(1.1)

$$BDI = \frac{(1 + (4\% + 1,27\% + 0,80\%)) * (1 + 1,23\%) * (1 + 7,40\%)}{(1 - 8,65\%)} - 1 = 26,24\%$$

Finalmente, tendo em mãos a taxa de 26,24% de BDI, é imperativo determinar o Custo Indireto de cada modelo construtivo.

Para a Estrutura Metálica, fixa-se o valor de R\$77.023,08 (setenta e sete mil, vinte e três reais e oito centavos). Para a Estrutura em Concreto Armado, fixa-se o valor de R\$61.519,05 (sessenta e um mil, quinhentos e dezenove reais e cinco centavos).

6.7 CONSTRUÇÃO ENXUTA

A discussão sobre os princípios do *Lean Construction* pode ser aprofundada ao considerar como eles impactam as diferentes estruturas, como a metálica e a de concreto armado. O objetivo do *Lean Construction* é eliminar desperdícios de materiais, mão de obra e tempo, buscando otimizar os processos de construção.

Quando se observa a Estrutura Metálica, a utilização de materiais tende a ser mais eficiente, pois a fabricação de componentes metálicos, como perfis e painéis, geralmente ocorre fora do canteiro de obras. Isso resulta em menos desperdício, pois as peças são produzidas de acordo com as necessidades exatas do projeto, com um maior controle de qualidade, o que reduz a necessidade de ajustes e retrabalhos. Além disso, os elementos pré-fabricados contribuem para a redução do tempo de construção, um dos princípios fundamentais do *Lean Construction*.

Por outro lado, a construção com concreto armado envolve um maior uso de materiais temporários, como as fôrmas de madeira, que são necessárias para moldar pilares e vigas. Esses materiais, além de representarem um custo adicional, geram um desperdício maior, pois são frequentemente descartados após o uso. Abaixo, uma lista de materiais utilizados para este fim:

- Compensado Resinado 2200 x 1100 x 17mm: 439,50m²;
- Sarrafo 2,5 x 7,5cm: 2.702,90m;
- Pontaleta 7,5 x 7,5cm: 829,60m.

Em contrapartida, não há aplicação de peças de madeira diversas na Estrutura Metálica para etapas de produção diferentes (Pilares e Vigas). Apenas no serviço de Laje pré-moldada há igualdade nos consumos.

Deste modo, é importante ressaltar que no caso da estrutura em Concreto Armado, a utilização de materiais temporários como compensados, sarrafos e pontaletes, somados ao processo de desforma, gera uma quantidade significativa de entulho, cerca de 15,55m³ em resíduos. Isso pode resultar em maior impacto ambiental, aumento nos custos de descarte e demanda por maior mão de obra para a execução dessas tarefas. Esse consumo de materiais e a geração de resíduos são atividades

que não agregam valor diretamente à superestrutura, mas são essenciais para a execução da obra, contrariando o princípio do *Lean Construction* de eliminar desperdícios.

7. CONCLUSÕES

Dessa forma, é possível validar as diferenças entre os dois sistemas construtivos, tanto no aspecto financeiro quanto na eficiência estrutural. Considerando as características da edificação, que inclui o pavimento térreo e superior, bem como as condições do solo, a escolha de uma fundação rasa se justifica, uma vez que as características do solo são favoráveis. Assim, a infraestrutura torna-se comum aos dois métodos, apresentando semelhanças significativas em termos de materiais utilizados, custo produtivo e tempo de execução. Por essa razão, a infraestrutura não será discutida no âmbito desta análise.

No que se refere ao custo-benefício, observou-se que, de maneira geral, a Estrutura em Concreto Armado resultou em uma economia de R\$59.085,13 (cinquenta e nove mil, oitenta e cinco reais e treze centavos) em relação à Estrutura Metálica, conforme indicado nos itens 5.1.1 e 5.2.1. Em resumo, conclui-se que, inicialmente, a Estrutura em Concreto Armado, mesmo levando em consideração o custo de todas as atividades, os diversos materiais e sistemas estruturais, é mais barata em 20,13% do que a Estrutura Metálica. Esse percentual difere do estudo de Schimidt (2014), que indicou uma economia de 37,67% em favor da Estrutura em Concreto Armado. Essa pequena diferença pode ser atribuída à utilização de lajes distintas entre os dois modelos estudados — laje convencional na estrutura de concreto armado e *steel deck* na estrutura metálica — além da maior popularização do aço na construção civil ao longo dos dez anos que se passaram desde a realização do estudo mencionado.

O cronograma, demonstrado nos itens 5.1.2 e 5.2.2, confirmou que as atividades da Estrutura Metálica são desenvolvidas de maneira mais ágil. A finalização da estrutura ocorre em aproximadamente 13 dias úteis, o que representa uma economia de 47 dias em comparação com a Estrutura em Concreto Armado, resultando em 78,33% de economia no tempo de execução das etapas de Superestrutura. Quando comparado ao estudo de Schimidt (2014), que encontrou uma diferença de 38,02% em favor da Estrutura Metálica, é possível inferir que a diferença reside nas variações nos índices

de produtividade foram atualizadas após uma década, outras tarefas relevantes para a conclusão do projeto, como o Tempo de Cura para Pilares e Vigas de concreto, além da utilização de guindastes para o içamento rápido das peças de aço.

Em relação ao aporte de recursos por parte da construtora, é evidente que o método que utiliza Concreto Armado exige um investimento menor do que aquele que utiliza Estrutura Metálica. A maior necessidade de aporte para uma Estrutura de Concreto Armado, no valor de R\$44.891,53 (quarenta e quatro mil, oitocentos e noventa e um reais e cinquenta e três centavos) na quarta semana, é 66,85% inferior à maior necessidade de aporte para a Estrutura Metálica, que foi de R\$135.416,26 (cento e trinta e cinco mil, quatrocentos e dezesseis reais e vinte e seis centavos) na segunda semana, conforme demonstrado nos Quadros 3, 4, 9 e 10.

Os custos sociais associados à Estrutura Metálica são 72,91% menores, totalizando R\$31.082,81 (trinta e um mil, oitenta e dois reais e oitenta e um centavos), em comparação com os custos da Estrutura de Concreto Armado.

Conforme as análises detalhadas no item 5.3.5, destaca-se que o empreendimento, ao ser considerado um projeto comercial, permite que as salas contidas nele sejam alugáveis imediatamente após a entrega final da obra. Isso pode gerar uma receita de até R\$38.523,54 (trinta e oito mil, quinhentos e cinquenta e três reais e cinquenta e quatro centavos), o que corresponde a 13,12% do valor total do custo da Estrutura Metálica. Assim, esse dado pode ser considerado como uma redução de custo, diminuindo a diferença entre os dois modelos para R\$20.561,59 (vinte mil, quinhentos e cinquenta e um reais e cinquenta e nove centavos), ou 8,06% ainda em favor da estrutura em Concreto Armado. Essa aproximação se alinha aos dados verificados por Schmidt (2014), que apontou um retorno financeiro de 9,98%. A discrepância pode residir na diferenciação do valor por metro quadrado dos imóveis entre as duas cidades analisadas.

Finalmente, com o valor ajustado da Estrutura Metálica em R\$255.007,75 (duzentos e cinquenta e cinco mil, sete reais e setenta e cinco centavos), bem como os Custos Indiretos da Estrutura de Aço totalizam R\$77.023,08 (setenta e sete mil, vinte e três reais e oito centavos), e os da Estrutura em Concreto Armado somam R\$61.519,05

(sessenta e um mil, quinhentos e dezenove reais e cinco centavos), é possível determinar o valor total do projeto.

A Estrutura Metálica, ao final, apresenta um custo total de R\$332.030,83 (trezentos e trinta e dois mil, trinta reais e oitenta e três centavos). Por outro lado, a Estrutura em Concreto Armado resulta em um custo de R\$295.965,21 (duzentos e noventa e cinco mil, novecentos e sessenta e cinco reais e vinte e um centavos). Assim, a diferença a favor da Estrutura em Concreto Armado é de R\$36.065,62 (trinta e seis mil, sessenta e cinco reais e sessenta e dois centavos), o que representa uma economia de 10,86% em comparação com a Estrutura Metálica.

Portanto, em termos de Custos Diretos e Indiretos da obra, de maneira quantitativa, a Estrutura em Concreto Armado é recomendada para esta edificação específica. Todavia, é importante ressaltar que as vantagens construtivas da Estrutura Metálica se tornam mais evidentes quando se considera a aplicação do *Lean Construction*. A menor variabilidade das peças estruturais, maior eficiência tanto na utilização de materiais quanto na gestão da mão de obra, ao reduzir atividades com baixo valor agregado e minimizar a produção de resíduos no canteiro de obras, a diminuição da emissão de poluentes e a maior rapidez na construção são resultados em uma obra mais limpa, ágil e econômica, alinhada aos princípios de redução de desperdício e otimização dos processos de construção, em contraste com o processo de manufatura da estrutura em Concreto Armado, que se caracteriza por uma alta variabilidade nos resultados das construções, significativa produção de entulho, altas emissões de poluentes e maior tempo de execução.

A filosofia *Just-in-Time* se torna mais evidente na Estrutura Metálica, cuja fluidez de trabalho é mais precisa, padronizada e limpa. Um exemplo disso é a etapa das Lajes, que pode ser realizada imediatamente após a conclusão das Vigas Estruturais. No caso do Concreto Armado, é necessário aguardar um considerável Tempo de Cura do Concreto, além de realizar a desforma das peças e esperar o tempo de retirada das escoras. Existe também a possibilidade de atrasos na concretagem devido a condições climáticas adversas e à qualidade das madeiras utilizadas nas fôrmas.

Em suma, a entrega de um produto de qualidade é significativamente mais visível e garantida na Estrutura Metálica e sua relação custo-benefício é majorada desta forma.

É importante ressaltar a carência de estudos acadêmicos que analisem orçamentos e realizem comparativos de estruturas de forma mais abrangente, bem como o fato de que o custo do aço no Brasil ainda é muito superior ao de outros países. O orçamento é uma das etapas mais desafiadoras da engenharia, e novos estudos nessa área seriam extremamente valiosos, tanto para o conhecimento público quanto para o mercado privado.

8. REFERÊNCIAS

BENZOR. **Estruturas metálicas x estruturas de concreto armado**. Benzor Engenharia. Disponível em: <https://blog.benzor.com.br/engenharia/estruturas-metalicas-x-estruturas-de-concreto-armado/>. Acesso em: 10 nov. 2024.

CARVALHO, Roberto Chust. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado segundo a NBR 6118: 2014**. 4. ed. São Carlos: Edufscar, 2014.

GIONGO, S. J. **Concreto armado: projeto estrutural de edifícios**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Estruturas, 2005.

KRONA. **Lajes, vigas e pilares: diferenças e características**. Disponível em: <https://www.krona.com.br/blog/lajes-vigas-e-pilares-diferencas-e-caracteristicas/>. Acesso em: 23 jun. 2024.

MARTINO, Giovana. **O que é e como funciona o concreto armado?** ArchDaily Brasil, 15 fev. 2022. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/975732/o-que-e-e-como-funciona-o-concreto-armado>. Acesso em: 29 mar. 2024. ISSN 0719-8906.

METALRIO. **Estrutura metálica: quais vantagens e desvantagens para sua construção**. Disponível em: <https://metalrio.com.br/2018/12/estrutura-metalicaquais-vantagens-e-desvantagens-para-sua-construcao>. Acesso em: 23 jun. 2024.

NASCIMENTO, Primeiro-Tenente (EN) Rafael Nunes Lins do. **Cronograma físico-financeiro**. Revista Obras Civis, n. 4, p. 46-48, dez. 2012.

PEREIRA, Caio. **Custos diretos e indiretos: o que são e como determiná-los**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em:

<https://www.escolaengenharia.com.br/custos-diretos-e-indiretos/>. Acesso em: 29 out. 2024.

PEREIRA, Caio. **Estrutura metálica: processo executivo, vantagens e desvantagens**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/estrutura-metalica/>. Acesso em: 28 abr. 2024.

QUEIROZ, Gílson. **Elementos das estruturas mistas aço-concreto**. Belo Horizonte: Editora O Lutador, 2001.

ROCHA, Anderson Moreira da. **Curso prático de concreto armado**. São Paulo: Editora Nobel, 1985. Volume 1.

SCHIMIT, Leonardo Cordeiro. **Comparativo orçamentário dos sistemas construtivos em estruturas metálicas versus estruturas convencionais em edifícios de pequeno porte**. 2014. Disponível em: <https://repositorio.ucb.br:9443/jspui/handle/10869/4679>. Acesso em: 29 out. 2024.

SINDUSCON-PA. **24º Censo imobiliário do 1º trimestre de 2024**. 18 jun. 2024. Documento em PDF.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Acórdão 2622/2013**. 25 set. 2013. Disponível em: <https://contas.tcu.gov.br/sagas/SvIVisualizarReIVotoAcRtf?codFiltro=SAGAS-SESSAO-ENCERRADA&seOcultaPagina=S&item0=483578>. Acesso em: 29 out. 2024.

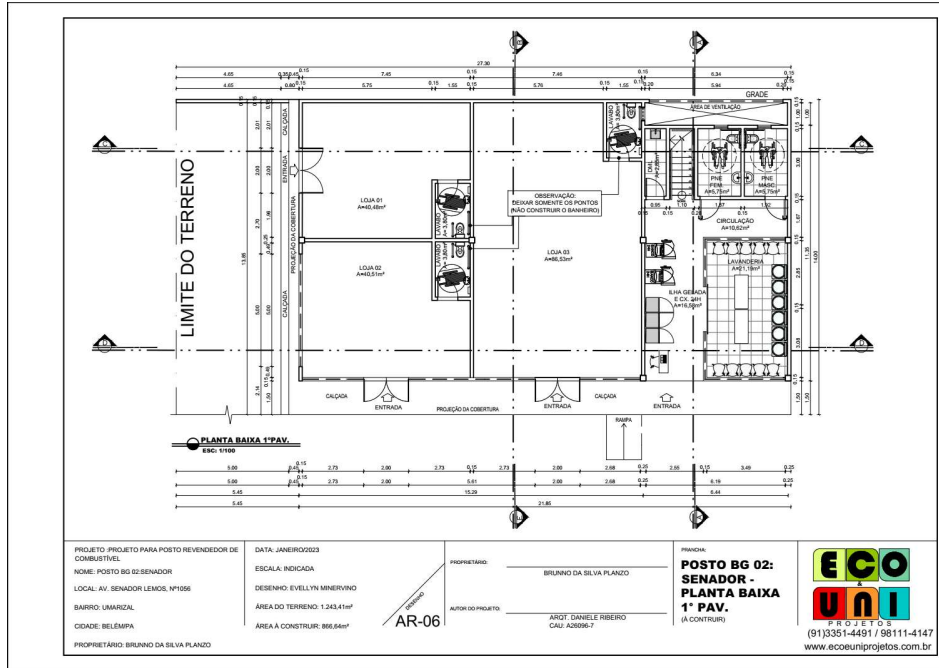
FUJIMOTO, T. **The evolution of a manufacturing system at Toyota**. New York: Orford University Press, 1999.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Center for Integrated Facility Engineering – CIFE, Stanford University, Stanford – EUA, Technical Report n. 72, 1992.

PINHO, Fernando Ottoboni. **Manual de construção em aço**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2008.

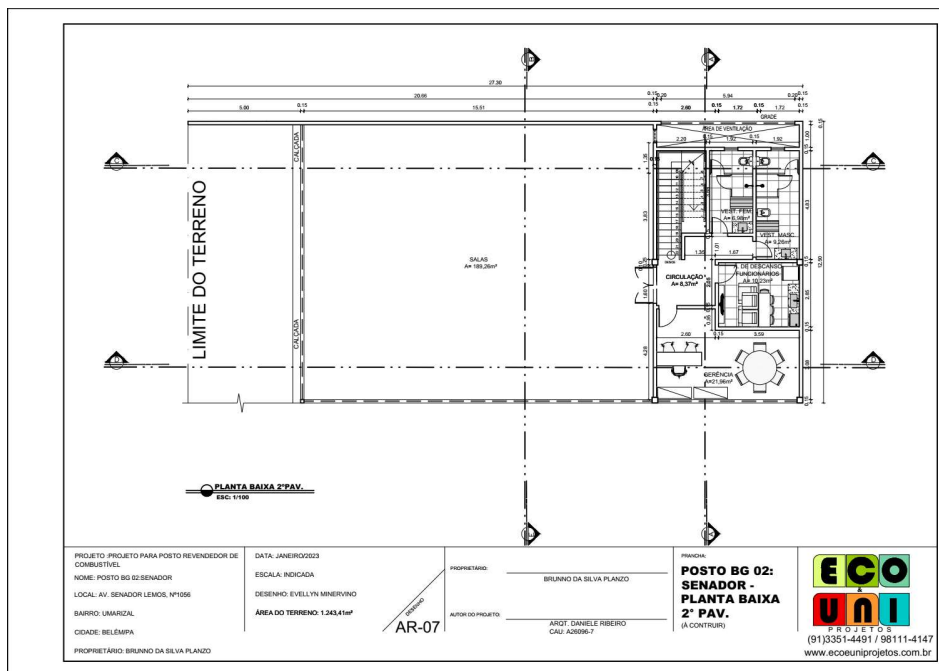
Anexo A – Projetos Arquitetônicos

Figura 1 – Projeto Arquitetônico do 1º Pavimento.



Fonte: Eco&Uni Projetos (2023).

Figura 2 – Projeto Arquitetônico do 2º Pavimento.



Fonte: Eco&Uni Projetos (2023).

Anexo B – Planilha Orçamentária da Estrutura Metálica

Tabela 4 – Planilha Orçamentária da Infraestrutura Metálica.

POSTO DE GASOLINA PIT STOP LTDA (BG 02)
CNPJ: 07.864.785/0002-70

Obra

CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÃO DE APOIO AO POSTO EM ESTRUTURA METÁLICA_SINAPI_REV01

Bancos

SINAPI - 03/2024 - Pará
SBC - 03/2024 - Pará
SEDOP - 02/2024 - Pará

Encargos Sociais

Não
Desonerado: embutido nos preços unitário dos insumos de mão de obra, de acordo com as bases.

Orçamento Sintético							
Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
1			SUPERESTRUTURA		1		293.921,70
1.1			PILAR		1		35.627,56
1.1.1	100766	SINAPI	PILAR METÁLICO PERFIL LAMINADO OU SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL, COM CONEXÕES SOLDADAS, INCLUSOS MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_PA	KG	2370,43	15,03	35.627,56
1.2			VIGA		1		214.231,56
1.2.1	100764	SINAPI	VIGA METÁLICA EM PERFIL LAMINADO OU SOLDADO EM AÇO ESTRUTURAL, COM CONEXÕES SOLDADAS, INCLUSOS MÃO DE OBRA, TRANSPORTE E IÇAMENTO UTILIZANDO GUINDASTE - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO. AF_01/2020_PA	KG	13803,58	15,52	214.231,56
1.3			LAJE		1		44.062,58
1.3.1	101963	SINAPI	LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, PARA PISO, ENCHIMENTO EM CERÂMICA, VIGOTA CONVENCIONAL, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (8+4). AF_11/2020_PA	m²	230,67	191,02	44.062,58
Total Geral							293.921,70

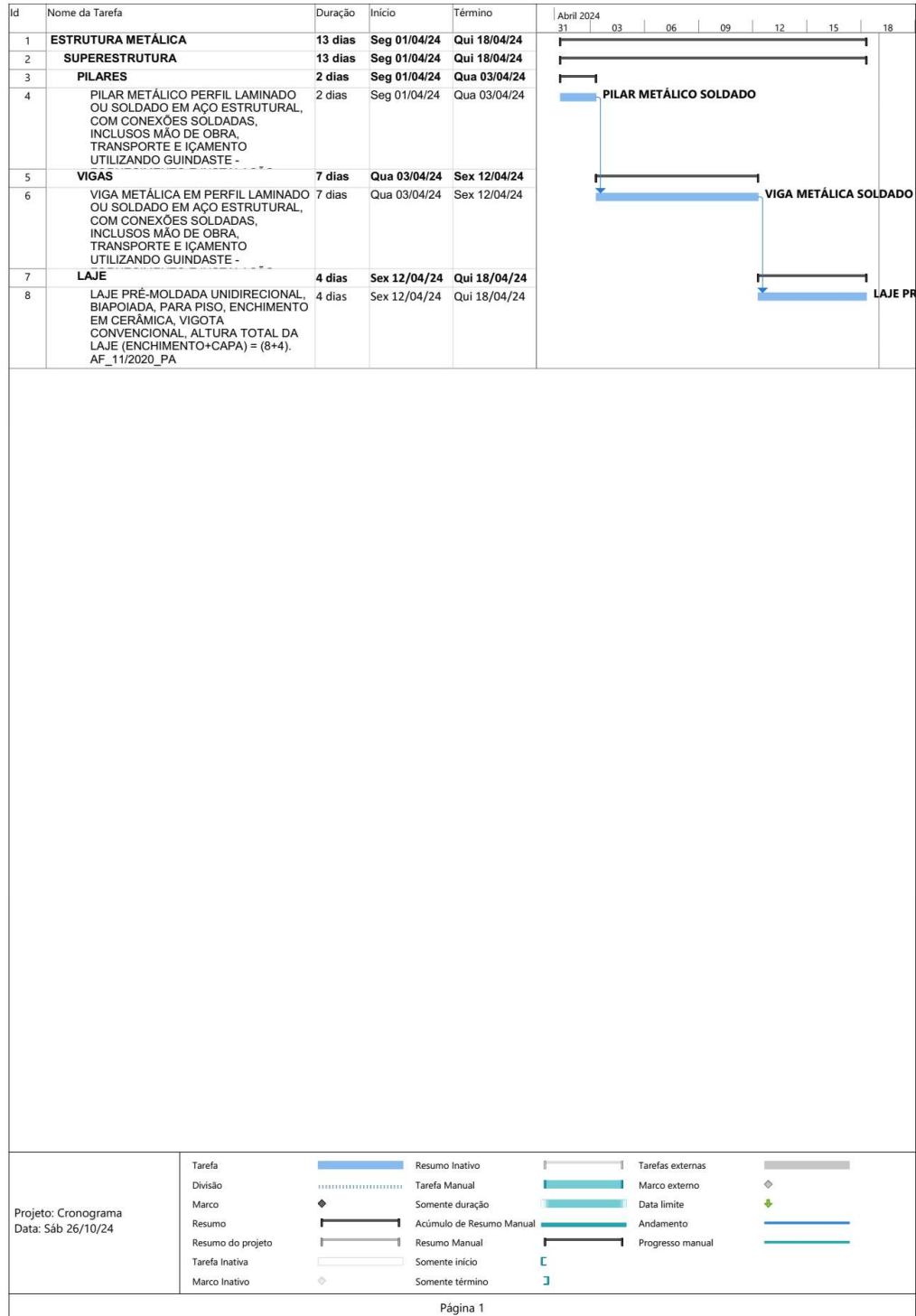
Matheus Normandes

Avenida Senador Lemos, 1056A - Umarizal - Belém / PA

Fonte: O autor (2024).

Anexo C – Cronograma da Estrutura Metálica

Tabela 5 – Cronograma da Infraestrutura Metálica.



Fonte: O autor (2024).

Anexo D - Planilha Orçamentária do Concreto Armado

Tabela 6 – Planilha Orçamentária da Infraestrutura em Concreto Armado – Parte 1.

POSTO DE GASOLINA PIT STOP LTDA (BG 02)
CNPJ: 07.864.785/0002-70

Obra	Bancos	Encargos Sociais
CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÃO DE APOIO AO POSTO EM ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO - SINAPI_REV01	SINAPI - 03/2024 - Pará SBC - 03/2024 - Pará SEDOF - 02/2024 - Pará	Não Desonerado: embutido nos preços unitário dos insumos de mão de obra, de acordo com as bases.

Orçamento Sintético							
Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
1			SUPERESTRUTURA		1		234.446,16
1.1			PILARES		1		22.270,54
1.1.1	92415	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	61,86	146,42	9.057,54
1.1.2	92760	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	90	12,95	1.165,50
1.1.3	92761	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	39	12,12	472,68
1.1.4	92762	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	100	10,81	1.081,00
1.1.5	92763	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	154	9,10	1.401,40
1.1.6	92764	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	680	8,80	5.984,00
1.1.7	92759	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	36	13,80	496,80

Avenida Senador Lemos, 1056A - Umarizal - Belém / PA

Fonte: O autor (2024).

Tabela 7 – Planilha Orçamentária da Infraestrutura em Concreto Armado – Parte 2.

POSTO DE GASOLINA PIT STOP LTDA (BG 02)
CNPJ: 07.864.785/0002-70

1.1.8	103672	SINAPI	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	m³	3,12	837,06	2.611,62
1.2			VIGAS		1		168.113,04
1.2.1	92452	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	556,59	189,59	105.523,89
1.2.2	92762	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	1141	10,81	12.334,21
1.2.3	92763	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	231	9,10	2.102,10
1.2.4	92764	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	341	8,80	3.000,80
1.2.5	92765	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 20,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	315	9,98	3.143,70
1.2.6	92766	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 25,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	127	9,86	1.252,22
1.2.7	92759	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	391	13,80	5.395,80
1.2.8	103674	SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	m³	41,25	857,22	35.360,32
1.3			LAJE		1		44.062,58
1.3.1	101963	SINAPI	LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, PARA PISO, ENCHIMENTO EM CERÂMICA, VIGOTA CONVENCIONAL, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (8+4). AF_11/2020_PA	m²	230,67	191,02	44.062,58
Total Geral							234.446,16

Matheus Normandes

Avenida Senador Lemos, 1056A - Umarizal - Belém / PA

Fonte: O autor (2024).

Anexo E – Cronograma do Concreto Armado

Tabela 8 – Cronograma da Infraestrutura em Concreto Armado – Parte 1.

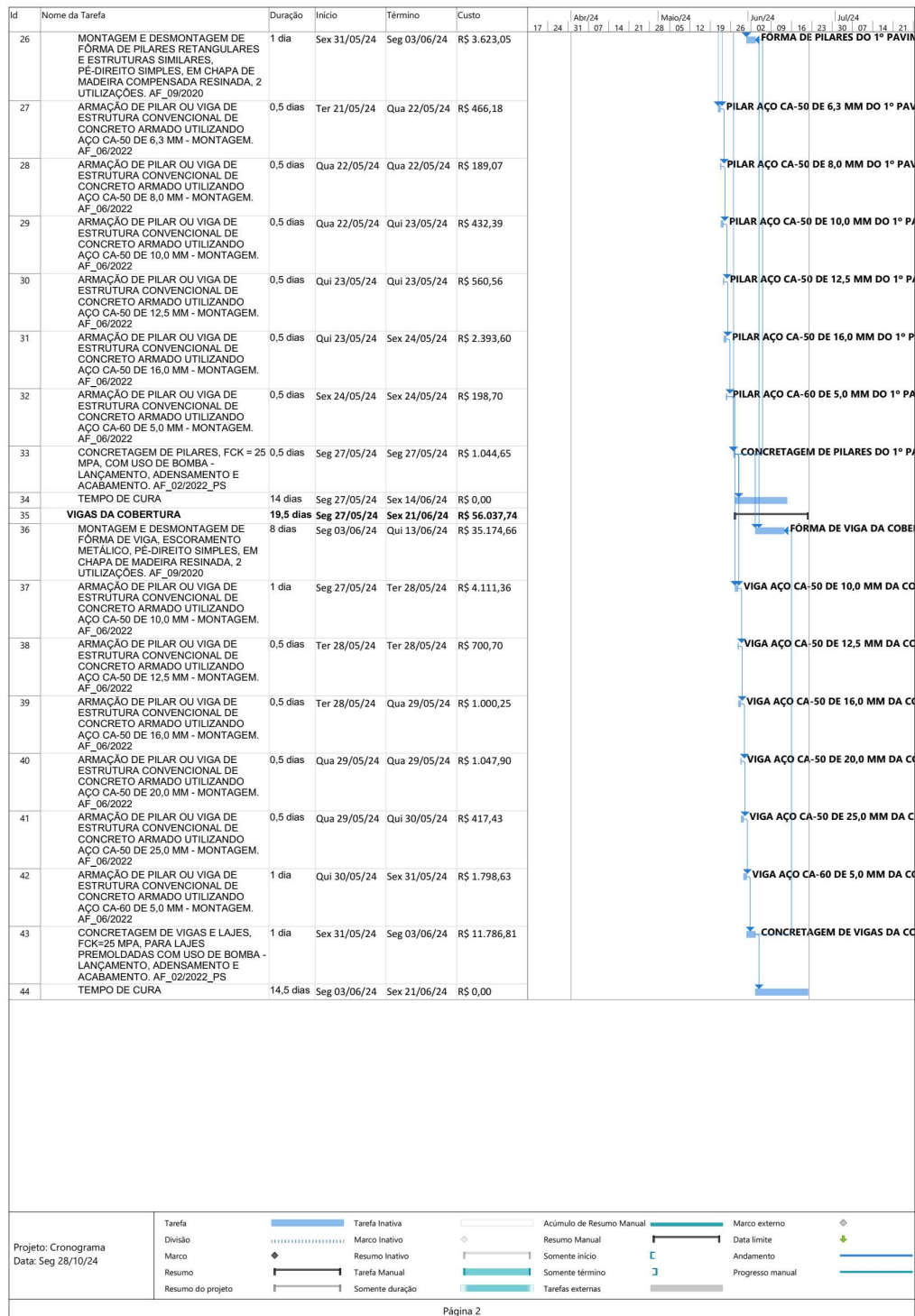
Id	Nome da Tarefa	Duração	Início	Término	Custo	Gantt Chart											
						Abr/24			Maio/24			Jun/24			Jul/24		
1	CONCRETO ARMADO	60 dias	Seg 01/04/24	Sex 21/06/24	R\$ 234.446,34	[Gantt bar for CONCRETO ARMADO]											
2	SUPERESTRUTURA	60 dias	Seg 01/04/24	Sex 21/06/24	R\$ 234.446,34	[Gantt bar for SUPERESTRUTURA]											
3	PILARES DO TÉRREO	18 dias	Seg 01/04/24	Qua 24/04/24	R\$ 13.362,27	[Gantt bar for PILARES DO TÉRREO]											
4	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	2,5 dias	Ter 09/04/24	Qui 11/04/24	R\$ 5.434,44	[Gantt bar for FÔRMA DE PILARES DO TÉRREO]											
5	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	0,5 dias	Seg 01/04/24	Seg 01/04/24	R\$ 699,29	[Gantt bar for PILAR AÇO CA-50 DE 6,3 MM DO TÉRREO]											
6	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	0,5 dias	Seg 01/04/24	Seg 01/04/24	R\$ 283,62	[Gantt bar for PILAR AÇO CA-50 DE 8,0 MM DO TÉRREO]											
7	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	0,5 dias	Seg 01/04/24	Ter 02/04/24	R\$ 648,60	[Gantt bar for PILAR AÇO CA-50 DE 10,0 MM DO TÉRREO]											
8	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	0,5 dias	Ter 02/04/24	Ter 02/04/24	R\$ 840,84	[Gantt bar for PILAR AÇO CA-50 DE 12,5 MM DO TÉRREO]											
9	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	1 dia	Ter 02/04/24	Qua 03/04/24	R\$ 3.590,40	[Gantt bar for PILAR AÇO CA-50 DE 16,0 MM DO TÉRREO]											
10	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	0,5 dias	Qua 03/04/24	Qui 04/04/24	R\$ 298,10	[Gantt bar for PILAR AÇO CA-60 DE 5,0 MM DO TÉRREO]											
11	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	0,5 dias	Qui 04/04/24	Qui 04/04/24	R\$ 1.566,97	[Gantt bar for CONCRETAGEM DE PILARES DO TÉRREO]											
12	TEMPO DE CURA	14 dias	Qui 04/04/24	Qua 24/04/24	R\$ 0,00	[Gantt bar for TEMPO DE CURA]											
13	VIGAS DO PRIMEIRO PAVIMENTO	29 dias	Qui 04/04/24	Qua 15/05/24	R\$ 112.075,48	[Gantt bar for VIGAS DO PRIMEIRO PAVIMENTO]											
14	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO METÁLICO, PE-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA RESINADA, 2 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	16,5 dias	Qui 11/04/24	Seg 06/05/24	R\$ 70.349,40	[Gantt bar for FÔRMA DE VIGA DO 1º PAVIMENTO]											
15	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	2 dias	Qui 04/04/24	Seg 08/04/24	R\$ 8.222,72	[Gantt bar for VIGA AÇO CA-50 DE 10,0 MM DO 1º PAVIMENTO]											
16	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	0,5 dias	Seg 08/04/24	Ter 09/04/24	R\$ 1.401,40	[Gantt bar for VIGA AÇO CA-50 DE 12,5 MM DO 1º PAVIMENTO]											
17	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	0,5 dias	Ter 09/04/24	Ter 09/04/24	R\$ 2.000,55	[Gantt bar for VIGA AÇO CA-50 DE 16,0 MM DO 1º PAVIMENTO]											
18	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 20,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	0,5 dias	Ter 09/04/24	Qua 10/04/24	R\$ 2.095,81	[Gantt bar for VIGA AÇO CA-50 DE 20,0 MM DO 1º PAVIMENTO]											
19	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 25,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	0,5 dias	Qua 10/04/24	Qua 10/04/24	R\$ 834,81	[Gantt bar for VIGA AÇO CA-50 DE 25,0 MM DO 1º PAVIMENTO]											
20	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	1,5 dias	Qua 10/04/24	Sex 12/04/24	R\$ 3.597,26	[Gantt bar for VIGA AÇO CA-60 DE 5,0 MM DO 1º PAVIMENTO]											
21	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES PREMOLDADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	1 dia	Qua 24/04/24	Qui 25/04/24	R\$ 23.573,53	[Gantt bar for CONCRETAGEM DE VIGAS DO 1º PAVIMENTO]											
22	TEMPO DE CURA	14 dias	Qui 25/04/24	Qua 15/05/24	R\$ 0,00	[Gantt bar for TEMPO DE CURA]											
23	LAJE DO PRIMEIRO PAVIMENTO	4 dias	Qua 15/05/24	Ter 21/05/24	R\$ 44.062,66	[Gantt bar for LAJE DO PRIMEIRO PAVIMENTO]											
24	LAJE PRÉ-MOLDADA UNIDIRECIONAL, BIAPOIADA, PARA PISO, ENCHIMENTO EM CERÂMICA, VIGOTA CONVENCIONAL, ALTURA TOTAL DA LAJE (ENCHIMENTO+CAPA) = (8+4). AF_11/2020_PA	4 dias	Qua 15/05/24	Ter 21/05/24	R\$ 44.062,66	[Gantt bar for LAJE PRÉ-MOLDADA]											
25	PILARES DO PRIMEIRO PAVIMENTO	17,5 dias	Ter 21/05/24	Sex 14/06/24	R\$ 8.908,20	[Gantt bar for PILARES DO PRIMEIRO PAVIMENTO]											

Projeto: Cronograma Data: Seg 28/10/24	Tarefa	[Barra azul]	Tarefa Inativa	[Barra cinza]	Acúmulo de Resumo Manual	[Barra verde]	Marco externo	[Círculo verde]
	Divisão	[Barra pontilhada]	Marco Inativo	[Círculo cinza]	Resumo Manual	[Barra preta]	Data limite	[Círculo verde]
	Marco	[Círculo azul]	Resumo Inativo	[Barra cinza]	Somente início	[Barra preta]	Andamento	[Barra verde]
	Resumo	[Barra azul]	Tarefa Manual	[Barra verde]	Somente término	[Barra preta]	Progresso manual	[Barra verde]
	Resumo do projeto	[Barra azul]	Somente duração	[Barra verde]	Tarefas externas	[Barra preta]		

Página 1

Fonte: O autor (2024).

Tabela 9 – Cronograma da Infraestrutura em Concreto Armado – Parte 2.



Fonte: O autor (2024).