INSTITUTO FEDERAL
Goiano
Campus Rio Verde

ENGENHARIA CIVIL

ESTUDO DE CASO: COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE PROJETOS ESTRUTURAIS E ANÁLISE DO SEU IMPACTO NO ORÇAMENTO FINAL DA OBRA.

NATALIA MARQUES DE FREITAS BORBA

Rio Verde – GO

2020

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE

ENGENHARIA CIVL

ESTUDO DE CASO: COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE PROJETOS ESTRUTURAIS E ANÁLISE DO SEU IMPACTO NO ORÇAMENTO FINAL DA OBRA

NATALIA MARQUES DE FREITAS BORBA

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como Requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Marcel Willian R. Sales
Coorientador: Prof. Mateus Souza Santos

Rio Verde – GO
Janeiro, 2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

BB726e

BORBA, Natalia Marques de Freitas
Estudo de caso: Comparativo de custos entre projetos estruturais e análise do seu impacto no orçamento final da obra / Natalia Marques de Freitas BORBA;orientador Marcel Willian Reis SALES; co-orientador Mateus Souza SANTOS. -- Rio Verde, 2020.
43 p.

Monografia (em Engenharia Civil) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

1. Concepção estrutural. 2. Estrutura de concreto. 3. Viabilidade financeira. I. SALES, Marcel Willian Reis, orient. II. SANTOS, Mateus Souza, co-orient. III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376

NATALIA MARQUES DE FREITAS BORBA

ESTUDO DE CASO: COMPARATIVO ENTRE PROJETOS ESTRUTURAIS E ANÁLISE DO SEU IMPACTO NO ORÇAMENTO FINAL DA OBRA

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 30 de janeiro de 2020, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

Prof. Denner Ferreira Costa

Diego Borja Ferreira

Marcel Willian Reis Sales

Rio Verde, GO

Janeiro, 2020.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida, e por tudo que hoje é motivo de agradecimento.

Eterna gratidão aos meus pais, cuja luta diária e silenciosa me permitiu estar aqui. Não é possível mensurar minha alegria em tê-los como pai e mãe. O que sou e me tornei é reflexo do amor e educação que me foram transmitidos com tanta dedicação e entrega.

Agradeço aos meus irmãos, cujo apoio foi e sempre será essencial em minha vida. Aos meus tios Mauro Borba, Juarez, e Genésio, pelos conselhos e suporte durante todo o período de graduação. As minhas madrinhas Lamara e Manu, por acalmar meu coração nos momentos de aflição e angústia. A todos os familiares que torceram, acreditaram e me incentivaram na busca desse sonho. A Rosilda, por tantas vezes me lembrar que estar em paz é sempre a melhor opção.

Aos meus amigos de Itumbiara e demais cidades, que driblaram a distância para se fazer presentes, independente do dia e horário. Adrienny, Carol Santos, Luana Vieira e Mari Lelis, obrigada por tudo!

Aos amigos de Rio Verde, presentes da Engenharia para a vida, com os quais vivi, vivo e espero viver muitos momentos de aprendizado e alegria. Aninha, Duda, Karla, Karol, Mayda, Peterson, Selmi e Sabrina, vocês têm um lugar especial em meu coração.

Aos meus professores, que muitas vezes trocaram a lição de casa por uma lição de vida. Agradeço em especial a Bruna Campos, Bruna Eloi, Marcia Puydinger e Michell Macedo, vocês ultrapassaram os limites das salas de aula e ficarão gravados na memória e no coração.

A todos os colegas com os quais convivi direta ou indiretamente durante esse período de graduação e que, de alguma forma contribuíram com o meu crescimento. Ao meu coorientador Mateus Souza e orientador Marcel Sales, por todo apoio, atenção e sensibilidade durante a elaboração desse trabalho de conclusão de curso.

Aos meus superiores e colegas de trabalho no estágio, Yara Sousa, Pedro Henrique, Leonardo, Zilsenil, Cristina e Gilmar, por toda paciência e companheirismo para comigo. Meu estágio não poderia ter sido melhor, pois aprendi com pessoas pelas quais tenho grande consideração, respeito, e admiração, isso não tem preço.

Meu obrigada especial a Bella, por tudo. A Adeliane, por ser um ser humano exemplo de companheirismo e estar sempre, sempre presente. A Eva, que chegou durante o inverno e esperou a primavera chegar. E, por fim, a Raiza, cujas palavras não são suficientes para expressar minha gratidão.

A Deus, mais uma vez, obrigada!

RESUMO

BORBA, Natalia Marques de Freitas. **Estudo de caso: comparativo de custos entre projetos estruturais e análise do seu impacto no orçamento final da obra.** 2020. 43 p. Monografia (Curso de Bacharelado em Engenharia Civil). Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2020.

O orçamento é uma ferramenta de suma importância na verificação da viabilidade financeira de um empreendimento, através do qual é possível avaliar se os métodos construtivos adotados estão compatíveis com os recursos disponíveis para a execução do empreendimento. Visto que a concepção estrutural está diretamente relacionada ao custo de execução, esse trabalho propõe analisar o impacto de dois projetos de estruturas de concreto armado, ambos concebidos no software Eberick, no orçamento final de uma edificação residencial. Com a elaboração de planilhas orçamentárias e elementos gráficos, realizou-se comparativos de custo dos projetos com o orçamento da obra por meio dos quais é possível concluir que a concepção estrutural adotada no ato do projeto apresenta grande impacto financeiro na execução de obras, podendo elevar os custos e causar prejuízos as empresas.

Palavras chave: concepção estrutural, estrutura de concreto, viabilidade financeira.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 7

2 REVISÃO DE LITERATURA 8

2.1 Planejamento e Gerenciamento de Projetos 8

2.2 Orçamento de Obras 8

2.2.1 Tipos de orçamentos 9

2.3 Estrutura de Concreto Armado 11

2.3.1 Fundações 13

2.3.2 Vigas 14

2.3.2 Pilares 15

2.3.2 Lajes 16

2.4 Estrutura de Concreto Armado no Orçamento 17

2.4.1 Aços para armadura 17

2.4.2 Concreto 18

2.4.3 Fôrma 18

3 MATERIAL E MÉTODOS 20

3.1 Análise da Obra 20

3.2 Orçamento dos Projetos Estruturais 20

3.3 Estimativa de Consumo de Materiais 22

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 23

5 CONCLUSÃO 32

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 33

ANEXOS... 35

1 INTRODUÇÃO

Orçamentos, de modo geral, estão presentes nas rotinas administrativas de empresas dos diversos ramos da economia. A fim de verificar a viabilidade financeira dos negócios e realizar seu controle de custos, pequenos e grandes empresários prezam pela realização de orçamentos eficientes e precisos.

No ramo da construção civil não é diferente, construtoras, incorporadoras e profissionais autônomos dedicam-se a elaborar orçamentos cada vez mais detalhados para garantir que a execução de obras se mantenha dentro dos valores de venda estabelecidos, atingindo a margem de lucro almejada e garantindo a competitividade de mercado.

No estudo de caso em análise, sem dispor dos projetos complementares para execução de um orçamento detalhado, a construtora realizou um orçamento preliminar para execução de uma edificação residencial. Fundação, superestrutura, infraestrutura hidráulica e elétrica, alvenaria e reboco são as atividades inclusas no contrato entre a construtora e o cliente. Por motivos internos, no ato da execução, a construtora dispôs de dois projetos de estrutura em concreto armado, ambos realizados com auxílio do software Eberick, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014).

Nesse contexto, tem-se o objetivo geral de analisar o impacto financeiro da execução de cada projeto no orçamento da obra. Para isso, de modo específico, faz-se necessário o levantamento de quantitativos dos principais materiais de construção que são utilizados na execução das estacas, blocos de fundação, pilares e vigas (aço, concreto e forma) e posterior elaboração de orçamento detalhado de cada projeto.

Os orçamentos serão realizados utilizando a tabela SINAPI de composição analítica 2019/11. Por meio deles é possível verificar qual projeto apresenta-se mais compatível com o orçamento real da edificação e analisar o impacto da fundação e da superestrutura no orçamento da obra.

Diversos autores apresentam metodologias para estimar o consumo de aço e concreto dos projetos estruturais. Por meio desses métodos, será possível analisar quão próximo esse consumo está do orçamento elaborado e dos valores de projeto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Planejamento e Gerenciamento de Projetos

Segundo Vargas (2003), projeto é todo empreendimento composto por uma sequência lógica de atividades, com início, meio e fim, conduzido por profissionais qualificados em um cenário de tempo e custo conhecidos.

Com base nesse conceito, é possível fazer uma analogia entre a execução de obras e o gerenciamento de projetos, pois o planejamento de obras civis consiste em um processo de organização da execução composto pela programação das atividades ao longo do tempo e controle de custos, ambos realizados por uma equipe técnica habilitada.

Vargas (2003) define como projeto bem-sucedido aquele que foi concluído dentro do tempo e orçamento previstos; utilizou os recursos de forma eficiente; atingiu a qualidade e desempenho esperados e foi finalizado com o menor número de alterações possíveis.

González (2008) afirma que, para uma conjuntura nacional de juros elevados, é fundamental um gerenciamento financeiro do empreendimento, a fim de compatibilizar as receitas e despesas e, dessa forma, garantir a viabilidade financeira do projeto.

Portanto, pode-se afirmar que o controle de custos é uma atividade crucial para garantir que um projeto seja executado com eficiência e atinja todos os requisitos listados acima.

2.2 Orçamento de Obras

No setor da construção civil, uma obra consiste em atividade econômica e, portanto, seu custo é um fator crucial de análise. O profissional responsável pela execução de uma obra, antes de qualquer coisa, irá estimar qual será seu custo, final e por etapas, a fim de atribuir um valor de venda (MATTOS, 2006).

Para González (2008), uma visão tradicional de orçamento é a estimativa do custo ou preço de uma obra, onde custo é o somatório de todos os gastos necessários a execução e preço é definido pelo acréscimo da margem de lucro ao custo. Mattos (2006), reafirma essa ideia, definindo orçamento como um somatório dos custos diretos e indiretos, acrescidos de taxas de impostos e lucros para definir o valor final de venda.

Em construtoras e empresas de obras civis, o preço de venda é determinado aplicando-se o BDI ao custo direto da obra.

De acordo com González (2008), os custos diretos são custos mensuráveis e englobam desde a mobilização e desmobilização do canteiro de obra até as atividades envolvidas no

projeto executivo e que são descritas na planilha de quantitativos do orçamento. Por sua vez, BDI – Benefícios e Despesas Indiretas é um fator percentual composto pelos benefícios (B), onde inclui lucros e pró-labore dos diretores, e pelas despesas indiretas (DI), por meio da qual se contabiliza gastos administrativos da empresa (custo da sede, mobiliário, energia elétrica, telefonia, segurança, limpeza e manutenção, funcionários técnicos e administrativos, veículos, etc.) e impostos.

O projeto arquitetônico e os projetos complementares de uma construção civil contribuem significativamente na definição de custos e, por isso, os profissionais envolvidos na concepção do projeto devem colaborar para um bom desempenho técnico financeiro da edificação. Através da Figura 1 é possível observar o impacto do planejamento e dessa concepção nos custos de uma obra (GONZALEZ, 2008).

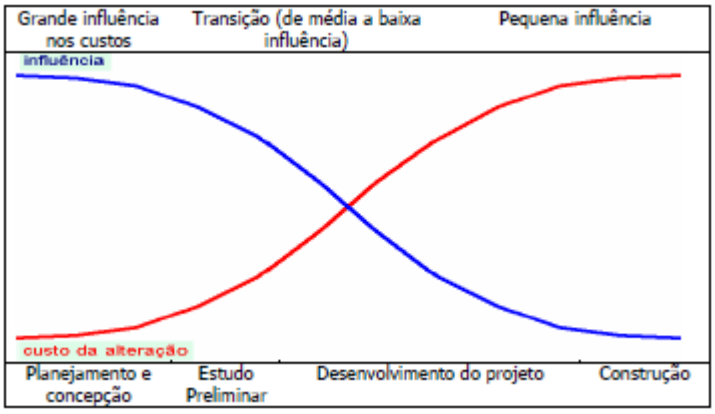


Figura 1 - Relação entre custo e possibilidade de influência no processo do projeto.
Fonte: González (2008).

2.2.1 Tipos de orçamentos

Tendo em vista as definições estabelecidas para orçamentos, pode-se entender que ele é composto por especificações, as quais interferem diretamente na prática e realização da obra, sendo, portanto, de fundamental importância.

Para Xavier (2008), os orçamentos podem ser classificados em estimativa de custo, orçamento preliminar e orçamento analítico ou detalhado. Eles diferem entre si pelo nível de precisão na determinação do preço de venda.

O orçamento classificado como estimativa de custos refere-se a um método de avaliação de custos de baixa precisão, levando em consideração o preço total da construção, obtido através da multiplicação da área total da construção pelo custo da unidade em metros quadrados,

podendo assim detalhar para cada etapa um custo por metro quadrado provável, baseados em índices da construção civil (XAVIER, 2008).

A Tabela 1 apresenta um percentual de custos de cada etapa de uma construção, através das quais é possível estimar os valores de cada etapa.

Tabela 1: Índices dos custos de construção (%)

Projetos e aprovações	5% a 12%
Serviços preliminares	2% a 4%
Fundações	3% a 7%
Estrutura	14% a 22%
Alvenaria	2% a 5%
Cobertura	4% a 8%
Instalações hidráulicas	7% a 11%
Instalações elétricas	5% a 7%
Impermeabilização / isolamento térmico	2% a 4%
Esquadrias	4% a 10%
Revestimentos / acabamentos	15% a 23%

Fonte: (Xavier, 2008).

Na execução de orçamentos dessa modalidade, muitas empresas recorrem ao CUB – Custo Unitário Básico. O CUB – Custo Unitário Básico é o custo por metro quadrado de construção do projeto de acordo com o padrão considerado, calculado pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil de cada estado, obedecendo aos critérios estabelecidos na NBR 12721 (ABNT, 2005).

González (2008) afirma que, além do CUB, também são utilizados indicadores do Sistema Nacional de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI e da Fundação Getúlio Vargas, e valores de custos médios publicados pela editora Pini na revista Construção e Mercado. Além desses indicadores, as construtoras também podem utilizar valores obtidos de obras anteriores com padrões semelhantes.

Segundo Xavier (2008), no orçamento preliminar, muito comum entre as construtoras, realiza-se um levantamento de quantitativos e atribuição de custos a determinadas atividades com base em alguns indicadores utilizados para essa finalidade. Essa modalidade apresenta uma precisão maior que o orçamento realizado por estimativa. Em muitos casos, ocorre de a construtora gerar indicadores próprios, através dos quais elabora-se os orçamentos.

O Orçamento Detalhado ou Analítico refere-se a um método com maior precisão, considerando aquisição de materiais, contratação de mão de obra, administração e a definição

do BDI de forma a abranger todas as etapas do empreendimento. Para isso, o profissional responsável pela execução do orçamento deverá ser habilitado a:

- Elaboração e entendimento do projeto (Plantas baixas, cortes, memoriais, detalhes construtivos);
- Determinar o quantitativo de todos os serviços;
- Determinar os cálculos dos preços unitários;
- Realizar a composição de preços referente aos materiais e mão de obra;
- Determinar o BDI que será utilizado;
- Execução da planilha de vendas.

2.3 Estrutura de Concreto Armado

Segundo Giongo (2007), define-se como concreto armado um material que se adapta a qualquer forma estrutural, refletindo de forma positiva nas inúmeras arquiteturas.

Bastos (2019), conceitua-o como um material composto por concreto e armadura. Tendo em vista que o concreto é um material de alta resistência aos esforços de compressão e baixa resistência a tração, faz-se necessário a atribuição de um material com alta resistência a tração, a fim de tornar a estrutura resistente aos esforços de tração e compressão atuantes. A este material composto, dá-se o nome de "concreto armado", onde as tensões de tração são absorvidas pelas barras da armadura e as tensões de compressão são absorvidas pelo concreto, podendo ser auxiliado também pelas barras de aço, como no caso de pilares.

A Figura 2 ilustra o comportamento de duas vigas executadas de forma diferente, recebendo uma determinada carga. Essas estruturas são de concreto simples e concreto armado, respectivamente. Pode-se observar que a primeira estrutura, desprovida de armadura, não resiste aos esforços e se rompe bruscamente, enquanto a segunda apresenta sinais (fissuras), provenientes dos esforços atuantes na estrutura e não sofre ruptura drástica.

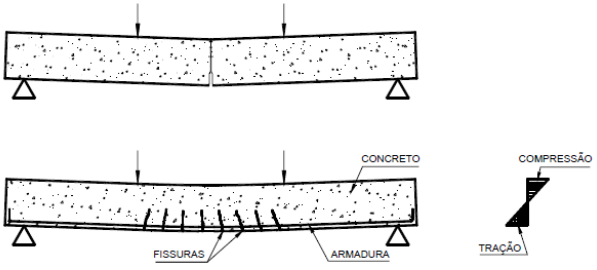


Figura 2 - Vigas de concreto simples e armado.
Fonte: Bastos (2019)

Conforme Bastos (2016) apresenta, uma estrutura é composta pela superestrutura e pela subestrutura. Através da Figura 3, podemos observar que a subestrutura, ou fundação, é a parcela responsável por transmitir ao solo todos os esforços atuantes na edificação e a superestrutura, composta por pilares, vigas e lajes compõem a edificação e transmitem seus esforços a subestrutura.

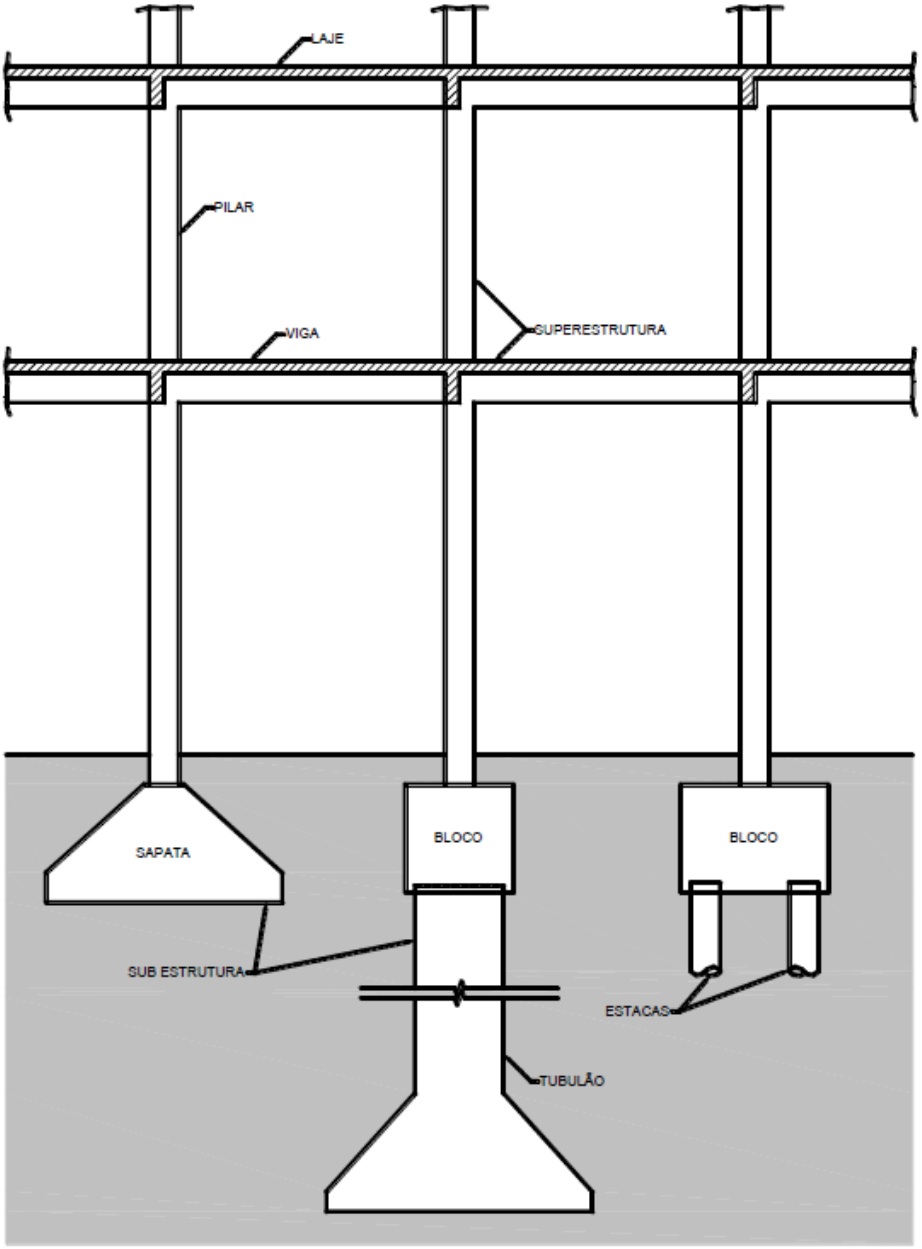


Figura 3 - Esquema explicativo da subestrutura e superestrutura.
Fonte: Bastos (2016).

Ainda segundo Bastos (2019), lajes, vigas e pilares, compõem, juntos, uma estrutura responsável por garantir a estabilidade local do edifício mediante às ações solicitantes verticais e horizontais.

Deve-se lembrar que a norma que regulamenta as estruturas de concreto é a NBR 6118 (ABNT, 2014), a qual estabelece os pontos básicos exigíveis de um projeto de estruturas, sendo elas de concreto simples, armado ou protendido, com exceção daquelas que se empregam concreto leve, pesado ou outros especiais.

2.3.1 Fundações

De acordo com Bastos (2016), a fundação é um conjunto de elementos estruturais, geralmente construídos abaixo do nível final do terreno, por meio dos quais as ações atuantes na edificação são transmitidas ao solo.

As fundações, usualmente são classificadas em profundas e superficiais (ou diretas) e para decidir entre elas, o projetista baseia-se principalmente nas características do solo obtidas por meio da investigação geotécnica e nas características e cargas da edificação fornecidas pelo projeto estrutural de lajes, vigas e pilares (Carvalho & Pinheiro, 2009).

Os principais tipos de fundações apresentados pela NBR 6122 (ABNT, 1996) são:

- Superficiais: sapatas, blocos, radiers, sapata associadas, vigas de fundação e sapatas corridas.
- Profundas: blocos sobre estacas, tubulões e caixões.

Nesse estudo, em ambos projetos se adotou fundação profunda do tipo bloco sobre estacas. Segundo o item 22.7 da NBR 6118 (ABNT, 2014): “Blocos são estruturas de volume usadas para transmitir às estacas e aos tubulões as cargas de fundação...”.

Os blocos podem ser dimensionados com diferentes números de estacas, de acordo com a capacidade da estaca e das características do solo onde a edificação será executada. Em edificações de até dois pavimentos, é comum observar o emprego de blocos sobre 1 ou 2 estacas. Conforme o porte da edificação aumenta, surge a necessidade de blocos com 3, 4 ou mais estacas (BASTOS, 2017). A seguir, a Figura 4 apresenta um trecho da planta de locação do projeto 2, por meio do qual podemos visualizar o emprego de blocos com diferentes dimensões e números de estacas.

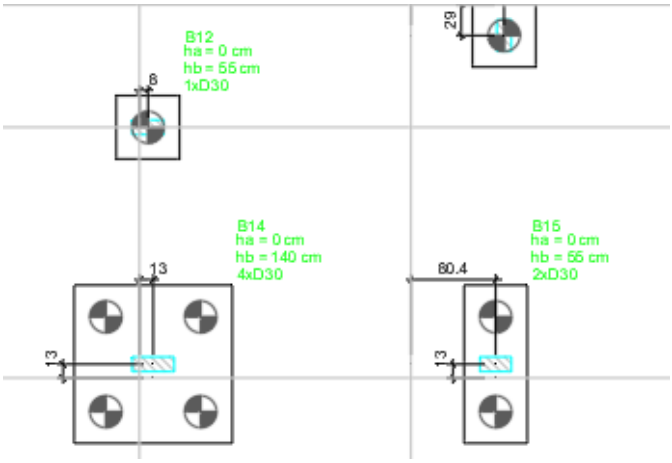


Figura 4 - Blocos sobre estacas
Fonte: Autor (2020)

2.3.2 Vigas

No item 14.4.1.1 a NBR 6118 (ABNT, 2014) define que vigas são "elementos lineares em que a flexão é preponderante". Em elementos lineares, o comprimento longitudinal é superior, pelo menos 3 vezes, que a maior dimensão da seção transversal.

Bastos (2019), explica que as vigas têm a função básica de vencer vãos e transmitir as cargas provenientes das lajes para as estruturas em que se apoiam, geralmente pilares. A Figura 5 ilustra vigas transferindo as cargas de lajes maciças e treliçadas aos pilares da estrutura.

Figura 5 - Vigas retas, curvas e de seção variável.
Fonte: Autor (2020)

Com relação as dimensões, engenheiros e arquitetos buscam, sempre que possível, que a largura das vigas coincida com a espessura dos tijolos ou demais elementos de vedação, a fim de garantir um acabamento uniforme, sem requadros na estrutura. Por sua vez, a altura da seção é influenciada principalmente pelo vão a ser vencido, carregamentos atuantes e resistência do concreto, devendo ser dimensionada para proporcionar resistência mecânica e baixa deformação (BASTOS, 2017).

2.3.3 Pilares

De acordo com o item 14.4.1.2 da NBR 6118 (ABNT 2014), pilares são "elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes".

Bastos (2019) afirma que os pilares são os principais elementos que compõem as estruturas de concreto armado devido a sua grande capacidade de resistir aos esforços e garantia de segurança através do contraventamento da estrutura. Assim como no caso das vigas, a menor dimensão dos pilares, sempre que possível, é fixada de acordo com o elemento de vedação a ser utilizado.

A Figura 6 ilustra parte do processo de execução de pilares de concreto. Após armados, estes são envolvidos pela fôrma para a concretagem. Posteriormente, retira-se a fôrma e segue a execução da estrutura com os elementos que se apoiarão neles.

Figura 6 - Pilar de concreto armado.
Fonte: Autor (2020)

2.3.4 Lajes

Segundo Bastos (2019), laje são elementos planos e bidimensionais, cuja principal função é atuar como piso e cobertura nas edificações. Esse elemento recebe as cargas atuantes no edifício, como por exemplo, móveis, pessoas, pisos, paredes e as transferem para as vigas. Normalmente as cargas atuantes nas lajes são separadas em distribuída ao longo da área (peso próprio, contrapiso, revestimento, gesso) e cargas distribuídas linearmente (parede, pilar). Essas cargas normalmente são transferidas para as vigas, mas eventualmente podem ser transmitidas aos pilares.

Atualmente, os tipos de laje mais utilizados são: maciças, nervuradas, lisas e pré-moldadas. Nesse estudo de caso, os projetistas optaram por laje pré-moldada treliçada com EPS e maciça, ilustradas na Figura 7 e Figura 8.

- Lajes maciças: armadas para resistir aos esforços e totalmente preenchida com concreto, essas lajes podem engastar-se totalmente em vigas ou apresentar bordos livres, situação conhecida como laje em balanço. Em construções residenciais de pequeno porte, não tem sido comum a utilização de lajes maciças, pois nesses casos, as lajes nervuradas pré-fabricadas apresentam vantagens financeiras e construtivas (BASTOS, 2019).
- Laje pré-moldada treliçada com EPS: a armadura tem formato de treliça espacial com enchimento em blocos EPS. Devido ao bom comportamento estrutural e facilidade de execução, esse modelo tem sido cada vez mais utilizado em construções residenciais e edifícios de baixa altura (BASTOS, 2019).

Figura 7 - Laje maciça em balanço
Fonte: Autor (2020)

Figura 8 - Laje pré-moldada treliçada
Fonte: Autor (2020)

2.4 Estrutura de Concreto Armado no Orçamento

Para executar uma estrutura de concreto armado simples, aço, concreto e fô9rma são os principais materiais utilizados. Como é definido por Bastos (2019), as armaduras de aço são inseridas dentro das fôrmas que, posteriormente são preenchidas de concreto fresco que envolverá as armaduras e será adensado a fim de eliminar os vazios e constituir os elementos de concreto armado.

O projeto estrutural de concreto armado é composto por planta de locação, plantas de forma e armação dos elementos estruturais, por meio dos quais é possível obter os quantitativos de materiais que constituem o orçamento da estrutura.

De acordo com Cordeiro (2007), dimensões e cotas dos elementos estruturais; resistência característica do concreto (fck), categoria e classe (CA) do aço e quadro-resumo de armaduras são informações cruciais que o orçamentista retirará do projeto estrutural para a elaboração do orçamento.

2.4.1 Aços para armadura

Segundo a NBR 7480 (ABNT, 2007), os aços utilizados em estruturas de concreto armado são classificados em barras e fios. As barras são aços com diâmetro nominal de 6,3 mm

ou superior, obtidos por laminação a quente, já os fios possuem diâmetro nominal de 10 mm ou inferior, obtidos através de fio-máquina por laminação a frio.

De acordo com o valor característico da resistência de escoamento (f_{yk}), as barras de aço são classificadas em categorias, sendo elas CA-25 e CA-50 e os fios classificam na categoria CA-60. Na armação de estruturas, predomina-se a utilização das categorias CA-50 e CA-60.

No orçamento, o quantitativo das armaduras é realizado em kg. Para Mattos (2006) e Xavier (2008), uma maneira de estimar o peso da armação da obra é realizar o produto do volume de concreto pela taxa de aço. Em estruturas com menos de 10 pavimentos, a taxa de aço pode ser estimada na faixa de 83 a 88 kg por m³ de concreto.

Ramos *apud* González (2008) relaciona o peso da armação a metragem da obra. Nessa estimativa, para edificações de até 15 pavimentos, a armadura varia na faixa de 10 a 14 kg/m².

2.4.2 Concreto

De acordo com Pinheiro (2004), o concreto é um material de construção constituído por uma mistura, em proporção adequada, de cimento, agregados e água, cujas principais propriedades mecânicas são alta resistência a compressão e baixa resistência a tração.

Conforme Bastos (2019), no projeto estrutural, o engenheiro de estruturas específica a resistência característica do concreto à compressão, o fck, tomando-o como parâmetro básico no cálculo dos elementos estruturais. Portanto, para a garantia de uma estrutura durável e segura, é necessário atender a resistência especificada em projeto.

O quantitativo de concreto para um orçamento preliminar é realizado em função do volume necessário para preencher os elementos estruturais. Segundo Mattos (2006) e Xavier (2008), na ausência do projeto estrutural no ato do orçamento, é possível estimar o volume de concreto de vigas de respaldo, pilares e laje multiplicando-se a área da edificação por um valor médio de espessura. Em estruturas abaixo de 10 pavimentos, esse valor varia de 12 a 16 cm.

2.4.3 Fôrma

Na construção civil, as fôrmas são confeccionadas para receber o concreto e a armadura dos elementos estruturais. Para Assahi (2005), a fôrma é o único material de construção civil responsável pela geometria e proteção dos elementos estruturais contra impactos, variações térmicas e perca excessiva de água, podendo ser definida como um molde provisório com a

finalidade de garantir a textura e a geometria dos elementos até que estes tenham resistência suficiente para suportar os esforços que a eles serão repassados.

De acordo com Lara (2013), para a montagem de formas, utiliza-se a madeira compensada – material de construção formado pela superposição de lâminas muito finas (+- 1,2 mm de espessura), coladas entre si perpendicularmente. Para as fôrmas de concreto, têm-se os madeirites de acabamento de superfície resinada e os de acabamento plastificado à prova d'água.

O quantitativo de fôrmas para fins de orçamento preliminar é realizado em função da área das faces dos elementos estruturais. De acordo com Mattos (2006), a área de forma corresponde ao produto do volume de concreto pela taxa de forma (12 a 14 m² por m³ de concreto).

Assahi (2005) alerta para a importância do custo da fôrma na execução da estrutura, visto que concreto e aço são itens com pouca probabilidade de variação, enquanto as fôrmas são mais suscetíveis devido a metodologia de execução escolhida e produtividade da mão da obra, podendo representar de 5 a 8% do custo total da obra.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Análise da Obra

Em todos os tipos de construções é de suma importância garantir a compatibilidade dos projetos complementares com o projeto arquitetônico. No caso do projeto estrutural, sua ligação com a arquitetura é fundamental para garantir a harmonia da obra. Sendo assim, inicialmente faz-se necessário uma breve análise e descrição da edificação em estudo.

Trata-se de uma edificação residencial de alto padrão composta por subsolo, térreo e 1º pavimento. Em seu interior, 4 suítes; living; garagem para 5 carros; estúdio; churrasqueira; cozinha; área de lazer com piscina e escritório ocupam uma área de aproximadamente 1110 m². A fim de preservar a identidade do projeto e seus autores, optou-se por não apresentar as plantas nesse estudo.

A construtora responsável pela execução da obra, por meio da elaboração de um orçamento preliminar, fechou contrato pelo valor de R$1.300.000,00. A Tabela 2, apresenta a distribuição das verbas para as atividades relacionadas a execução da estrutura.

Tabela 2 - Verbas destinadas a execução da estrutura em concreto armado.

Atividade	Valor
Execução de fundação profunda – estaca escavada e blocos de fundação;	R$ 105.978,00
Vigas de respaldo – lajes térrea, 1º pavimento e cobertura.	R$ 133.094,40
Pilares – subsolo, térreo, 1º pavimento e cobertura	R$ 99.820,80
Lajes – Térreo, 1º pavimento, cobertura	R$ 155.276,80
Total	R$ 494.170,00

Fonte: Autor (2020)

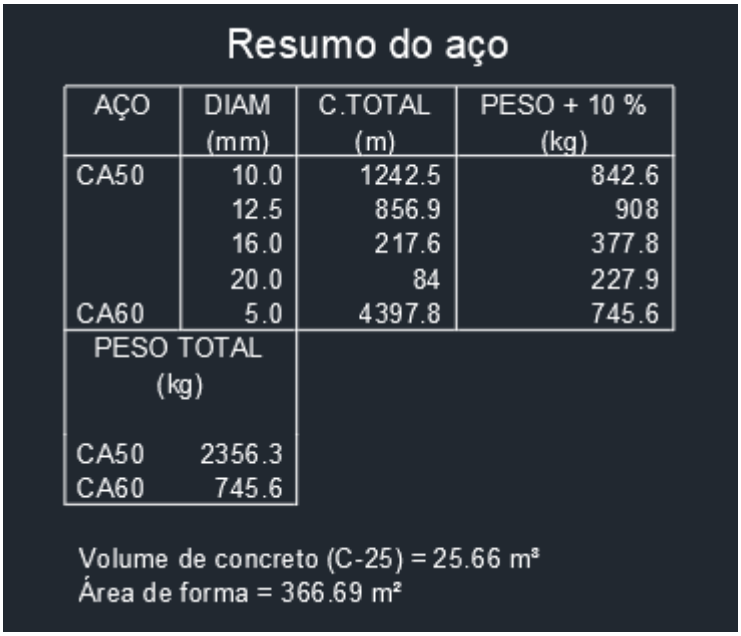
Portanto, o valor destinado a execução das fundações e superestrutura corresponde a 38,01% do orçamento total da obra.

3.2 Orçamento dos Projetos Estruturais

Para elaboração dos orçamentos dos projetos estruturais em análise, utilizou-se os resumos de materiais fornecidos pelo software de dimensionamento. Nesse estudo, ambos

projetos foram elaborados no Eberick, software de dimensionamento de estruturas de concreto armado.

Através da Figura 9, podemos observar que o software fornece o peso do aço em kg, CA-50 e CA-60 total e por bitolas, o volume de concreto em m³ e a área de forma em m².



Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	1242.5	842.6
	12.5	856.9	908
	16.0	217.6	377.8
	20.0	84	227.9
CA60	5.0	4397.8	745.6

PESO TOTAL (kg)	
CA50	2356.3
CA60	745.6

Volume de concreto (C-25) = 25.66 m³
Área de forma = 366.69 m²

Figura 9 - Resumo de aço, concreto e forma fornecidos pelo software Eberick.
Fonte: Autor (2020).

Com as plantas de forma e plantas de detalhamento dos elementos estruturais (estacas, blocos, pilares, vigas e lajes), obteve-se o quantitativo de aço, concreto e fôrma para elaboração do orçamento detalhado da execução de cada projeto estrutural.

Na elaboração do orçamento, optou-se por utilizar as composições da tabela SINAPI de novembro de 2019 como referência principal e utilizou-se o software Excel para elaboração da planilha de custos diretos.

O SINAPI é um Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices que disponibiliza relatórios com referências de preços de insumos e de custos de composições de serviços atendendo ao disposto no Decreto 7283/2013 (critérios para orçamento de referência) e na Lei nº 13.303/2016 (Lei das Estatais). O Decreto 7283/2013 estabelece que a CAIXA fica responsável por toda base técnica da engenharia, pelo processamento de dados e publicação dos relatórios de preços e custos, enquanto o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) atua na realização de pesquisa de preço, tratamento dos dados, formação e divulgação dos índices (CAIXA, 2020).

Realizou-se dois orçamentos, um para cada projeto, a fim de comparar os custos de cada etapa descrita na Tabela 2. Esse comparativo de custos de cada etapa entre os projetos permite analisar o impacto de cada etapa no valor da obra e a viabilidade econômica de cada projeto, além de verificar a precisão das verbas atribuídas as etapas, comparando-as aos orçamentos realizados.

O orçamento foi subdivido por etapas da obra, iniciando pelas estacas de fundação seguido por blocos de fundação, vigas baldrames, vigas de respaldo, pilares e laje.

3.3 Estimativa de Consumo de Materiais

Utilizando a metodologia de Mattos (2006) e Xavier (2008), realizou-se uma estimativa do consumo de aço e concreto de ambos os projetos a fim de comparar os valores estimados com a quantidade real de projeto.

Para estimar o volume de concreto da superestrutura, Mattos (2006) e Xavier (2008) considera 12 a 16 cm de concreto por metro quadrado de construção. Nesse estudo, utilizou-se o valor médio de 14 cm para obter a estimativa desse material. No caso do aço, também se optou por obter a média, utilizando-se uma taxa de 85,5 kg de aço/ metro cúbico de concreto.

A Tabela 3 apresenta a estimativa de consumo de concreto e aço para 1110 m² de área construída segundo os critérios descritos acima. Por meio desses valores, é possível analisar o consumo de aço e concreto quantificados em cada projeto e verificar quão próximo ou distante esses valores se apresentam dos valores abaixo estimados.

Tabela 3 - Estimativa de materiais segundo os critérios de Mattos (2006) e Xavier (2008)

Material	**Estimativa**
Concreto (m³)	155,40
Aço (kg)	13.286,70

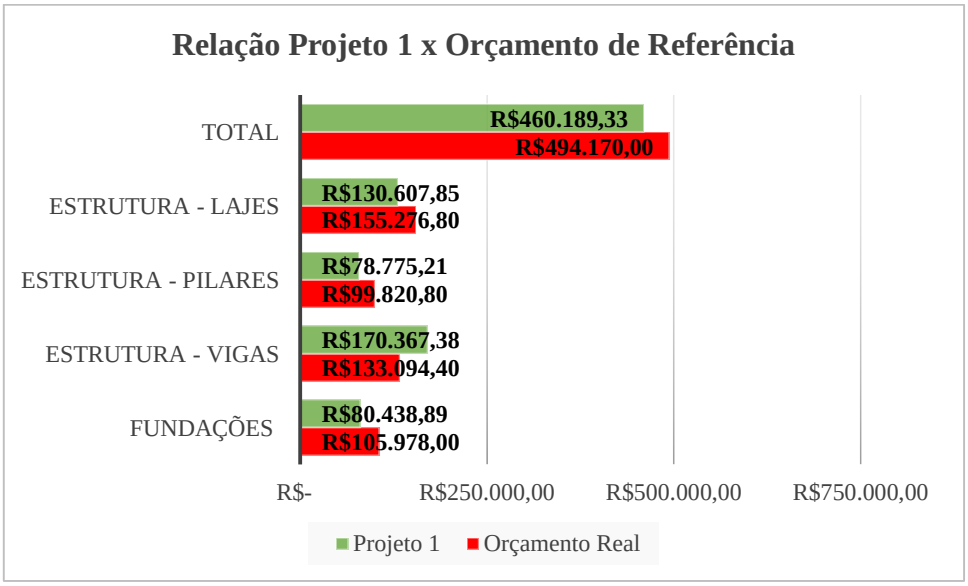
Fonte: Autor (2020)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os custos diretos para execução do projeto 1 atingiram o valor de R$460.189,33 (ANEXO A). Esse valor representa 93,12% da verba total destinada a execução da estrutura, sem considerar a aplicação do BDI.

Como podemos observar através do Gráfico 1, os custos diretos do projeto 1 apresentaram-se abaixo das verbas definidas em orçamento para as etapas de fundações, pilares e lajes. Porém, o custo direto da execução das vigas extrapolou a verba em 28%, o que corresponde a R$37.272,98.

Gráfico 1 - Comparativo entre orçamento do projeto 1 e verba real atribuída por etapas.



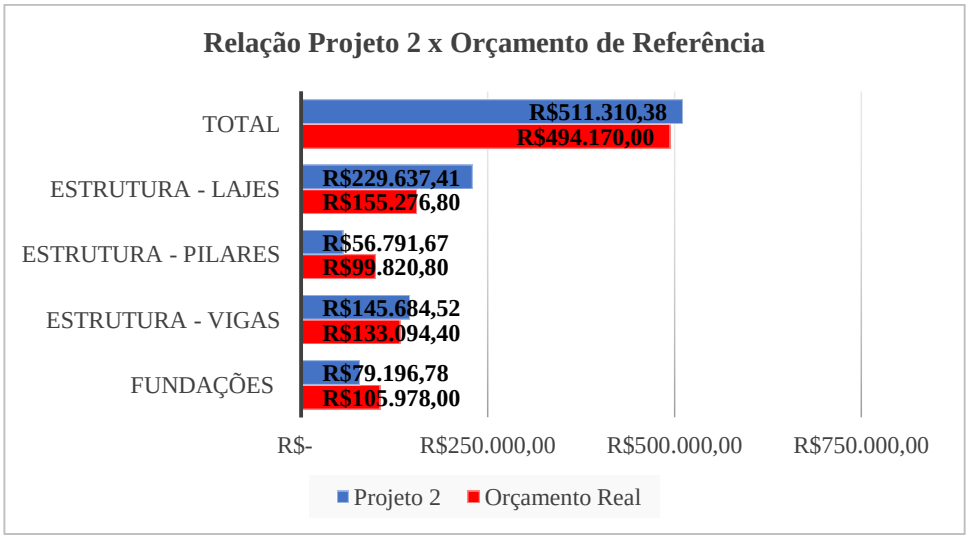
Fonte: Autor (2020)

Por sua vez, os custos diretos do projeto 2 alcançaram o valor de R$511.310,38 (ANEXO 2). Comparando-o ao valor total de verba atribuído as etapas orçadas, o orçamento 2 apresenta um acréscimo de 3%. Para a execução das vigas de respaldo e lajes, os custos diretos superaram as verbas definidas em 9 e 48%, respectivamente.

Vale ressaltar que nos valores indicados acima não houve aplicação do BDI, eles representam apenas os custos diretos para a execução de cada etapa. Portanto, o projeto 2 apresentou-se como uma alternativa financeiramente inviável, pois além de não considerar as despesas indiretas, o custo total para execução é superior a verba atribuída.

Através do gráfico 2, tem-se o comparativo entre o orçamento do projeto 2 com as verbas atribuídas pela construtora para execução de cada etapa apresentada.

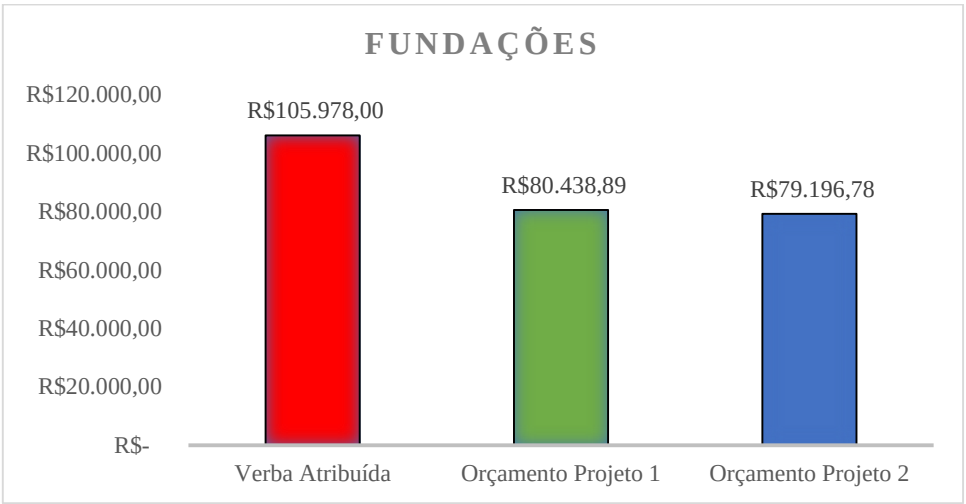
Gráfico 2 - Comparativo entre orçamento do projeto 2 e verba real atribuída por etapas



Fonte: Autor (2020)

Analisando etapa a etapa, a começar pela fundação, pode se observar através do Gráfico 3 que, para a execução das fundações, ambos projetos apresentaram custos abaixo da verba definida. O projeto 1 apresentou-se 24% abaixo da verba, enquanto o projeto 2 apresentou valor 24% abaixo do estimado.

Gráfico 3 - Comparativo dos projetos 1 e 2 com a verba atribuída para estacas e blocos de fundação.

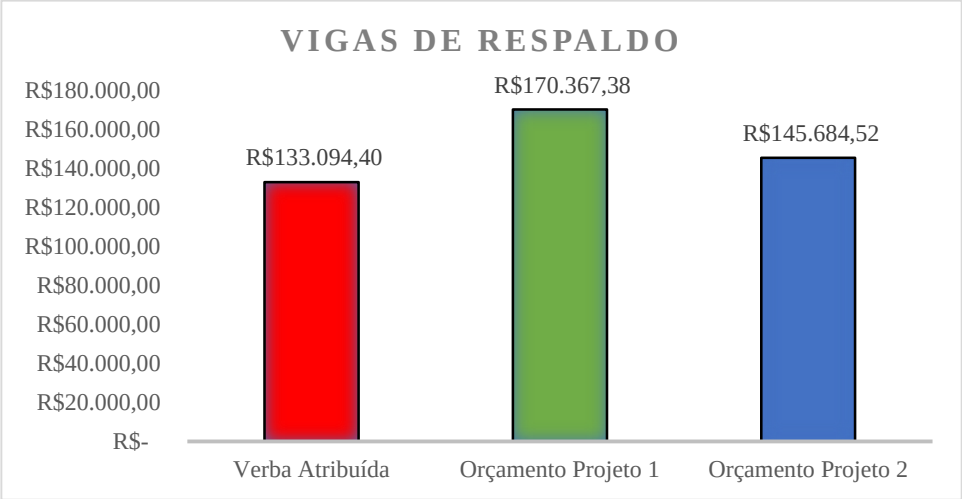


Fonte: Autor (2020)

Analisando o quantitativo dos orçamentos, verifica-se que no projeto 1, quantificou-se 92 estacas de 5,0 m, enquanto no projeto 2 foram contabilizadas 88 estacas de 6,0m. Tal proximidade de números de estacas e profundidade justifica a semelhança de custos entre os dois projetos.

Por sua vez, houve grande diferença entre os projetos para a execução de vigas e pilares. Através do Gráfico 4 é possível observar que ambos projetos ultrapassaram a verba atribuída para execução das vigas de respaldo e que o projeto 1 apresentou-se 17% mais caro que o projeto 2.

Gráfico 4 - Comparativo dos projetos 1 e 2 com a verba atribuída para vigas de respaldo



Fonte: Autor (2020)

Ao analisar as plantas de fôrmas de cada projeto, verificou-se grande diferença entre as seções transversais adotadas. As tabelas abaixo apresentam a quantidade de vigas de respaldo e suas respectivas seções transversais para cada pavimento.

Percebe-se que no projeto 1, do total de 101 vigas de respaldo presentes nos pavimentos térreo, superior e cobertura, 52 apresentaram seção transversal mínima de 20x40cm e o restante variou de 20x50 a 35x75cm, o que corresponde a uma área de 2625cm².

Já no projeto 2, houve grande variação das seções transversais, indo de 14x30cm a 30x60cm. Do total de 108 vigas, 46 apresentaram área transversal inferior a 800cm² (14x30cm, 14x40cm, 14x45cm, 14x50cm e 14x55cm), valor inferior a menor dimensão utilizada pelo projeto 1, de 20x40cm.

Pelos quantitativos em anexo, é possível verificar a influência das seções transversais no custo da execução das vigas de respaldo. Para o projeto 2, onde foi detectado seções

transversais menores, o consumo de concreto é de 77,2 m³. Já para o projeto 1, com seções maiores, o consumo é 119,06 m³, o que apresenta uma diferença de aproximadamente 42 m³.

Tabela 4 – Seção transversal das vigas de respaldo dos projetos 1 e 2 do pavimento térreo.

Pavimento	**Projeto 1**		**Projeto 2**	
	Seção	**Quantidade**	**Seção**	**Quantidade**
Térreo	20x40	23	14x40	16
	20x60	1	14x50	6
	25x50	1	14x60	4
	30x60	5	14x70	1
	30x70	1	15x50	1
			20x50	2
			20x60	2
			20x70	1
			20x90	1
Total	**31**		**34**	

Fonte: Autor (2020)

Tabela 5 - Seção transversal das vigas de respaldo dos projetos 1 e 2 do pavimento superior.

Pavimento	**Projeto 1**		**Projeto 2**	
	Seção	**Quantidade**	**Seção**	**Quantidade**
Superior	20x40	14	14x30	1
	20x50	7	14x40	9
	20x60	3	14x50	4
	25x40	2	14x55	2
	25x50	1	14x60	4
	25x60	3	14x65	5
	30x40	3	14x75	1
	30x60	2	15x70	1
	35x60	3	18x70	1
	35x75	1	20x60	2
			20x65	3
			20x85	1
			20x90	1
			30x60	1
Total	**39**		**36**	

Fonte: Autor (2020)

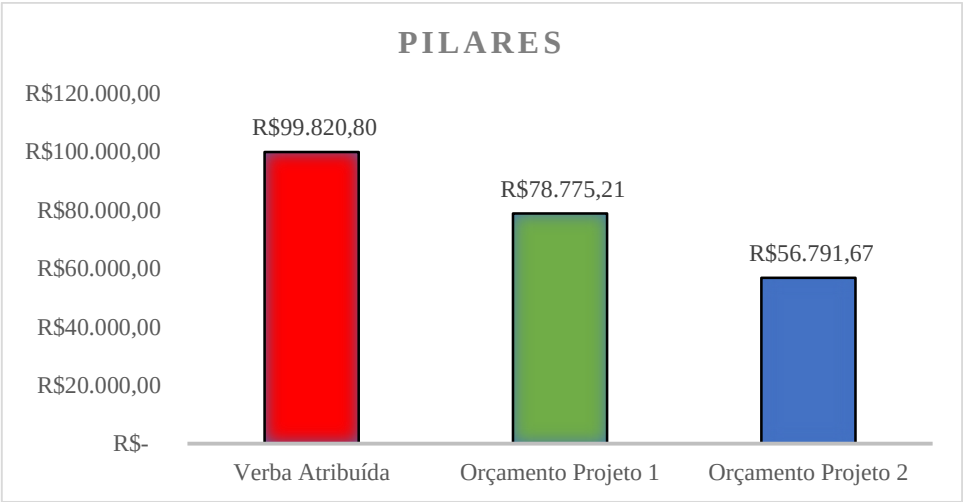
Tabela 6 - Seção transversal das vigas de respaldo dos projetos 1 e 2 na cobertura.

Pavimento	Projeto 1		Projeto 2	
	Seção	**Quantidade**	**Seção**	**Quantidade**
Cobertura	20x40	15	14x40	3
	20x50	5	14x45	1
	20x60	1	14x50	2
	25x50	2	14x55	2
	25x60	2	14x60	5
	30x50	1	14x65	3
	30x60	4	14x80	2
	35x60	1	15x50	1
			20x14	12
			20x60	4
			20x70	2
			20x80	1
Total	**31**		**38**	

Fonte: Autor (2020)

Com relação aos custos para execução de pilares, podemos observar através do Gráfico 5, que ambos os projetos apresentaram custos diretos abaixo da verba atribuída e assim como no caso das vigas, o projeto 2 apresentou maior viabilidade financeira, cujo custo representa apenas 57% com relação a verba atribuída.

Gráfico 5 - Comparativo dos projetos 1 e 2 com a verba atribuída para pilares



Fonte: Autor (2020)

As tabelas a seguir apresentam as seções transversais e suas respectivas quantidades para os pilares do subsolo, térreo, superior e cobertura.

Ao verificar a quantidade de pilares por projeto, tem-se o projeto 1 com 191 pilares e o projeto 2 com 141 pilares, ou seja, o projeto 2 apresentou uma concepção mais enxuta, com 50 pilares a menor que o projeto 1.

Analisando as tabelas, nota-se que para o projeto 1, a seção transversal dos pilares variou de 20x40cm a 30x60cm em todos os pavimentos, valor equivalente a 800cm² e 1800 cm² de área, respectivamente. De um total de 197 pilares, 171 apresentaram seção de 20x40.

Por sua vez, no projeto 2 a maioria dos pilares apresentou seção transversal de 14x30 e 14x40, que juntos totalizaram 57 de 141 pilares distribuídos ao longo da edificação. A maior seção identificada foi de 30x50cm, cuja área é de 1500 cm².

Ao analisar o custo direto para execução desses elementos nos anexos 1 e 2, verifica-se novamente um maior consumo de concreto para o projeto 1, onde o projeto 2 apresenta um volume de 42,63m³, enquanto o projeto 2 apresenta um consumo de 27,67m³, 15m³ a menos que o projeto 1. Essa diferença de consumo justifica-se pela seção transversal e quantidade de pilares adotada por cada projeto, visto que a menor quantidade e dimensões acarretam no menor consumo.

Tabela 7 - Seção transversal dos pilares dos projetos 1 e 2 do subsolo.

Pavimento	**Projeto 1**		**Projeto 2**	
	Seção	**Quantidade**	**Seção**	**Quantidade**
Subsolo	20x40	48	14x30	15
	25x60	2	14x40	3
	30x50	1	14x60	1
	30x60	1	16x40	3
			16x50	2
			18x30	1
			18x50	1
			20x30	1
			20x40	3
			20x50	2
			20x60	1
Total	**52**		**33**	

Fonte: Autor (2020)

Tabela 8 - Seção transversal dos pilares dos projetos 1 e 2 do térreo.

Pavimento	Projeto 1		Projeto 2	
	Seção	**Quantidade**	**Seção**	**Quantidade**
Térreo	20x40	48	14x30	11
	20x50	5	14x40	4
	25x50	1	14x60	2
	25x60	2	16x30	3
	30x50	1	16x40	1
	30x60	1	16x50	1
			16x60	1
			18x30	1
			18x40	1
			18x50	2
			20x30	1
			20x40	3
			20x60	2
			25x30	1
			25x50	1
			30x50	1
Total	**58**		**36**	

Fonte: Autor (2020)

Tabela 9 - Seção transversal dos pilares dos projetos 1 e 2 do pavimento superior.

Pavimento	Projeto 1		Projeto 2	
	Seção	**Quantidade**	**Seção**	**Quantidade**
Superior	20x40	39	14x30	8
	25x40	2	14x40	7
	25x50	2	14x45	2
	25x60	1	14x55	1
	30x50	1	14x60	4
	30x60	1	16x30	1
			16x40	2
			16x50	2
			18x30	1
			18x40	1
			18x50	1
			20x30	2
			20x40	6
			20x50	1
			20x60	2
			25x40	1
			25x50	1
Total	**46**		**43**	

Fonte: Autor (2020)

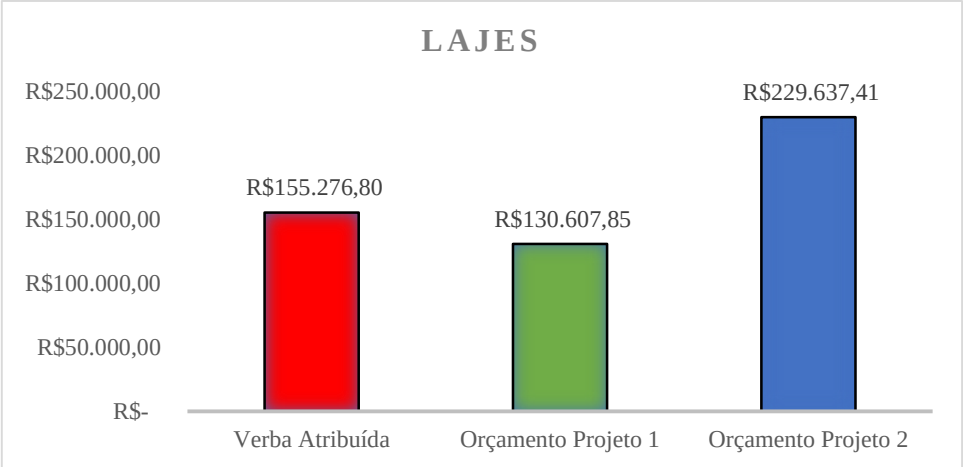
Tabela 10 - Seção transversal dos pilares dos projetos 1 e 2 da cobertura.

Pavimento	Projeto 1		Projeto 2	
	Seção	**Quantidade**	**Seção**	**Quantidade**
Cobertura	20x40	36	14x30	3
	25x40	3	14x40	6
	25x50	1	14x45	2
	30x60	1	14x50	1
			14x55	1
			14x60	1
			16x30	2
			16x40	2
			16x50	1
			18x30	1
			18x50	1
			20x30	1
			20x40	4
			20x60	2
			25x50	1
Total	**41**		**29**	

Fonte: Autor (2020)

Para finalizar o orçamento dos custos diretos, o Gráfico 6 apresenta os valores de cada projeto para execução das lajes. Nessa categoria, tem-se a maior diferença entre custos e verifica-se que o projeto 1 apresentou custos diretos dentro da verba atribuída e o projeto 2 ficou R$74.360,61 acima do valor definido.

Gráfico 6 - Comparativo dos projetos 1 e 2 com a verba atribuída para lajes



Fonte: Autor (2020)

Através da **Tabela 11**, analisando as lajes de cada pavimento, verificou-se a presença de laje maciça em todos os pavimentos do projeto 2, enquanto no projeto 1 utilizou-se apenas lajes pré-moldadas treliçadas com EPS. Além disso, é importante ressaltar que o projeto 2 fez uso de lajes pré-moldadas fabricadas com alturas de 16 e 21cm, cujo valor é superior as lajes com altura de 12cm utilizadas no projeto 1.

Tabela 11 - Área de laje por pavimento.

Tipo	**Área (m²)**	
	Projeto 1	**Projeto 2**
Maciça	0	478.21
Pré-moldada treliçada (h=12cm)	1191.46	22.11
Pré-moldada treliçada (h=16cm)	0	497.54
Pré-moldada treliçada (h=21cm)	0	241.54
Total	**1191.46**	**1239.4**

Fonte: Autor (2020)

A Tabela 3 apresenta a estimativa de consumo de aço e concreto para a execução da superestrutura da edificação em análise segundo os critérios apresentados por Mattos (2006) e Xavier (2008). Inserindo os quantitativos utilizados na elaboração do orçamento dos projetos, obtém-se a Tabela 12 e Tabela 13, por meio das quais é possível observar que os quantitativos de aço e concreto superam consideravelmente os valores estimados.

Tabela 12 - Comparativo entre quantitativos e estimativas de aço e concreto do projeto 1

Material	**Concreto (m³)**	**Aço (kg)**
Estimado	155.4	13286.7
Quantitativo	239,13	17426
Relação Percentual	153,88%	131,15%

Fonte: Autor (2020)

Tabela 13 - Comparativo entre quantitativos e estimativas de aço e concreto do projeto 2

Material	**Concreto (m³)**	**Aço (kg)**
Estimado	155.4	13286.7
Quantitativo	229,64	30442,40
Relação Percentual	147,78%	229,12

Fonte: Autor (2020)

5 CONCLUSÃO

Ao final dos comparativos elaborados, pode afirmar-se que, apesar do projeto 2 apresentar-se com custos inferiores aos custos do projeto 1 em 3 de 4 etapas analisadas (fundações, vigas e pilares), o projeto 2 tornou-se inviável devido ao alto valor da execução das lajes do projeto 2.

Por meio das análises realizadas, verifica-se que a concepção estrutural de vigas e pilares do projeto 2 mostrou-se mais eficiente financeiramente. Isso ocorre pois quanto menor as seções transversais utilizadas, menor será o consumo de concreto desses elementos.

Por outro lado, a concepção estrutural das lajes do projeto 2, com a utilização de lajes maciças, elevou o valor da estrutura consideravelmente, inviabilizando o projeto como um todo. Tal fato se justifica através do maior consumo de fôrma, aço e concreto das lajes maciças com relação as lajes pré-moldadas treliçadas.

Com base nisso, conclui-se que a concepção estrutural de um edifício tem grande interferência no orçamento de uma obra, podendo acarretar economias ou prejuízos a empresa responsável pela execução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de normas Técnicas. NBR 7480 – **Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – especificação.** Rio de Janeiro, ABNT, 2007.

ABNT, 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.

ABNT, Associação Brasileira de normas Técnicas. NBR 6122 **– Projeto e execução de fundações.** Rio de Janeiro, ABNT, 2010.

ABNT, Associação Brasileira de normas Técnicas. NBR 6118 – **Projeto de estruturas de concreto – procedimento.** Rio de Janeiro, ABNT, 2014.

ASSAHI, P. N., **Sistema de fôrma para estrutura de concreto.** São Paulo: IBRACON, 2005.

BASTOS, P. S. S. **Estruturas de concreto II:** notas de aula – vigas de concreto armado. Bauru, 2017.

BASTOS, P. S. S. **Estruturas de concreto III:** notas de aula – sapatas de fundação. Bauru, 2016.

BASTOS, P. S. S. **Estruturas de concreto III:** notas de aula – blocos de fundação. Bauru, 2017.

BASTOS, P. S. S., **Fundamentos do concreto armado.** 2019, 83 f. Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2019.

CAIXA. **Referências de preços e custos.** Disponível em: http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/referencias-precos-insumos/Paginas/default.aspx. Acesso em: 20/01/2020.

CARVALHO, Roberto Chust; PINHEIRO, Libânio Miranda. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 1ª ed. São Paulo: Pini, 2009. 2v.

CORDEIRO, F. R. F. S., **Orçamento e controle de custos na construção civil.** 2007, 65 f. Monografia (Curso de especialização em construção civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

GIONGO, J. S., **Concreto armado: Projeto estrutural de edifícios.** Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, 2007. 176p.

GONZÁLEZ, M. A. S., **Noções de orçamento e planejamento de obras.** Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2008. 49p.

LARA, L. A. M., **Materiais de Construção.** Ouro Preto: IFMG, 2013. 212p.

MATTOS, A. D., **Como preparar orçamentos de obras: Dicas para orçamentistas, estudo de caso.** São Paulo, 2006. 279p.

PINHEIRO, L. M., **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios.** Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. 380 p.

VARGAS, R. V., **Gerenciamento de projetos: Estabelecendo diferenciais competitivos.** Rio de Janeiro, 2003, 7ª Edição. 292p.

VELLOSO, D.D.A.; LOPES, F.D.R. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas.** 1ª. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2011.

XAVIER, I., **Orçamento, planejamento e custos de obras.** Fundação de Apoio a Pesquisa Ambiental. São Paulo, 2008. 62p.

ANEXOS

A – Levantamento de custos diretos do projeto 1

B – Levantamento de custos diretos do projeto 2

A – Levantamento de custos diretos do projeto 1

Item	Código SINAPI	Material	Un	Qtde	Custo Unitário	Custo Total
1.0	**Estacas de Fundação**					
1.1	95583	Montagem de armadura transversal de estacas de seção circular, diâmetro = 5,0 mm.	kg	368.74	R$ 10.59	R$ 3,904.96
1.2	95577	Montagem de armadura longitudinal de estacas de seção circular, diâmetro = 10,0 mm.	kg	958.46	R$ 6.61	R$ 6,335.42
1.3	90877	Estaca escavada mecanicamente, sem fluido estabilizante, com 25 cm diâmetro, até 9 m de comprimento, concreto lançado por caminhão betoneira (exclusive mobilização e desmobilização).	m	460.00	R$ 38.40	R$ 17,664.00
					Subtotal:	**R$ 27,904.38**
2.0	**Blocos de Fundação**					
2.1	96544	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço CA-50 de 6,3 mm - montagem.	kg	255.40	R$ 9.58	R$ 2,446.73
2.2	96546	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço CA-50 de 10 mm - montagem	kg	309.00	R$ 7.39	R$ 2,283.51
2.3	96547	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço CA-50 de 12.5 mm - montagem	kg	635.20	R$ 6.53	R$ 4,147.86
2.4	96548	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço CA-50 de 16 mm - montagem	kg	146.20	R$ 6.00	R$ 877.20
2.5	96549	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço CA-50 de 20 mm - montagem	kg	137.80	R$ 5.50	R$ 757.90
2.6	96543	Armação de bloco, viga baldrame e sapata utilizando aço CA-60 de 5 mm - montagem.	kg	394.30	R$ 11.17	R$ 4,404.33
2.7	96522	Escavação manual para bloco de coroamento ou sapata, sem previsão de forma	m³	44.45	R$ 98.53	R$ 4,379.66
2.8	96557	Concretagem de blocos de coroamento e vigas baldrames, fck 30 MPa, com uso de bomba lançamento, adensamento e acabamento.	m³	44.45	R$ 385.68	R$ 17,143.48
					Subtotal:	**R$ 36,440.66**
3.0	**Viga Baldrame**					
3.1	96545	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço CA-50 de 8.0 mm - montagem.	kg	234.10	R$ 9.08	R$ 2,125.63

3.2	96546	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço CA-50 de 10 mm - montagem	kg	170.70	R$ 7.39	R$ 1,261.47
3.6	96543	Armação de bloco, viga baldrame e sapata utilizando aço CA-60 de 5 mm - montagem.	kg	146.10	R$ 11.17	R$ 1,631.94
3.7	96526	Escavação manual de vala para viga baldrame, sem previsão de fôrma.	m³	11.77	R$ 199.59	R$ 2,349.17
3.8	96557	Concretagem de blocos de coroamento e vigas baldrames, fck 30 MPa, com uso de bomba lançamento, adensamento e acabamento.	m³	11.77	R$ 385.68	R$ 4,539.45
3.90	98557	Impermeabilização de superfície com emulsão asfáltica, 2 demãos	m²	147.09	R$ 28.46	R$ 4,186.18
					Subtotal:	**R$ 16,093.85**
4.0	**Viga de Respaldo**					
4.1	92468	Montagem e desmontagem de fôrma de viga, escoramento metálico, pé-direito simples, em chapa de madeira plastificada, 10 utilizações.	m²	463.12	R$ 81.83	R$ 37,897.11
4.2	92775	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-60 de 5,0 mm - montagem	kg	1466.90	R$ 11.23	R$ 16,473.29
4.3	92776	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 6.3 mm - montagem	kg	1670.40	R$ 9.62	R$ 16,069.25
4.4	92777	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 8.0 mm - montagem	kg	1170.00	R$ 9.08	R$ 10,623.60
4.5	92778	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 10.0 mm - montagem	kg	1181.60	R$ 7.34	R$ 8,672.94
4.6	92779	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 12.5 mm - montagem	kg	2177.30	R$ 6.42	R$ 13,978.27
4.7	92780	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 16.0 mm - montagem	kg	2202.40	R$ 5.85	R$ 12,884.04

4.8	92781	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 20.0 mm - montagem	kg	1911.30	R$ 5.29	R$ 10,110.78
4.9	92724	Concretagem de vigas e lajes, fck=20 MPa, para lajes pré-moldadas com uso de bomba em edificação com área média de lajes maior que 20 m² - lançamento, adensamento e acabamento. Adaptado para fck = 25 MPa	m³	119.06	R$ 366.69	R$ 43,658.11
					Subtotal:	**R$ 170,367.38**
5.0	**Pilares**					
5.1	92431	Montagem e desmontagem de fôrma de pilares retangulares e estruturas similares com área média das seções maior que 0,25 m², pé-direito simples, em chapa de madeira compensada plastificada, 10 utilizações.	m²	613.53	R$ 34.59	R$ 21,222.00
5.2	92775	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-60 de 5,0 mm - montagem	kg	1186.70	R$ 11.23	R$ 13,326.64
5.3	92778	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 10.0 mm - montagem	kg	1222.00	R$ 7.34	R$ 8,969.48
5.4	92779	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 12.5 mm - montagem	kg	1726.70	R$ 6.42	R$ 11,085.41
5.5	92780	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 16.0 mm - montagem	kg	1096.70	R$ 5.85	R$ 6,415.70
5.6	92781	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 20.0 mm - montagem	kg	414.00	R$ 5.29	R$ 2,190.06
5.7	92724	Concretagem de pilares, fck = 25 MPa, com uso de bomba em edificação com seção média de pilares maior que 0,25 m² - lançamento, adensamento e acabamento.	m³	42.63	R$ 365.14	R$ 15,565.92
					Subtotal:	**R$ 78,775.21**
6.0	**Laje Pré-moldada**					

6.1	07393 - ORSE	Laje pré-fabricada treliçada para piso ou cobertura, intereixo 38cm, h=12cm, el. enchimento em EPS h=8cm, inclusive escoramento em madeira e capeamento 4cm.	m²	1191.46	R$ 109.62	R$	130,607.85
					Subtotal:	**R$**	**130,607.85**
					TOTAL EFETIVO:	**R$**	**460,189.33**

B – Levantamento de custos diretos do projeto 2

Item	Código Auxiliar	Material	Un	Qtde	Custo Unitário	Custo Total
1	**Estacas de Fundação**					
1.2	95583	Montagem de armadura transversal de estacas de seção circular, diâmetro = 5,0 mm.	kg	268.33	R$ 10.59	R$ 2,841.61
1.3	95577	Montagem de armadura longitudinal de estacas de seção circular, diâmetro = 10,0 mm.	kg	1194.51	R$ 6.61	R$ 7,895.71
1.4	90877	Estaca escavada mecanicamente, sem fluido estabilizante, com 25 cm diâmetro, até 9 m de comprimento, concreto lançado por caminhão betoneira (exclusive mobilização e desmobilização).	m	528.00	R$ 38.40	R$ 20,275.20
					Subtotal:	**R$ 31,012.53**
2.0	**Blocos de Fundação**					
2.1	96544	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço CA-50 de 6,3 mm - montagem.	kg	18.80	R$ 9.58	R$ 180.10
2.2	96545	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço CA-50 de 8.0 mm - montagem.	kg	119.40	R$ 9.08	R$ 1,084.15
2.3	96546	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço CA-50 de 10 mm - montagem	kg	260.70	R$ 7.39	R$ 1,926.57
2.4	96547	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço CA-50 de 12.5 mm - montagem	kg	271.50	R$ 6.53	R$ 1,772.90
2.5	96548	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço CA-50 de 16 mm - montagem	kg	267.90	R$ 6.00	R$ 1,607.40
2.6	96549	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando	kg	182.30	R$ 5.50	R$ 1,002.65

		aço CA-50 de 20 mm - montagem				
2.7	96543	Armação de bloco, viga baldrame e sapata utilizando aço CA-60 de 5 mm - montagem.	kg	368.09	R$ 11.17	R$ 4,111.57
2.8	96522	Escavação manual para bloco de coroamento ou sapata, sem previsão de forma	m³	35.90	R$ 98.53	R$ 3,537.62
2.9	96557	Concretagem de blocos de coroamento e vigas baldrames, fck 30 MPa, com uso de bomba lançamento, adensamento e acabamento.	m³	39.49	R$ 385.68	R$ 15,232.20
					Subtotal:	**R$ 30,455.16**
3.0	**Viga Baldrame**					
3.1	96544	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço CA-50 de 6,3 mm - montagem.	kg	12.60	R$ 9.58	R$ 120.71
3.2	96546	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço CA-50 de 10 mm - montagem	kg	556.00	R$ 7.39	R$ 4,108.84
3.3	96547	Armação de bloco, viga baldrame ou sapata utilizando aço CA-50 de 12.5 mm - montagem	kg	327.70	R$ 6.53	R$ 2,139.88
3.4	96543	Armação de bloco, viga baldrame e sapata utilizando aço CA-60 de 5 mm - montagem.	kg	171.40	R$ 11.17	R$ 1,914.54
3.5	96526	Escavação manual de vala para viga baldrame, sem previsão de fôrma.	m³	8.38	R$ 199.59	R$ 1,672.56
3.6	96557	Concretagem de blocos de coroamento e vigas baldrames, fck 30 MPa, com uso de bomba lançamento, adensamento e acabamento.	m³	9.22	R$ 385.68	R$ 3,555.20
3.70	98557	Impermeabilização de superfície com emulsão asfáltica, 2 demãos	m²	152.43	R$ 28.46	R$ 4,338.07
					Subtotal:	**R$ 17,729.09**
4.0	**Viga de Respaldo**					
4.1	92468	Montagem e desmontagem de fôrma de viga, escoramento metálico, pé-direito simples, em chapa de madeira plastificada, 10 utilizações.	m²	422.87	R$ 81.83	R$ 34,603.70
4.2	92775	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-60 de 5,0 mm - montagem	kg	1215.60	R$ 11.23	R$ 13,651.19

4.3	92776	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 6.3 mm - montagem	kg	560.90	R$	9.62	R$	5,395.86
4.4	92777	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 8.0 mm - montagem	kg	385.70	R$	9.08	R$	3,502.16
4.5	92778	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 10.0 mm - montagem	kg	2653.50	R$	7.34	R$	19,476.69
4.6	92779	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 12.5 mm - montagem	kg	3782.30	R$	6.42	R$	24,282.37
4.7	92780	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 16.0 mm - montagem	kg	2814.50	R$	5.85	R$	16,464.83
4.8	92724	Concretagem de vigas e lajes, fck=20 MPa, para lajes pré-moldadas com uso de bomba em edificação com área média de lajes maior que 20 m² - lançamento, adensamento e acabamento. Adaptado para fck = 25 MPa	m³	77.20	R$	366.69	R$	28,307.73
						Subtotal:	**R$**	**145,684.52**
5.0	**Pilares**							
5.1	92431	Montagem e desmontagem de fôrma de pilares retangulares e estruturas similares com área média das seções maior que 0,25 m², pé-direito simples, em chapa de madeira compensada plastificada, 10 utilizações.	m²	165.20	R$	34.59	R$	5,714.20
5.2	92775	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-60 de 5,0 mm - montagem	kg	679.80	R$	11.23	R$	7,634.15

5.3	92778	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 10.0 mm - montagem	kg	262.70	R$ 7.34	R$ 1,928.22
5.4	92779	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 12.5 mm - montagem	kg	1402.00	R$ 6.42	R$ 9,000.84
5.5	92780	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 16.0 mm - montagem	kg	2537.30	R$ 5.85	R$ 14,843.21
5.6	92781	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 20.0 mm - montagem	kg	1430.90	R$ 5.29	R$ 7,569.46
5.7	92724	Concretagem de pilares, fck = 25 MPa, com uso de bomba em edificação com seção média de pilares maior que 0,25 m² - lançamento, adensamento e acabamento.	m³	27.67	R$ 365.14	R$ 10,101.60
					Subtotal:	**R$ 56,791.67**
6.0	**Laje**					
6.1	07393/ORSE	Laje pré-fabricada treliçada para piso ou cobertura, intereixo 38cm, h=12cm, el. enchimento em EPS h=8cm, inclusive escoramento em madeira e capeamento 4cm.	m²	21.22	R$ 109.62	R$ 2,326.14
6.2	07823/ORSE	Laje pré-fabricada treliçada para piso ou cobertura, intereixo 38cm, h=16cm, el. enchimento em EPS h=12cm, inclusive escoramento em madeira e capeamento 4cm.	m²	497.54	147.93	R$ 73,601.09
6.3	09458/ORSE	Laje pré-fabricada treliçada para piso ou cobertura, intereixo 38cm, h=21cm, el. enchimento em EPS h=16cm, inclusive escoramento em madeira e capeamento 4cm.	m²	241.54	173.58	R$ 41,926.51

6.4	92526	Montagem e desmontagem de fôrma de laje maciça com área média maior que 20 m², pé-direito simples, em chapa de madeira compensada plastificada, 10 utilizações.	m²	241.04	R$ 17.72	R$ 4,271.23
6.5	92726	Concretagem de vigas e lajes, fck=20 MPa, para lajes maciças ou nervuradas com uso de bomba em edificação com área média de lajes maior que 20 m² - lançamento, adensamento e acabamento. Adaptado para fck = 25 MPa	m³	61.86	R$ 349.80	R$ 21,638.42
6.7	92784	Armação de laje de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-60 de 5.0 mm - montagem.	kg	918.40	R$ 9.51	R$ 8,733.98
6.8	92785	Armação de laje de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 6.3 mm - montagem.	kg	421.90	R$ 8.32	R$ 3,510.21
6.9	92786	Armação de laje de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 8.0 mm - montagem.	kg	2516.10	R$ 8.07	R$ 20,304.93
6.10	92787	Armação de laje de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 10.0 mm - montagem.	kg	2830.10	R$ 6.54	R$ 18,508.85
6.11	92788	Armação de laje de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 12.5 mm - montagem.	kg	5474.90	R$ 5.81	R$ 31,809.17
6.12	92789	Armação de laje de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 16 mm - montagem.	kg	555.80	R$ 5.41	R$ 3,006.88
					Subtotal:	**R$ 229,637.41**
					TOTAL EFETIVO:	**R$ 511,310.38**