

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ADILTON AVILA DA SILVA JUNIOR

**COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE OS SISTEMAS ESTRUTURAIS EM PRÉ-
FABRICADOS DE CONCRETO E METÁLICO**

**CASCATEL - PR
2017**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

ADILTON AVILA DA SILVA JUNIOR

**COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE OS SISTEMAS ESTRUTURAIS EM PRÉ-
FABRICADOS DE CONCRETO E METÁLICO**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Professor Orientador: Engenheiro Civil Esp.
Jefferson Teixeira Olea Homrich.**

**CASCABEL - PR
2017**

BANCA EXAMINADORA

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

ADILTON AVILA DA SILVA JUNIOR

COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE OS SISTEMAS ESTRUTURAIS EM PRÉ-FABRICADO DE CONCRETO E METÁLICO

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob orientação do Professor Especialista, Engenheiro Civil, Jefferson Teixeira Olea Homrich

BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof.^a **Especialista Jefferson Teixeira Olea Homrich**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil



Professora **Mestre Andrea Resende Souza**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil



Professor **Especialista Ricardo Paganin**
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Civil

Cascavel, 09 de Junho de 2017.

RESUMO

Visando a competitividade do mercado regional, considerando o crescimento entre os setores de pré-fabricados em concreto e metálico, o trabalho teve como objetivo comparar os sistemas estruturais em pré-fabricado de concreto e metálico, analisando o custo para fabricação e montagem de pilares, tesouras metálicas, braços de concreto, terças de cobertura, fabricação e montagem das peças, não considerando o valor para as fundações e equipamentos, em um barracão industrial de 20 x 45 metros de comprimento, e pé direito com 6 metros de altura, com pórticos a cada 5 metros, com duas opções, uma em pré-fabricado de concreto e outro em metálico. Utilizando para auxílio quadro de resumo e visitas *in loco* em empresas de pré-fabricados. Com isso, pode-se afirmar que o pré-fabricado em concreto é mais econômico para se construir em relação ao pré-fabricado metálico, totalizando uma economia de 26% em relação ao pré-fabricado metálico.

Palavras-chave: Estruturas em concreto. Estruturas metálicas. Pré-fabricados.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2: Barragem de Itaipu, Brasil.....	15
Figura 3: Aqueduto Califórnia.....	15
Figura 4: Fountain of time.....	15
Figura 5: Preenchimento de uma forma metálica com concreto aderente à armadura.....	16
Figura 6: Sistema de estrutura aporticada pré fabricada.....	18
Figura 7: Ponte sobre a <i>Severn</i>	19
Figura 8: Fábrica de chocolates <i>Noisiel-Sur-Name</i>	20
Figura 9: Pórtico em estrutura em aço.....	21
Figura 10: Conferencia do pé direito em concreto.....	26
Figura 11: Conferencia da largura do pré-fabricado em concreto.....	27
Figura 12: Conferencia da altura do pé-direito.....	28
Figura 13: Conferencia das dimensões externas.....	29
Figura 14: Exemplo da tabela a seguir.....	30
Figura 15: Planilha total.....	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Custo do pré-fabricado de Concreto.....	45
Gráfico 2: Custo do pré-fabricado metálico.....	45
Gráfico 3: Custo total dos dois sistemas.....	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Detalhamento do quantitativo dos pilares de concreto.....	32
Quadro 2: Detalhamento do quantitativo dos braços de concreto.....	33
Quadro 3: Detalhamento do quantitativo das terças de concreto.....	33
Quadro 4: Detalhamento total do pré-fabricado em concreto.....	34
Quadro 5: Detalhamento do quantitativo das terças metálica.....	35
Quadro 6: Detalhamento do quantitativo das tesouras metálicas.....	36
Quadro 7: Detalhamento do quantitativo das vigas de travamento metálicas.....	36
Quadro 8: Detalhamento do quantitativo dos contraventamentos metálicas.....	37
Quadro 9: Detalhamento das agulhas.....	37
Quadro 10: Detalhamento das terças.....	38
Quadro 11: Detalhamento total do material em pré-fabricado metálico.....	39
Quadro 12: Resumo dos orçamento pré-fabricado em concreto.....	40
Quadro 13: Resumo dos orçamento pré-fabricado metálico.....	40
Quadro 14: Detalhamento do custo de fabricação e montagem do pré-fabricado em concreto.....	41
Quadro 15: Detalhamento do custo de fabricação e montagem do pré-fabricado metálico.....	42
Quadro 16: Custo final pré-fabricado em concreto.....	43
Quadro 17: Custo final pré-fabricado metálico.....	44

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO 1.....	10
1.1	INTRODUÇÃO.....	10
1.2	OBJETIVOS	11
1.2.1	Objetivo Geral	11
1.2.2	Objetivos específicos	11
1.4	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	12
1.5	FORMULAÇÃO DA HIPOTESE.....	12
1.6	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	12
2	CAPÍTULO 2.....	14
2.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1.1	Concreto	14
2.1.2	Concreto armado.....	16
2.1.3	Pré-fabricado de concreto.....	18
2.1.4	História do aço	19
2.1.5	Pré-fabricado metálico.....	21
2.1.6	Orçamento	23
3	CAPÍTULO 3.....	25
3.1	METODOLOGIA.....	25
3.1.1	Tipo de estudo e local da pesquisa	25
3.1.2	Caracterização da amostra	25
3.1.3	Coleta de dados.....	26
3.1.4	Análise dos dados	26
3.1.4.1	Análise do projeto em estrutura pré-fabricada em concreto.....	26
3.1.4.2	Análise do projeto em estrutura pré-fabricada metálica.....	27
3.1.4.3	Levantamento do quantitativo de material para cada método	29
3.1.4.4	Orçamentos dos materiais.....	32
3.1.4.5	Levantamento dos custos de mão de obra de fabricação e montagem	32
3.1.4.6	Comparando os dois métodos construtivos	32
4	CAPÍTULO 4.....	33
4.1	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
4.1.1	Levantamento dos materiais a serem utilizados no pré-fabricado de concreto	33

4.1.1.1 Detalhamento e levantamento quantitativo dos materiais a serem utilizados nos pilares	33
4.1.1.2 Detalhamento e levantamento quantitativo dos materiais a serem utilizados nos braços de concreto	34
4.1.1.3 Detalhamento e levantamento quantitativo dos materiais a serem utilizados nas terças de cobertura	34
4.1.1.4 Resumo geral do quantitativo de material necessário para a fabricação do pré-fabricado em concreto	35
4.1.2 Levantamento dos materiais a serem utilizados no pré-fabricado metálico	36
4.1.2.1 Detalhamento e levantamento quantitativo dos materiais a serem utilizados nos pilares	36
4.1.2.2 Detalhamento e levantamento quantitativo de perfis para as tesouras	36
4.1.2.3 Detalhamento e levantamento quantitativo de perfis para as vigas de travamento	37
4.1.2.4 Detalhamento e levantamento quantitativo de perfis para os contraventamentos de enrijecimento	38
4.1.2.5 Detalhamento e levantamento quantitativo de perfis para as agulhas de enrijecimento das terças.....	38
4.1.2.6 Detalhamento e levantamento quantitativo de perfis para as terças de cobertura	39
4.1.2.7 Resumo geral do quantitativo de material necessário para a fabricação do pré-fabricado metálico	39
4.1.3 Orçamento dos materiais	39
4.1.3.1 Orçamento dos materiais necessários para a fabricação do pré-fabricado em concreto	39
4.1.3.2 Orçamento dos materiais necessários para a fabricação do pré-fabricado metálico	41
4.1.4 Levantamento dos custos de mão de obra de fabricação e montagem	42
4.1.4.1 Levantamento dos custos de fabricação e montagem do pré-fabricado em concreto ..	42
4.1.4.2 Levantamento dos custos de fabricação e montagem do pré-fabricado metálico	43
4.1.5 Comparativos dos dois métodos estruturais	43
5 CAPÍTULO 5.....	48
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
6 CAPÍTULO 6.....	49
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	49
REFERÊNCIAS	50

ANEXO A - PROJETO DOS PILARES	51
ANEXO B - DETALHAMENTO DOS BRAÇOS DE CONCRETO	52
ANEXO C - DETALHAMENTO DAS TERÇAS DE CONCRETO.....	53
ANEXO D - TABELA GERDAU.....	54
ANEXO E - DETALHAMENTO DOS PILARES METÁLICOS.....	55
ANEXO F - LOCAÇÃO DOS PILARES METÁLICOS	56
ANEXO G - DETALHE DA TESOURA.....	57
ANEXO H - DETALHE DA VIGA DE TRAVAMENTO VT 02.....	58
<u>ANEXO I - DETALHE DA VIGA DE TRAVAMENTO VT 02.....</u>	59
<u>ANEXO J - DETALHAMENTO DOS CONTRAVENTAMENTOS.....</u>	60
ANEXO K - PLANTA DE COBERTURA.....	61
ANEXO L - DETALHAMENTO DAS AGULHAS	62
<u>ANEXO M - DETALHAMENTO DAS TERÇAS</u>	63
ANEXO N - DETALHAMENTO DAS TERÇAS	64
ANEXO O - COTAÇÃO CONCRETO 01.....	65
<u>ANEXO P - COTAÇÃO CONCRETO 02</u>	66
<u>ANEXO Q - COTAÇÃO CONCRETO 02.....</u>	67
<u>ANEXO R - COTAÇÃO METÁLICO 01.....</u>	68
<u>ANEXO S - COTAÇÃO METÁLICO 02.....</u>	69
ANEXO T - COTAÇÃO METÁLICO 03.....	70

1 CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUÇÃO

Segundo o 1º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em concreto pré-moldado, a evolução na construção civil aconteceu em diversas fases, sendo cada uma delas caracterizada por uma diversidade de métodos, tecnologias e arquiteturas próprias (SERRA, FERREIRA & PIGOZZO, 2005).

Em 1873 deu-se o primeiro passo em direção a utilização das estruturas de concreto armado, com a construção do *Ward's Castle* (existente até os dias de hoje), uma casa construída em concreto armado, criado pelo americano W. E. Ward. Posteriormente, em 1904, na Alemanha, é publicada por E. Morsch as "Instruções provisórias para preparação execução e ensaio de construções de concreto armado" (CBCA, 2014).

Foi no final do século XIX e início do século XX que o aço começou a ser utilizado, mas ainda na forma de estruturas pré-fabricadas importadas para atender à demanda crescente por pontes e edifícios. Apenas a partir do início de operação da Companhia Siderúrgica Nacional, CSN, a primeira siderúrgica integrada instalada no país, em 1946, é que o aço importado passou a ser substituído pelo produto de fabricação nacional. O uso do aço em obras recentes, como estádios para a Copa do Mundo de Futebol em 2014, aeroportos, edifícios corporativos, hotéis e até edifícios do Minha Casa Minha Vida, atestam a enorme contribuição que a construção em aço oferece para que se tenham obras cada vez mais rápidas, eficientes, bonitas e sustentáveis (CBCA, 2015).

Segundo Acker (2002), comparado aos métodos de construção tradicional e outros materiais de construção, os sistemas pré-fabricados, como método construtivo, e o concreto e aço, como material, têm muitas características positivas. É uma forma industrializada de construção com muitas vantagens econômicas.

Para comparar o custo entre os sistemas estruturais em pré-fabricado de concreto e metálico, para um barracão de 20x45 metros com dois sistemas um em pré-fabricado em concreto e outro em pré-fabricado metálico, para isso foram levantadas os quantitativos de material necessários para a fabricação além de se levantar os custos de fabricação e montagem para os dois sistemas.

Portanto, a competitividade de um sistema estrutural está ligada a características próprias de cada sistema e, também, a uma configuração correta do sistema, adotando as escolhas certas para o melhor custo benefício a ser escolhido.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Comparar o custo entre os sistemas estruturais em pré-fabricados de concreto e metálico,

1.2.2 Objetivos específicos

- Realizar o levantamento quantitativo do material necessário para a fabricação dos elementos estruturais que compõe ambos os sistemas;
- Levantar o custo de mão de obra para fabricação dos elementos estruturais que compõe ambos os sistemas;
- Levantar o custo de mão de obra para montagem da obra nos diferentes sistemas em estudo;

1.3 JUSTIFICATIVA

Os pré-fabricados perderam o estigma de sistema construtivo para galpões e de serem pouco versáteis arquitetonicamente. Evoluiu na estética, desenvolveu acabamentos mais suaves, peças para composição com outros sistemas e melhores encaixes. Superar, entretanto, o senso comum de que o pré-fabricado é caro, sem levar em conta seus benefícios, ainda é um grande desafio do setor (Construção Mercado).

Este sistema possibilitou economia considerável nos custos finais das obras, versatilidade e redução nos prazos de conclusão, além de proporcionar flexibilidade arquitetônica, possibilidade de ampliações, segurança, baixa manutenção e facilidade de implantação em lugares distantes e com pouca infraestrutura (1º ENPPP).

Atualmente, muitas pessoas ao construir seus barracões industriais ficam em dúvida sobre qual método construtivo adotar, muitas vezes, o pré-fabricado em concreto, por ter sua matéria-prima mais fácil de encontrar, e por questões culturais, acabam não sabendo que estrutura metálica é, também, um método pré-fabricado.

O pré-fabricado, tanto em concreto quanto o metálico, por suas produções serem diferentes uma da outra, acabam tendo em cada método suas qualidades e limitações, referente a sua fabricação.

Assim, com este trabalho será levantado os custos para futuras obras, analisando qual o método a ser escolhido para se ter o menor custo e, assim, extrair o maior lucro sobre o empreendimento.

1.4 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Qual o sistema estrutural com menor custo para execução de um barracão em pré-fabricado de concreto e metálico, de dimensões 20 x 45 metros, composto de pilares, tesouras, braços e terças de cobertura?

1.5 FORMULAÇÃO DA HIPOTESE

O sistema estrutural pré-fabricado de concreto, em um barracão de 20x45 metros pode ser mais econômico de se executar, devido seus materiais serem encontrados mais facilmente que o pré-fabricado metálico que só é encontrado em siderúrgicas que estão localizadas em grandes centros urbanos.

1.6 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi limitada ao levantamento quantitativo de material e mão de obra necessária para a fabricação de uma obra com sistema estrutural contendo pilares, tesouras e terças de cobertura, para posterior levantamento do custo de cada método estrutural na cidade de Medianeira-PR.

Limita-se a pesquisa em um barracão industrial com duas opções, um em pré-fabricado de concreto e outro em pré-fabricado metálico, cada um com 20 metros de largura

por 45 metros de comprimento e pé direito com 6 metros de altura, com pórticos a cada 5 metros, totalizando 10 pórticos de duas águas, já realizado o dimensionamento dos pilares, braços, tesouras e terças de cobertura em pré-fabricado em concreto e metálico através de projetos arquitetônico e estrutural. Serão coletados os valores dos orçamentos em no mínimo 03 empresas na região de Medianeira-PR.

2 CAPÍTULO 2

2.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.1 Concreto

O emprego de cimentos é bem antigo. Os antigos egípcios usavam gesso impuro calcinado. Os gregos e romanos usavam calcário calcinado e aprenderam, posteriormente, a misturar cal e água, areia e pedra fragmentada, tijolos ou telhas em cacos. Este foi o primeiro concreto da história (NEVILLE, 1997).

O material mais largamente usado em construção é o concreto, normalmente feito com a mistura de cimento Portland com areia, pedra e água. No ano passado, nos Estados Unidos, 63 milhões de toneladas de cimento Portland foram convertidas em 500 milhões de toneladas de concreto, cinco vezes o consumo do aço. O consumo mundial total de concreto, no ano passado, foi estimado em três bilhões de toneladas, ou seja, uma tonelada por ser humano vivo. O homem não consome nenhum outro material em tal quantidade, a não ser água (MEHTA, 1994).

O concreto não é tão resistente nem tão tenaz quanto o aço, então, por que é o material mais largamente usado na engenharia? Há algumas razões para isso. Primeiramente, o concreto possui excelente resistência à água. Ao contrário da madeira e do aço comum, a capacidade do concreto de resistir à ação da água, sem deterioração séria, faz dele um material ideal para estruturas destinadas a controlar, estocar e transportar água.

De fato, uma das primeiras aplicações conhecidas do concreto constituiu em aquedutos e muros de contenção de água, construídos pelos romanos. O uso de concreto em barragens, canais, canalização para conduzir água e tanques para estocagem é, na atualidade, visto normalmente em quase todo o mundo (Figuras 1, 2 e 3).

Figura 1: Tubo de água do Central Arizona



Fonte: USBR (1996)

Figura 2: Barragem de Itaipu, Brasil



Fonte: Promon Engenharia (2003)

Figura 3: Aqueduto Califórnia



Fonte: BBC (2011)

A durabilidade do concreto a alguns tipos de águas agressivas é responsável pelo fato do seu uso ter sido estendido a muitos ambientes agressivos, tanto industriais quanto naturais (Figura 4) (MEHTA, 1994).

Figura 4: Fountain of time



Fonte: Connecting the windy city (2016)

2.1.2 Concreto armado

Os antigos utilizavam à larga a pedra como material de construção, seja para edificar suas moradias, seja para construir fortificações, para vencer vãos de rios, seja para construir templos onde se recolhiam para buscar o apoio de seus deuses. Uma coisa ficou clara: a pedra era ótimo material de construção; era durável e resistente a esforços de compressão, quando usada como pilares (BOTELHO, 2002).

Quando a pedra era usada como viga para vencer vãos de médio porte, pontes, por exemplo, então surgiam forças de tração (na parte inferior) e a pedra se rompia. Por esse motivo eram limitados os vãos que se podiam vencer com viga de pedra. Observações para quem ainda não sabia: comprimir uma peça é tentar encurtá-la (aproximar suas partículas), tracionar uma peça é tentar distendê-la (afastar suas partículas), cisalhar uma peça é tentar cortá-la (como cortar manteiga com uma faca) (BOTELHO, 2002).

O concreto é um material que apresenta alta resistência às tensões de compressão, porém, apresenta baixa resistência à tração (cerca de 10 % da sua resistência à compressão). Assim sendo, é imperiosa a necessidade de juntar ao concreto um material com alta resistência à tração, com o objetivo deste material, disposto convenientemente, resistir às tensões de trações atuantes. Com esse material composto (concreto e armadura – barras de aço), surge então o chamado concreto armado, onde as barras da armadura absorvem as tensões de tração enquanto o concreto absorve as tensões de compressão podendo também ser

auxiliado por barras de aço, caso típico de pilares (UNESP, 2006).

No entanto, o conceito de concreto armado envolve ainda o fenômeno da aderência, que é essencial e deve obrigatoriamente existir entre o concreto e a armadura, pois não basta apenas juntar os dois materiais para se ter o concreto armado. Para a existência do concreto armado é imprescindível que haja real solidariedade entre o concreto e o aço, e que o trabalho seja realizado de forma conjunta (UNESP, 2006).

Em resumo, pode-se definir o concreto armado como a união do concreto simples e de um material resistente à tração (envolvido pelo concreto) de tal modo que ambos resistam solidariamente aos esforços solicitantes. De forma esquemática, pode-se indicar que concreto armado é:

- Concreto armado = concreto simples + armadura + aderência (UNESP, 2006).

Com a aderência, a deformação ϵ_s num ponto da barra de aço e a deformação ϵ_c no concreto que a circunda, devem ser iguais, isto é: $\epsilon_c = \epsilon_s$. A Figura 5 mostra uma peça de concreto com o concreto sendo lançado e adensado, devendo envolver e aderir à armadura nela existente (UNESP, 2006).

Figura 5: Preenchimento de uma fôrma metálica com concreto aderente à armadura



Fonte: Universidade Paulista (2006)

Segundo Botelho (2002), para se vencer grandes vãos, os antigos eram obrigados a usar múltiplos arcos. Vê-se, que essas eram limitações da construção em pedra. Quando o homem passou a usar o concreto, que é uma pedra artificial através de ligação pelo cimento, de pedra, areia e água, a limitação era a mesma. As vigas de eixo reto eram limitadas ao seu vão pelo esforço de tração máxima que podia suportar, tração essa que surgia embaixo da

viga. Em média, o concreto resiste à compressão dez vezes mais que a tração. Uma ideia nasceu: por que não usar uma mistura de material bom para a compressão na parte comprimida e um bom para tração na parte tracionada? Essa é a ideia do concreto armado. Na parte tracionada do concreto, mergulha-se aço, e na parte comprimida, deixa-se só concreto, (o aço resiste bem à tração). Assim, tem-se a ideia de concreto armado.

2.1.3 Pré-fabricado de concreto

O uso de concreto pré-moldado em edificações está amplamente relacionado a uma forma de construir econômica, durável, estruturalmente segura e com versatilidade arquitetônica. A indústria de pré-fabricados está continuamente fazendo esforços para atender as demandas da sociedade, como por exemplo: economia, eficiência, desempenho técnico, segurança, condições favoráveis de trabalho e de sustentabilidade (ACKER, 2002).

Os elementos pré-moldados podem formar uma grande diversidade de tipologias construtivas. Ilustram as tipologias usuais para obras de um único pavimento. Destaca-se o uso, principalmente, para edifícios industriais, comerciais, sobretudo *shoppings centers*. Segundo Bruggeling & Huyghe (1991), os principais requisitos desta tipologia são:

- Possibilidade de ampliação futura;
- Possibilidade de reaproveitamento dos painéis de fachada, quando houver, nos casos de ampliação;
- Baixa manutenção;
- Suficiente conforto térmico.

A tipologia das estruturas pré-fabricadas em concreto confere flexibilidade na concepção dos projetos, ao mesmo tempo em que garante o aproveitamento máximo dos recursos. A concepção no ambiente controlado da fábrica assegura a qualidade das estruturas, e com planejamento minucioso do transporte e montagem, os imprevistos são reduzidos, garantindo o cumprimento dos prazos (MOUNIR, 2000).

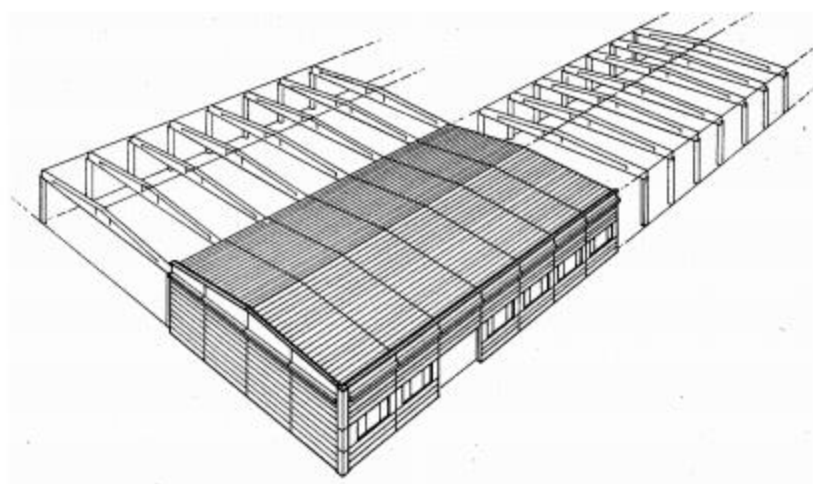
Segundo Acker (2002), a pré-fabricação das estruturas de concreto é um processo industrializado com grande potencial para o futuro. Todavia, geralmente a pré-fabricação ainda é vista por projetistas inexperientes como se fosse apenas uma variante técnica das construções de concreto moldadas no local. Nesse caso, a pré-fabricação significa apenas que partes da edificação são pré-moldadas em usinas fora do canteiro, para serem montadas depois na obra, como se o conceito inicial de uma estrutura moldada no local fosse obtido

novamente. Esse ponto de vista é completamente errôneo. Todo sistema construtivo tem suas próprias características, as quais para uma maior ou menor influência no *layout* da estrutura, largura do vão, sistemas de estabilidade, entre outras. Para conseguir melhores resultados o projeto deveria, desde o início, respeitar as demandas específicas e particulares estruturais dos sistemas construtivos pré-moldados.

Segundo Mounir (2000), em princípio, na execução de elementos pré-moldados, procura-se utilizar concreto de resistência mais alta que das estruturas de concreto moldadas no local. Assim, é comum se trabalhar com concretos com menores relações água/cimento e, portanto, com menores índices de consistência.

Para Acker (2002), os Sistemas aporticados (Figura 06) e em esqueleto consistem de elementos lineares – vigas, pilares, de diferentes formatos e tamanhos combinados para formar o esqueleto da estrutura. Estes sistemas são apropriados para construções que precisam de alta flexibilidade na arquitetura. Isto ocorre pela possibilidade do uso de grandes vãos e para alcançar espaços abertos sem a interferência de paredes. Isto é muito importante para construções industriais, *shopping centers*, estacionamentos, centros esportivos e, também, para construções de grandes escritórios.

Figura 6: Sistema de estrutura aporticada pré-fabricada



Fonte: Acker (2002)

2.1.4 História do aço

As evidências mais seguras da primeira obtenção do ferro indicam que tal fato se deu, aproximadamente, 6 mil anos a.C, em civilizações como as do Egito, Babilônia e Índia. O Ferro era, então, um material considerado nobre, devido à sua raridade, com sua utilização

se limitando a fins militares ou como elemento de adorno nas construções (BALLEI, 2004).

Ainda, segundo o autor, a utilização do ferro em escala industrial só ganhou espaço muito tempo depois, em meados do século XIX, devido aos processos de industrialização que experimentavam os países mais desenvolvidos pela revolução industrial, tais como Inglaterra, França e Alemanha. Paralelamente, ao auge da produção de ferro, desenvolveram-se processos na elaboração e formação deste metal; já em meados do século XVIII se laminavam pranchas de ferro na Inglaterra; em 1830, trilhos para estradas de ferro; em 1854, primeiramente na França, os Perfis de seção I de ferro forjável, que se tornaria a peça fundamental da construção em aço. A primeira obra importante construída em ferro foi a Ponte sobre a *Severn*, em Coalbrookdale, Inglaterra, conforme Figura 7, em 1779. Apesar da importância desta obra, por seu pioneirismo, nela o ferro ainda se apresenta como material insubstituível.

Figura 7: Ponte sobre a *Severn*



Fonte: Tourist link (2016)

Para Ballei (2004), em 1851 inicia-se a era dos grandes edifícios metálicos, com o Palácio de Cristal, em Londres. Entretanto, o primeiro edifício de andares múltiplos realmente projetado como deve ser um edifício com estrutura metálica, foi a fábrica de chocolates de *Noisiel-Sur-Name*, perto de Paris. Trata-se de um edifício de vários andares, construído por Jules Saulnier, em 1872 (Figura 8), sobre os quatro pilares da antiga ponte sobre o Rio Marne, de forma a aproveitar a energia hidráulica do rio. Este edifício antecipa alguns dos elementos estruturais da moderna construção com esqueleto em aço: as laterais do edifício apoiadas em vigas em balanço e principalmente a estabilidade lateral do prédio, garantida por uma rede de diagonais, sistema idêntico ao de contraventamento de modernos edifícios.

Figura 8: Fábrica de chocolates *Noisiel-Sur-Name*



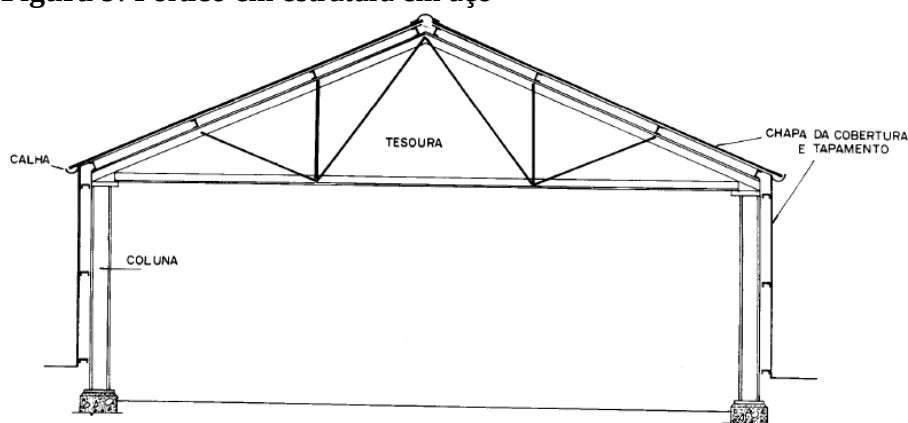
Fonte: Arquitectura+Acero (2016)

2.1.5 Pré-fabricado metálico

As estruturas metálicas têm indicadores de sua utilização em escala industrial a partir de 1750. No Brasil, o início de sua fabricação foi no ano de 1812, sendo que o grande avanço na fabricação de perfis em larga escala ocorreu com a implantação das grandes siderúrgicas, como por exemplo, a Companhia Siderúrgica Nacional - CSN, que começou a operar em 1946 (PINHEIRO, 2005).

Os galpões ou edifícios industriais (Figura 9) são construções em aço, geralmente de um único pavimento, constituídos de sistemas estruturais compostos por pórticos regularmente espaçados, com cobertura superior apoiada em sistemas de terças e vigas ou tesouras e treliças, com grandes áreas cobertas e destinadas para uso comercial (lojas, estacionamentos, centros de distribuição, entre outros), uso industrial, agrícola ou outras aplicações (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2010).

Figura 9: Pórtico em estrutura em aço



Fonte: Bellei (1998)

A escolha do sistema estrutural que vai dar sustentação ao edifício é de fundamental importância para o resultado final do conjunto da obra no que tange aos aspectos de peso das estruturas, da facilidade de fabricação, da rapidez de montagem e, conseqüentemente, do custo final da estrutura. Quando se pode utilizar contraventamento verticais para dar estabilidade às cargas horizontais, como a pressão do vento, pode-se fazer o resto da estrutura trabalhar de forma mais simples, com maior número de ligações flexíveis e explorando ao máximo as vigas mistas, o que torna a estrutura mais leve e mais fácil de montar. Ao contrário, quando não se pode utilizar os contraventamentos, deve-se aporcar a estrutura, resultando em uma estrutura com ligações rígidas, o que torna mais lenta a montagem e a estrutura menos econômica (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2011).

Tradicionalmente o aço tem sido vendido por tonelada e, conseqüentemente, discutindo-se o custo de uma estrutura de aço, impõe-se que se formulem seus custos por tonelada de estrutura acabada. Porém, ignora-se o grande número de fatores que têm influência significativa no custo final, por tonelada, de uma peça de aço fabricada. No projeto, detalhe, fabricação e montagem de uma estrutura de aço, os seguintes fatores influenciam o custo de uma estrutura:

- Seleção do sistema estrutural;
- Projeto dos elementos estruturais individuais;
- Projeto e detalhe das conexões;
- Processo a ser usado na fabricação;
- Especificações à fabricação e montagem;
- Sistema de proteção à corrosão;
- Sistema a ser usado na montagem;

- Sistema de proteção contra o fogo, entre outros.

A seleção do mais eficiente sistema estrutural, compatível com o processo de fabricação, é fundamental para se otimizar os custos. Economia na fabricação e montagem só é possível com resultado de conexões bem elaboradas durante a fase de detalhamento, de acordo com as premissas do projeto. As especificações são as que maior influência tem nos custos de fabricação e montagem, onde se determinam a qualidade do material e as tolerâncias requeridas. Outro item importante é a proteção contra a corrosão, que, em muitos casos, pode chegar até 25% do valor da estrutura (BELLEI, 1998).

2.1.6 Orçamento

Orçamento é a determinação dos custos prováveis para a execução de uma obra. Acrescenta ainda que um bom orçamento deve ser preciso, porém não exato (MATTOS, 2006).

Orçar é quantificar insumos, mão de obra ou equipamentos necessários para a execução de uma obra, ou serviço com os seus respectivos custos e tempos de duração (ÁVILA, LIBRELOTTO e LOPES, 2003).

A construção civil é um setor industrial de grande importância no cenário político e econômico do Brasil. A cadeia da construção representa 8% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e é o 4º maior gerador de empregos do país (AURICCHIO, 2012).

Diferentemente do ocorrido em outros países, os métodos construtivos utilizados no Brasil não acompanharam o desenvolvimento tecnológico. No Brasil, ao longo dos anos, não houve a preocupação em adotar processos construtivos mais racionais, pois a mão de obra, até então, abundante e barata, compensava os gastos com desperdícios e processos com baixo controle (OLIVEIRA, 1997 *apud* MILANI *et al.*, 2012).

O aquecimento do mercado e a forte concorrência fez com que as empresas de construção civil procurassem maneiras de se manter cada vez mais competitivas, de modo que a redução de custos de produção, tempos de execução, menor desperdício e otimização da mão de obra se tornaram quesitos a serem ponderados (MILANI *et al.*, 2012). Diante desse cenário, a construção civil se encontra em um momento de dedicação, busca e implantação de estratégias de modernização do setor, em que a racionalização construtiva tem um papel fundamental. As tendências mais notáveis se relacionam ao emprego de sistemas, totalmente

ou parcialmente pré-fabricados, capazes de maximizar o potencial de racionalização nos processos construtivos (FREITAS; LIMA; CASTILHO, 2012).

O Custo Total (CT) de uma obra é representado pela soma entre os Custos Diretos (CD) e as Despesas Indiretas (DI) do empreendimento ($CT = CD + D$). Ao se associar o resultado esperado (B) às Despesas Indiretas (DI), determina-se o seu Preço de Venda (PV), ou seja, $PV = CD + BDI$ (PINHO, 2008).

Segundo Pinho (2008) é importante ressaltar que, para a determinação do PV a ser adotado em um empreendimento, além dos componentes de formação de custos citados, não se pode deixar de considerar o Preço de Mercado no local do empreendimento, representado pelo valor máximo por m^2 de Área Privativa de Construção que se consegue comercializar a unidade autônoma na região do empreendimento. Por área privativa de construção, entende-se a área interna à unidade autônoma que está sendo comercializada.

Ainda segundo Pinho (2008), os custos dos materiais são obtidos a partir das quantidades e das especificações dos materiais utilizados, acrescidos dos encargos inerentes a cada um, tais como os impostos e taxas específicos para determinados materiais, como o IPI, as perdas por manuseio, os fretes, despesas de armazenamento, entre outros. Com exceção das perdas por manuseio, todos os demais encargos relacionados são de fácil determinação. O custo da mão de obra para execução de uma determinada atividade em uma obra está relacionado a dois componentes: à produtividade de execução de uma atividade e ao custo específico para a realização de cada atividade.

CAPÍTULO 3

3.1 METODOLOGIA

3.1.1 Tipo de estudo e local da pesquisa

Trata-se de um comparativo entre dois sistemas estruturais pré-fabricados de concreto e metálico, levantando em projeto, os materiais e matérias-primas necessárias para a fabricação de cada pilar, tesoura e terças de cobertura, de um barracão pré-fabricado em concreto e outro em pré-fabricado metálico, com base nos valores da matéria-prima na cidade de Medianeira-PR.

O método de pesquisa adotado foi o quantitativo, pois foram extraídos do projeto as quantidades de materiais necessários para a fabricação de cada item do seu respectivo método construtivo. Além de se considerar as etapas de fabricação, montagem, organização e tipo de canteiro da obra, sem considerar os custos indiretos.

O levantamento desses materiais busca comparar qual método é mais economicamente viável de se realizar.

3.1.2 Caracterização da amostra

Este estudo constituiu em um barracão com duas soluções, o primeiro em pré-fabricado em concreto e o segundo em estrutura metálica. Com dimensões de 20 metros de largura por 45 metros de comprimento e 6 metros de pé direito conforme as figuras 10,11,12 e 13, totalizando uma área de 900 m² cada um, contendo em cada barracão 26 pilares, 10 tesouras, 720 metros de terças de cobertura com mesmo espaçamento entre as terças e pilares com seu respectivo método construtivo. O levantamento dos valores dos materiais necessários foram orçados nas empresas da região de Medianeira-PR, com no mínimo 03 orçamentos.

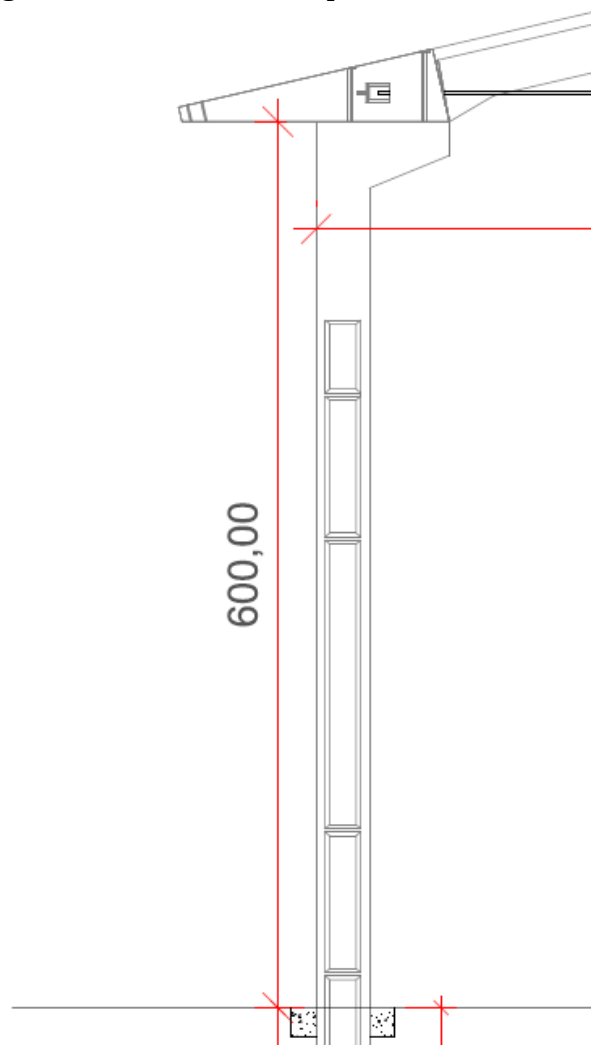
3.1.3 Coleta de dados

Os dados foram coletados através de projetos e visitas *in loco* na cidade de Medianeira-PR, disponibilizados pelos proprietários das empresas parceiras desse estudo, e com pesquisas de mercado dos materiais necessários para a fabricação na cidade de Medianeira-PR. Como também foram usados livros, artigos e sites como suporte.

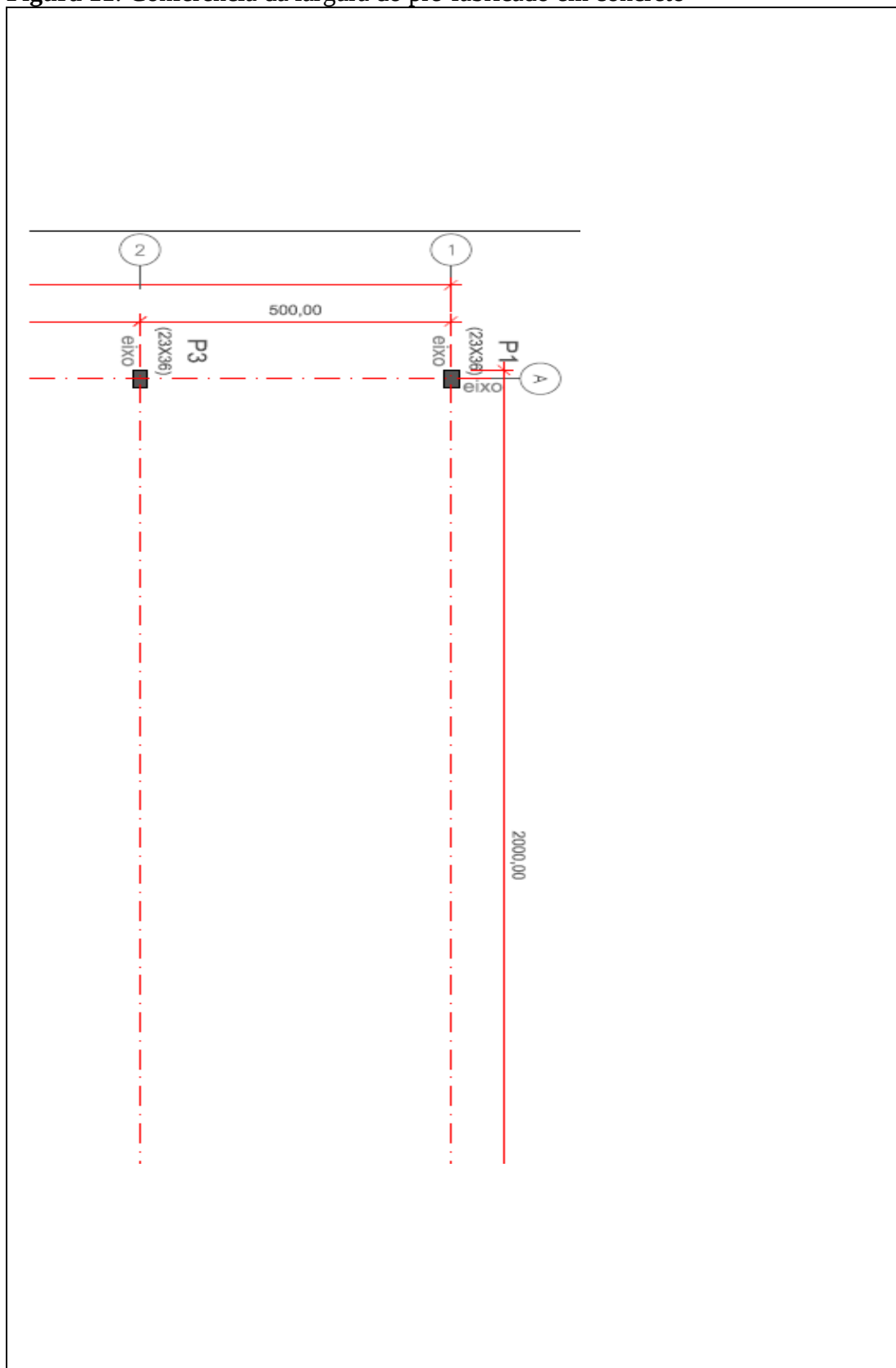
O principal objetivo desse estudo foi de levantar todo o material necessário para a fabricação dos elementos estruturais, tanto de concreto como metálica, com o foco em saber qual método é mais economicamente viável de se fabricar em relação a esse tipo de barracão.

A coleta dos dados foi iniciada a partir da comparação das alturas do pé direito e vãos do pré-fabricado em concreto, conforme as Figuras 10 e 11.

Figura 10: Conferencia do pé direito em concreto



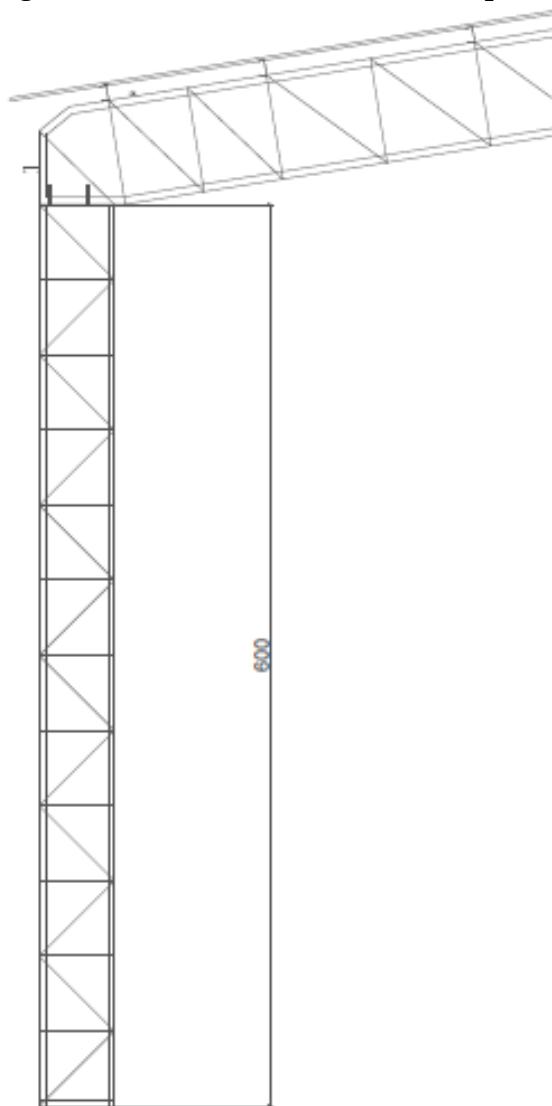
Fonte: Autor (2017)

Figura 11: Conferência da largura do pré-fabricado em concreto

Fonte: Autor (2016)

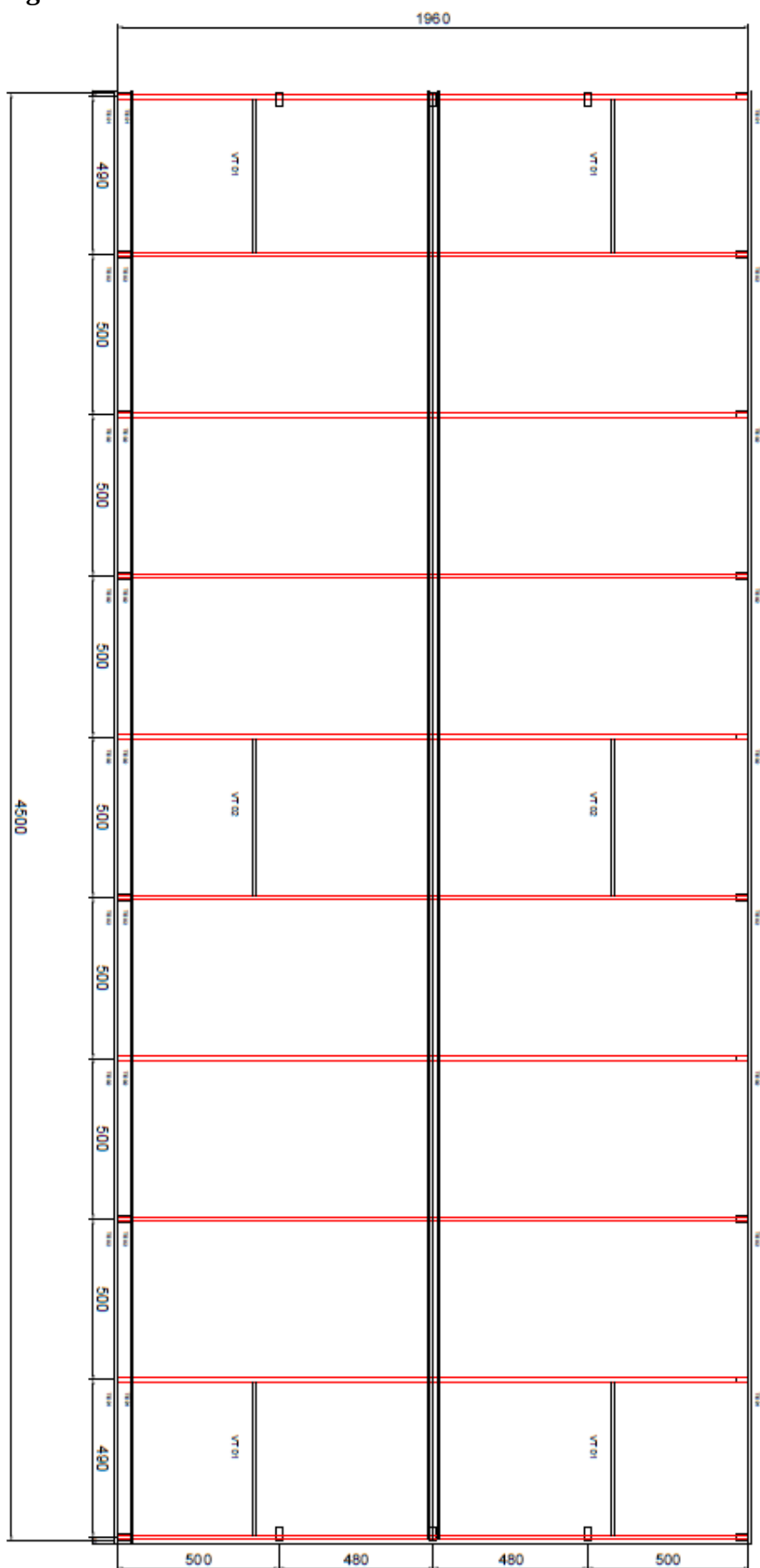
Posterior a análise do pré-fabricado em concreto, iniciam-se as análises do pré-fabricado metálico. Conforme as Figuras 12 e 13, foram também conferidas as dimensões do barracão industrial, para se ter certeza que está de acordo com este estudo.

Figura 12: Conferência da altura do pé-direito



Fonte: Autor (2016)

Figura 13: Conferência das dimensões externas



Fonte: Autor (2016)

3.1.4.3 Levantamento do quantitativo de material para cada método

Para o levantamento do quantitativo de material para cada método foi elaborada uma tabela representada pela Figura 14, onde se tem a peça que está analisando e os materiais necessários para sua fabricação.

Figura 14: Exemplo de a tabela a seguir

QUADRO RESUMO DE MATERIAIS							
ITEM	DESCRIÇÃO						
1	ITEM 1	QTD	UM	UNID.	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]
1.1							
1.2							
	subtotal				-		0
2	ITEM 2	QTD	UM	UNID.	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]
2.1							
2.2							
	subtotal						0
3	ITEM 3	QTD/TES	VIGAS [un]	UNID.	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]
3.1							
3.2							
3.3							
3.4							
	subtotal						0
							[kg]
						TOTAL	0

Fonte: Autor (2016)

Posterior a isso, foram realizadas as cotações de todos os materiais e matérias-primas necessárias para a fabricação de cada método, levantando-se o menor valor entre as 03 empresas em que se realizaram as cotações na região de Medianeira-PR.

Para se ter um custo mais preciso da fabricação e montagem do pré-fabricado em concreto, foram analisados quanto tempo uma equipe de 04 funcionários de uma determinada empresa leva para armar, concretar e montar um pilar, uma viga e uma terça.

Para pré-fabricado metálico foram levantadas quantas toneladas de aço uma equipe de 04 funcionários leva para produzir e montar pilares, tesouras e terças.

3.1.4 Análise dos dados

Com todas as informações em mãos foram analisados a quantidade de material necessário para a fabricação e montagem de cada peça, com isso juntamos com o menor valor de material, para se chegar a um resultado, foram comparados os custos finais de cada método construtivo, para tanto, foi elaborada uma planilha com todos os custos e resultando em um valor final, conforme a Figura 15.

Figura 15: Planilha total

QUADRO RESUMO DE MATERIAIS									
ITEM	DESCRIÇÃO								
1	ITEM 1	QTDA	UM	UNID.	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]	R\$/kg	TOTAL
1.1									
1.2									
	subtotal				-		0		
2	ITEM 2	QTD	UM	UNID.	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]		
2.1									
2.2									
	subtotal						0		
3	ITEM 3	QTD/TES	VIGAS [un]	UNID.	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]		
3.1									
3.2									
3.3									
3.4									
	subtotal						0		
							[kg]	R\$/kg	VALOR
						TOTAL	0	0	0
						Mao de obra de fabricação/montagem			0
								TOTAL	0,00

Fonte: Autor (2016)

4 CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são discutidos e apresentados os processos de levantamento dos custos dos dois sistemas estruturais em pré-fabricado de concreto e metálico, desenvolvido em forma de tópicos. No final, apresentam-se as planilhas com seus respectivos custos.

4.1.1 Levantamento dos materiais a serem utilizados no pré-fabricado de concreto

4.1.1.1 Detalhamento e levantamento quantitativo dos materiais a serem utilizados nos pilares

Para os pilares, foi levantado, primeiramente, o aço necessário para a execução da armadura, onde foram utilizados pilares tipo T. O Anexo A apresenta o detalhamento do pilar em concreto armado pré-fabricado.

Para os pilares foram utilizados os materiais apresentados no Quadro 1, e como serão 26 pilares de seção 26x36 foi levantada a quantidade total.

Quadro 1: Detalhamento do quantitativo dos pilares de concreto

QUADRO RESUMO DE MATERIAIS					
ITEM	DESCRIÇÃO				
1	MATERIAL DOS PILARES	QTD/PILAR	PILARES [un]	UNID.	TOTAL [m]
1.1	Aço CA-50 12,5mm de espessura	42,98	26,00	ml	1.117,48
1.2	Aço CA-50 10,0mm de espessura	20,00	26,00	ml	520,00
1.3	Aço CA-50 8,0mm de espessura	5,00	26,00	ml	130,00
1.4	Aço CA-60 5,0mm de espessura	58,44	26,00	ml	1.519,44
1.5	Areia	0,25	26,00	m³	6,50
1.6	Pedra britada numero 1	0,25	26,00	m³	6,50
1.7	Cimento CP II	3,71	26,00	sc	96,46

Fonte: Autor (2016)

Conforme Quadro 1, pode-se analisar a quantidade total para todos os 26 pilares.

4.1.1.2 Detalhamento e levantamento quantitativo dos materiais a serem utilizados nos braços de concreto

Os braços de concreto são os responsáveis pela sustentação para as terças, as telhas e a sobrecarga na estrutura, para os braços foram levantados todos os materiais necessários para a sua fabricação, através de detalhamento apresentado no Anexo B.

Para os braços foram levantadas as quantidades, conforme Quadro 2.

Quadro 2: Detalhamento do quantitativo dos braços de concreto

2	MATERIAL DOS BRAÇOS	QTD/BRAÇOS	PILARES [un]	UNID.	TOTAL [m]
2.1	Aço CA-50 12,5mm de espessura	31,30	20,00	ml	626,00
2.2	Aço CA-50 10,0mm de espessura	69,52	20,00	ml	1.390,40
2.3	Aço CA-60 5,0mm de espessura	77,85	20,00	ml	1.557,00
2.4	Areia	0,24	20,00	m³	4,80
2.5	Pedra britada numero 1	0,24	20,00	m³	4,80
2.6	Cimento CP II	3,48	20,00	sc	69,60

Fonte: Autor (2016)

4.1.1.3 Detalhamento e levantamento quantitativo dos materiais a serem utilizados nas terças de cobertura

As terças de cobertura em concreto armado são dispostas uma da outra em vãos de 1,60 metros, totalizando 126 peças de 5 metros de comprimento, conforme o detalhamento apresentado no Anexo C.

Com serão utilizadas 126 peças, o total para as terças de cobertura se deu pelo levantamento apresentado na Quadro 3.

Quadro3: Detalhamento do quantitativo das terças de concreto

3	MATERIAL DAS TERÇAS DE COBERTURA	QTD/TERÇA	QTDA	UNID.	TOTAL [m]
3.1	Aço CA-50 8,0mm de espessura	15,87	126,00	ml	1.999,62
3.2	Aço CA-50 6,3mm de espessura	2,57	126,00	ml	323,82
3.3	Aço CA-60 5,0mm de espessura	9,92	126,00	ml	1.249,92
3.4	Areia	0,02	126,00	m³	2,52
3.5	Pedra britada numero 1	0,02	126,00	m³	2,52
3.6	Cimento CP II	0,30	126,00	sc	37,80

Fonte: Autor (2016)

4.1.1.4 Resumo geral do quantitativo de material necessário para a fabricação do pré-fabricado em concreto

Para o resumo dos vergalhões, foi usada a tabela da Comercial Gerdau, conforme o Anexo D, onde foram levantados os pesos de acordo com a bitola e o aço utilizado na fabricação de cada elemento estrutural, e assim foi feito o levantamento da planilha final, representado pelo Quadro 4. Com o traço do concreto, conseguiu-se levantar a quantidade de areia, pedra nº 1 e cimento.

Quadro 4: Detalhamento total do pré-fabricado em concreto

QUADRO RESUMO DE MATERIAIS					
ITEM	DESCRIÇÃO				
1	MATERIAL DOS PILARES	QTD/PILAR	PILARES [un]	UNID.	TOTAL [m]
1.1	Aço CA-50 12,5mm de espessura	42,98	26,00	ml	1.117,48
1.2	Aço CA-50 10,0mm de espessura	20,00	26,00	ml	520,00
1.3	Aço CA-50 8,0mm de espessura	5,00	26,00	ml	130,00
1.4	Aço CA-60 5,0mm de espessura	58,44	26,00	ml	1.519,44
1.5	Areia	0,25	26,00	m³	6,50
1.6	Pedra britada numero 1	0,25	26,00	m³	6,50
1.7	Cimento CP II	3,71	26,00	sc	96,46
	Subtotal				
2	MATERIAL DOS BRAÇOS	QTD/BRAÇOS	PILARES [un]	UNID.	TOTAL [m]
2.1	Aço CA-50 12,5mm de espessura	31,30	20,00	ml	626,00
2.2	Aço CA-50 10,0mm de espessura	69,52	20,00	ml	1.390,40
2.3	Aço CA-60 5,0mm de espessura	77,85	20,00	ml	1.557,00
2.4	Areia	0,24	20,00	m³	4,80
2.5	Pedra britada numero 1	0,24	20,00	m³	4,80
2.6	Cimento CP II	3,48	20,00	sc	69,60
	Subtotal				
3	MATERIAL DAS TERÇAS DE COBERTURA	QTD/TERÇA	QTDA	UNID.	TOTAL [m]
3.1	Aço CA-50 8,0mm de espessura	15,87	126,00	ml	1.999,62
3.2	Aço CA-50 6,3mm de espessura	2,57	126,00	ml	323,82
3.3	Aço CA-60 5,0mm de espessura	9,92	126,00	ml	1.249,92
3.4	Areia	0,02	126,00	m³	2,52
3.5	Pedra britada numero 1	0,02	126,00	m³	2,52
3.6	Cimento CP II	0,30	126,00	sc	37,80
	Subtotal				

Fonte: Autor (2016)

4.1.2 Levantamento dos materiais a serem utilizados no pré-fabricado metálico

4.1.2.1 Detalhamento e levantamento quantitativo dos materiais a serem utilizados nos pilares

No primeiro momento foram levantadas as quantidades dos perfis U 127x50 #3.00 mm, para a execução de um pilar, conforme Anexo E.

Como os perfis U 127x50 #3.00 mm são dispostos todos em volta do pilar, então foram levantados um total de 13 metros linear de vigas U 127x50 #3.00mm. Posterior a isso, foram levantadas as quantidade de cantoneiras 1.1/2"x1/8", como as cantoneiras são dispostas internamente nos pilares para dar rigidez e travamento, elas são dispostas duplamente. Assim, totalizando 27,97 metros linear de cantoneiras de 1.1/2"x1/8".

Com o quantitativo de perfis para 01 pilar, foi levantado a quantidade de pilares totais para a obra completa, conforme a planta baixa do Anexo F.

Pela locação dos pilares foi analisado que serão 26 pilares, sendo assim, com o levantamento da quantidade de perfis por pilar, conseguiu-se iniciar a montagem da planilha de custos, conforme Quadro 5.

Quadro 5: Detalhamento do quantitativo das terças metálicas

1	PERFIS DOS PILARES	QTD/PILAR	PILARES [un]	UNID.	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]
1.1	Perfil U 127x50 #3.00mm	13,00	26,00	ml	338,00	5,15	1740,7
1.2	Cantoneira 1.1/2"x1/8"	27,97	26,00	ml	727,22	1,85	1345,357
	subtotal				-		3086,057

Fonte: Autor (2016)

4.1.2.2 Detalhamento e levantamento quantitativo de perfis para as tesouras

Para o quantitativo dos perfis das tesouras metálicas foram quantificados os perfis dos banzos, superior e inferior, como também o montante de ligação, conforme Anexo G.

Pelo detalhamento das tesouras, foi levantado o quantitativo dos banzos em perfil U 127x50 #3.00mm, totalizando 43,60 metros de perfil U 127x50 # 3.00mm para uma tesoura.

Juntamente com a quantidade de banzos, foram levantados a quantidade de cantoneira 1.1/2"x1/8", com base no mesmo detalhamento da tesoura. Desse modo, a quantidade total necessária para uma tesoura foi de 98,55 metros linear de cantoneira 1.1/2"x1/8". Tendo o quantitativo dos perfis necessários para a execução de 01 tesoura, logo se conseguiu levantar o quantitativo total para as 10 tesouras, conforme o Quadro 6.

Quadro 6: Detalhamento do quantitativo das tesouras metálicas

2	PERFIS DAS TESOURAS	QTD/TES	TESOURA [un]	UNID.	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]
2.1	Perfil U 127x50 #3.00mm	43,60	10,00	ml	436,00	5,15	2245,4
2.2	Cantoneira 1.1/2"x1/8"	98,55	10,00	ml	985,50	1,85	1823,175
	subtotal						4068,575

Fonte: Autor (2016)

4.1.2.3 Detalhamento e levantamento quantitativo de perfis para as vigas de travamento

Para as vigas de travamento foram utilizados os mesmo critérios de levantamento dos pilares (Anexos H e I).

Para a viga de travamento VT 02, foi levantado uma quantidade de perfil U 127x50 # 3.00mm de 11,15 metros e de cantoneira 1.1/2"x1/8" foi de 13,82 metros, como serão duas vigas VT 02, serão necessários 22,30 metros de perfil U127x50 #3.00mm e 27,64 metros de cantoneira 1.1/2"x1/8".

Para a viga de travamento VT01, foi levantado que serão necessários 10,95 metros de perfil U127x50 #3.00mm e de 13,68 metros de cantoneiras 1.1/2"x1/8". Assim, como serão 04 vigas VT 01, serão necessários 43,8 metros de perfis U127x50 #3.00mm e 54,72 metros de cantoneira 1.1/2"x1/8", totalizando para as duas vigas, VT 01 e VT 02, 66,10 metros de perfil U127x50 #3.00mm e de 82,36 metros de cantoneira 1.1/2"x1/8", conforme o Quadro 7.

Quadro 7: Detalhamento do quantitativo das vigas de travamento metálicas

3	PERFIS DAS VIGAS DE TRAVAMENTO	QTD/TES	VIGAS [un]	UNID.	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]
3.1	Perfil U 127x50 #3.00mm VT01	11,15	2,00	ml	22,30	5,15	114,845
3.2	Cantoneira 1.1/2"x1/8" VT 01	13,82	2,00	ml	27,64	1,85	51,134
3.3	Perfil U 127x50 #3.00mm VT02	10,95	4,00	ml	43,80	5,15	225,57
3.4	Cantoneira 1.1/2"x1/8" VT 02	13,68	4,00	ml	54,72	1,85	101,232
	subtotal						492,781

Fonte: Autor (2017)

4.1.2.4 Detalhamento e levantamento quantitativo de perfis para os contraventamentos de enrijecimento

Os contraventamentos de enrijecimento servem para dar rigidez à estrutura, portanto é uma peça que faz parte do sistema estrutural do pré-fabricado metálico.

Para o levantamento dos contraventamentos foram levantadas as distâncias entre os suportes de fixação do mesmo, o que resultou em 03 medidas diferentes, conforme Anexo J.

Cada quantidade foi levantada através da planta de cobertura (Anexo K), como na planta de cobertura indica a posição de cada contraventamento, serão necessários o total de 157,2 metros de ferro redondo 1/2" para a fabricação de todos os contraventamento (Quadro 08).

Quadro 08: Detalhamento do quantitativo dos contraventamentos metálicos

4	CONTRAVENTAMENTO (Ferro redondo 1/2")	COMP	QTDA	UNID	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]
4.1	CT 01	6,00	8,00	un	48,00	0,99	47,52
4.2	CT 02	7,05	8,00	un	56,40	0,99	55,836
4.3	CT 03	6,10	4,00	un	24,40	0,99	24,156
4.4	CT 04	7,10	4,00	un	28,40	0,99	28,116
	subtotal				157,20		155,628

Fonte: Autor (2017)

4.1.2.5 Detalhamento e levantamento quantitativo de perfis para as agulhas de enrijecimento das terças

As agulhas são outros equipamentos para auxiliar no enrijecimento e alinhamento das terças de cobertura, pelo Anexo L foram levantados o quantitativo das agulhas, totalizando 194,06 metros de cantoneira 1.1/2"x1/8", conforme a Quadro 9.

Quadro 9: Detalhamento das agulhas

5	AGULHAS (L 1.1/2"x1/8")	COMP	QTDA	UNID	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]
5.1	AG 01	1,24	18,00	un	22,32	1,85	41,292
5.2	AG 02	1,39	90,00	un	125,10	1,85	231,435
5.3	AG 03	1,06	44,00	un	46,64	1,85	86,284
	subtotal				194,06		359,011

Fonte: Autor (2017)

4.1.2.6 Detalhamento e levantamento quantitativo de perfis para as terças de cobertura

As terças de cobertura tem a função de dar suporte às telhas da cobertura. Para as terças de cobertura serão usadas terças em perfil enrijecido UR 100x40x15 #2.25mm, conforme Anexo M.

Conforme o projeto e o detalhamento foram levantadas as quantidades para as terças de cobertura, para as terças do tipo TE 01 foi totalizado uma quantidade de 183,6 metros de perfil UR 100x40x15 #2.25mm, para as terças TE 02 foram quantificadas 630 metros de perfil UR 100x40x15 #2.25mm (Quadro 10).

Quadro 10: Detalhamento das terças

6	TERÇA DE COBERTURA (UR 100X40X15 #2.25mm)	COMP	QTDA	UNID	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]
6.1	TE 01	5,10	36,00	un	183,60	3,51	644,436
6.2	TE 02	5,00	126,00	un	630,00	3,51	2211,3
	subtotal				813,60		2855,736

Fonte: Autor (2017)

4.1.2.7 Resumo geral do quantitativo de material necessário para a fabricação do pré-fabricado metálico

Para o resumo geral de todos os materiais necessários para a fabricação do pré-fabricado metálico e para uma melhor organização, foi realizada uma tabela com todos os materiais. Como o pré-fabricado metálico se trabalha totalmente em peso por kg, já foram multiplicados os pesos de cada material a partir das informações da Comercial Gerdau, Anexo N, totalizando o peso da estrutura (Quadro 11).

Quadro 11: Detalhamento total do material em pré-fabricado metálico

QUADRO RESUMO DE MATERIAIS							
ITEM	DESCRIÇÃO						
1	PERFIS DOS PILARES	QTD/PILAR	PILARES [un]	UNID.	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]
1.1	Perfil U 127x50 #3.00mm	13,00	26,00	ml	338,00	5,15	1740,7
1.2	Cantoneira 1.1/2"x1/8"	27,97	26,00	ml	727,22	1,85	1345,357
	subtotal				-		3086,057
2	PERFIS DAS TESOURAS	QTD/TES	TESOURA [un]	UNID.	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]
2.1	Perfil U 127x50 #3.00mm	43,60	10,00	ml	436,00	5,15	2245,4
2.2	Cantoneira 1.1/2"x1/8"	98,55	10,00	ml	985,50	1,85	1823,175
	subtotal						4068,575
3	PERFIS DAS VIGAS DE TRAVAMENTO	QTD/TES	VIGAS [un]	UNID.	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]
3.1	Perfil U 127x50 #3.00mm VT01	11,15	2,00	ml	22,30	5,15	114,845
3.2	Cantoneira 1.1/2"x1/8" VT 01	13,82	2,00	ml	27,64	1,85	51,134
3.3	Perfil U 127x50 #3.00mm VT02	10,95	4,00	ml	43,80	5,15	225,57
3.4	Cantoneira 1.1/2"x1/8" VT 02	13,68	4,00	ml	54,72	1,85	101,232
	subtotal						492,781
4	CONTRAVENTAMENTO (Ferro redondo 1/2")	COMP	QTDA	UNID	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]
4.1	CT 01	6,00	8,00	un	48,00	0,99	47,52
4.2	CT 02	7,05	8,00	un	56,40	0,99	55,836
4.3	CT 03	6,10	4,00	un	24,40	0,99	24,156
4.4	CT 04	7,10	4,00	un	28,40	0,99	28,116
	subtotal				157,20		155,628
5	AGULHAS (L 1.1/2"X1/8")	COMP	QTDA	UNID	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]
5.1	AG 01	1,24	18,00	un	22,32	1,85	41,292
5.2	AG 02	1,39	90,00	un	125,10	1,85	231,435
5.3	AG 03	1,06	44,00	un	46,64	1,85	86,284
	subtotal				194,06		359,011
6	TERÇA DE COBERTURA (UR 100X40X15 #2.25mm)	COMP	QTDA	UNID	TOTAL [m]	kg/metro	Peso[kg]
6.1	TE 01	5,10	36,00	un	183,60	3,51	644,436
6.2	TE 02	5,00	126,00	un	630,00	3,51	2211,3
	subtotal				813,60		2855,736
							[kg]
					TOTAL		11017,788

Fonte: Autor (2017)

4.1.3 Orçamento dos materiais

4.1.3.1 Orçamento dos materiais necessários para a fabricação do pré-fabricado em concreto

Para o orçamento dos materiais que serão necessários para a fabricação do pré-fabricado em concreto, foi levantado o valor dos materiais em 03 empresas, conforme os Anexos N, O e P, localizadas na cidade de Medianeira-PR, onde se pegou como base de

cálculo os menores valores de cada material, simulando o que uma empreiteira ou construtora faria no caso dos orçamentos, como mostra o Quadro 12.

Quadro 12: Orçamento de pré-fabricado em concreto

QUADRO RESUMO DE MATERIAIS								
ITEM	DESCRIÇÃO							
1	EMPRESA	AREIA	PEDRA 1	CIMENTO CP II	Ferro 12,5mm	Ferro 10 mm	Ferro 8 mm	Ferro 5 mm
1.1	EMPRESA A	R\$ 69,00	R\$ 49,00	R\$ 33,15	R\$ 35,90	R\$ 23,90	R\$ 14,90	R\$ 6,90
1.2	EMPRESA B	R\$ 75,00	R\$ 54,00	R\$ 23,90	R\$ 31,20	R\$ 21,00	R\$ 14,15	R\$ 5,60
1.3	EMPRESA C	R\$ 74,00	R\$ 49,90	R\$ 23,90	R\$ 34,90	R\$ 23,90	R\$ 15,90	R\$ 6,10
	Menor preço	R\$ 69,00	R\$ 49,00	R\$ 23,90	R\$ 31,20	R\$ 21,00	R\$ 14,15	R\$ 5,60

Fonte: Autor (2017)

4.1.3.2 Orçamento dos materiais necessários para a fabricação do pré-fabricado metálico

Como o pré-fabricado metálico se trabalha com o preço por quilo do aço, cotou-se em 03 empresas, conforme os Anexos Q e R, localizadas fora da região de Medianeira-PR, pois como os perfis são fabricados e revendidos por siderúrgicas e na região não há empresa que fabrica e revende esse tipo de material, o valor considerado está com o frete incluso, Quadro 13.

Quadro 13: Orçamento de pré-fabricado metálico

QUADRO RESUMO DE MATERIAIS					
ITEM	DESCRIÇÃO				
1	Empresa	Perfil U 127x50 #3.00mm	Cantoneira 1.1/2"x1/8"	Ferro redondo 1/2"	UR 100x40x15 #2.25mm
1.1	Empresa D	R\$ 3,67	R\$ 3,59	R\$ 3,59	R\$ 3,77
1.2	Empresa E	R\$ 3,50	R\$ 4,60	R\$ 4,60	R\$ 3,50
1.3	Empresa F	R\$ 3,75	R\$ 3,36	R\$ 3,36	R\$ 3,75
	Menor preço	R\$ 3,50	R\$ 3,36	R\$ 3,36	R\$ 3,50

Fonte: Autor (2017)

4.1.4 Levantamento dos custos de mão de obra de fabricação e montagem

4.1.4.1 Levantamento dos custos de fabricação e montagem do pré-fabricado em concreto

A fabricação do pré-fabricado em concreto é mais complicada que a do metálico, pois precisa de formas e mais equipamentos, por isso foram feitas visitas *in loco* dentro da fábrica de uma determinada empresa, para realizar o levantamento de tempo e pessoal necessários para produção de 01 armadura de cada elemento estrutural (pilares, braços e terças). Assim, uma equipe contendo 03 funcionários leva aproximadamente 4,5 horas para armar um pórtico, sendo uma equipe de 03 serventes de pedreiro, custando R\$187,00 /dia.

Como são 09 pórticos, a equipe leva em torno de 5 dias para deixar todas as armaduras prontas, custando um valor de R\$935,00 reais.

Para a concretagem, verificou-se que a produção média foi de 01 Pórtico por dia, contando como pórtico 01 pilar, conjunto de braços e 10 terças. Portanto para se fabricar 09 pórticos a empresa leva 09 dias, em uma equipe de 04 funcionários, custando R\$275,00 /dia. Com isso, para 09 dias de trabalho a concretagem custara R\$2.475,00 reais.

Para a mão de obra de montagem foi levantado quantos metros quadrados uma equipe com 05 funcionários monta por dia, chegando a uma media de 45,00 m²/dia, tendo em vista que a obra em estudo apresenta 900 m², a equipe levará 20 dias para a montagem, custando R\$413,00/dia e, assim, totalizando o custo de montagem de R\$8.260,00 reais, conforme Quadro 14.

Tabela 14: Detalhamento do custo de fabricação e montagem do pré-fabricado em concreto

4	CUSTOS DE ARMAÇÃO	R\$/DIA	QTDA	UNID.	TOTAL [R\$]
4.1	Equipe com 03 funcionarios	187,00	5,00	R\$	935,00
5	CUSTO DE CONCRETAGEM	R\$/DIA	QTDA	UNID.	TOTAL [R\$]
5.1	Equipe com 04 funcionarios	275,00	9,00	R\$	2.475,00
6	CUSTO DE MONTAGEM	R\$/DIA	QTDA	UNID.	TOTAL [R\$]
6.1	Equipe com 05 funcionarios	413,00	20,00	R\$	8.260,00

Fonte: Autor (2017)

4.1.4.2 Levantamento dos custos de fabricação e montagem do pré-fabricado metálico

Para levantar os custos de fabricação e montagem, foi levantado o tempo de fabricação e o valor dos funcionários de uma equipe de fabricação e montagem por dia, para o tempo de fabricação, calculou-se a traves de um acompanhamento em uma indústria de pré-fabricado metálico, que uma equipe com 05 funcionários fabricam por media/mês, cerca de 26 toneladas/mês, o que significa que a equipe pode fabricar 1,18 toneladas/dia, portanto para o estudo em questão serão necessários 10 dias para a sua fabricação.

O custo desses 5 funcionários da empresa por mês, é cerca de R\$9.800,00 /mês, sendo que, por dia, o valor da equipe será de R\$445,45.

Para finalizar o custo de fabricação, como serão 10 dias, o valor do custo para a fabricação desse estudo, será de R\$4.454,54.

Com isso, foi levantado através de um acompanhamento *in loco* de uma obra realizado por uma determinada empresa, o custo de montagem da mesma forma que a de fabricação somente com uma diferença na montagem, que se tem o preço por metro quadrado, com uma equipe de 04 funcionários a empresa monta em media 60,00 m²/dia, como a obra em estudo apresenta 900 m², a equipe terá 15 dias para montar a cobertura, e essa equipe de 04 funcionários custa mensalmente para a empresa R\$8.735,00, gerando em torno de R\$395,00/dia. O Quadro 15 apresenta os custos de fabricação e montagem.

Quadro 15: Detalhamento do custo de fabricação e montagem do pré-fabricado metálico

4	CUSTOS DE FABRICAÇÃO	R\$/DIA	QTDA	UNID.	TOTAL [R\$]
4.1	Equipe com 05 funcionarios	445,45	10,00	R\$	4.454,50
5	CUSTO DE MONTAGEM	R\$/DIA	QTDA	UNID.	TOTAL [R\$]
5.1	Equipe com 04 funcionarios	395,00	15,00	R\$	5.925,00

Fonte: Autor, (2017)

4.1.5 Comparativos dos dois métodos estruturais

Com todos os valores em mãos, foram fechadas as duas planilhas, tanto do pré-fabricado em concreto quanto do pré-fabricado metálico, o Quadro 16 se refere ao pré-fabricado em concreto.

Quadro 16: Custo final pré-fabricado em concreto

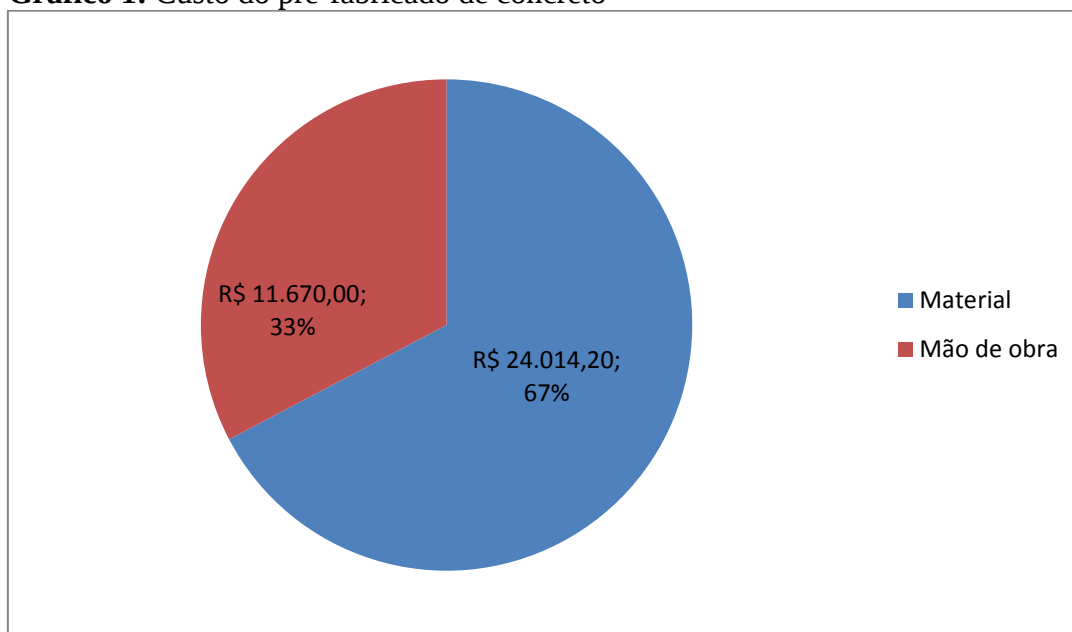
QUADRO RESUMO DE MATERIAIS								
ITEM	DESCRIÇÃO							
1	MATERIAL DOS PILARES	QTD/PILAR	PILARES [un]	UNID.	TOTAL [m]	BARRAS	R\$/barra/sc	TOTAL
1.1	Ferro CA-50 12,5mm de espessura	42,98	26,00	ml	1.117,48	93,12	31,2	2.905,45
1.2	Ferro CA-50 10,0mm de espessura	20,00	26,00	ml	520,00	43,33	21,00	910,00
1.3	Ferro CA-50 8,0mm de espessura	5,00	26,00	ml	130,00	10,83	14,15	153,29
1.4	Ferro CA-60 5,0mm de espessura	58,44	26,00	ml	1.519,44	126,62	5,6	709,07
1.5	Volume de concreto fck 20	0,621	26,00	m³	16,15		332,46	5.367,90
	Subtotal							10.045,71
2	MATERIAL DOS BRAÇOS	QTD/BRAÇOS	PILARES [un]	UNID.	TOTAL [m]	BARRAS	R\$/barra/sc	TOTAL
2.1	Ferro CA-50 12,5mm de espessura	31,30	20,00	ml	626,00	52,17	31,20	1.627,60
2.2	Ferro CA-50 10,0mm de espessura	69,52	20,00	ml	1.390,40	115,87	21	2.433,20
2.3	Ferro CA-60 5,0mm de espessura	77,85	20,00	ml	1.557,00	129,75	5,6	726,60
2.4	Volume de concreto fck 20	0,58	20,00	m³	11,60		332,46	3.856,54
	Subtotal							8.643,94
3	MATERIAL DAS TERÇAS DE COBERTURA	QTD/TERÇA	QTD	UNID.	TOTAL [m]	BARRAS	R\$/barra/sc	TOTAL
3.1	Ferro CA-50 8,0mm de espessura	15,87	126,00	ml	1.999,62	166,64	14,15	2.357,89
3.2	Ferro CA-50 6,3mm de espessura	2,57	126,00	ml	323,82	26,99	7,6	205,09
3.3	Ferro CA-60 5,0mm de espessura	9,92	126,00	ml	1.249,92	104,16	5,6	583,30
3.4	Volume de concreto fck 20	0,05	126,00	m³	6,55		332,46	2.178,28
	Subtotal							5.324,55
4	CUSTOS DE ARMAÇÃO	R\$/DIA	QTD	UNID.	TOTAL [R\$]			TOTAL
4.1	Equipe com 03 funcionarios	187,00	5,00	R\$	935,00			935,00
5	CUSTO DE CONCRETAGEM	R\$/DIA	QTD	UNID.	TOTAL [R\$]			TOTAL
5.1	Equipe com 04 funcionarios	275,00	9,00	R\$	2.475,00			2.475,00
6	CUSTO DE MONTAGEM	R\$/DIA	QTD	UNID.	TOTAL [R\$]			TOTAL
6.1	Equipe com 05 funcionarios	413,00	20,00	R\$	8.260,00			8.260,00
	TOTAL GERAL						TOTAL	35.684,19

Fonte: Autor (2017)

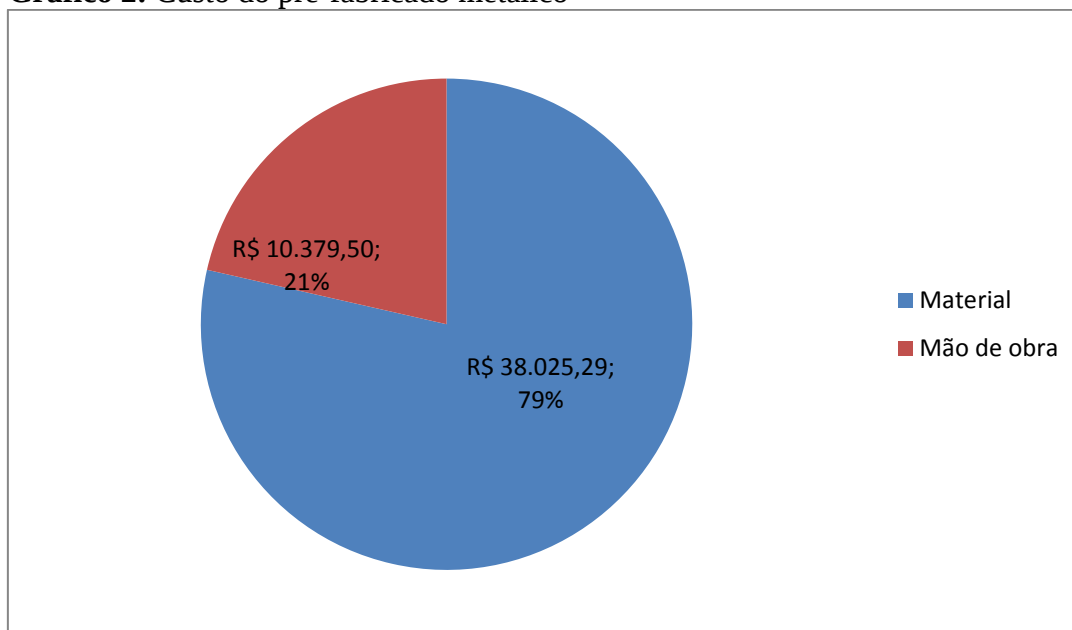
Para o pré-fabricado metálico o valor do aço varia de perfil para perfil, portanto foi fechada a planilha do pré-fabricado metálico pelo Quadro 17, onde se juntou com os custos de fabricação e montagem, fechando o custo total do pré-fabricado metálico.

Fonte: Autor (2017)

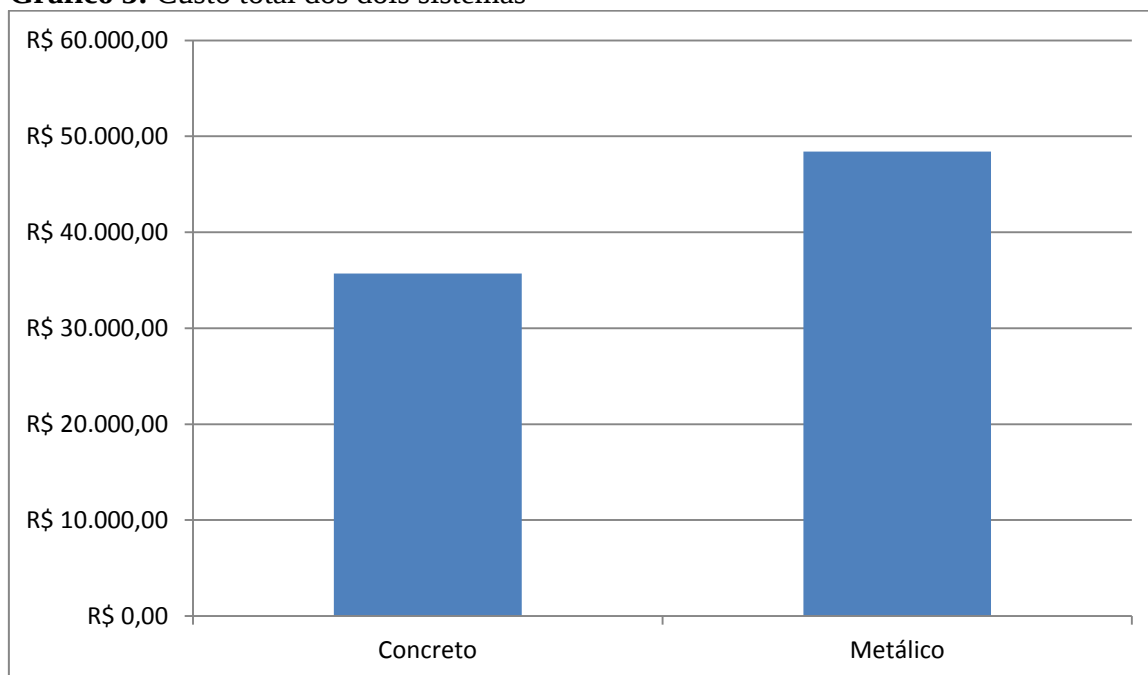
Para uma melhor interpretação dos custos, foram montados os gráficos comparando os custos de material e mão de obra do pré-fabricado em concreto, apresentado no Gráfico 1 e de material e mão de obra do pré-fabricado metálico, apresentado no Gráfico 2, e, como conclusão dos dois métodos, foi elaborado o Gráfico 3 com o custo total.

Gráfico 1: Custo do pré-fabricado de concreto

Fonte: Autor (2017)

Gráfico 2: Custo do pré-fabricado metálico

Fonte: Autor (2017)

Gráfico 3: Custo total dos dois sistemas

Fonte: Autor (2017)

Como podemos ver nos gráficos acima o custo da mão de obra ficou bem próximo se comparando os dois sistemas, a grande diferença se tomou pelo custo dos materiais de cada sistema, muitas vezes por se ter com mais facilidade as matéria-prima do pré-fabricado de concreto com mais facilidade, e assim se reduzindo os custos devido a oferta ser maior.

Assim com o gráfico final, podemos concluir que o pré-fabricado metálico ficou com o valor de R\$ 48.404,78 ficando com o valor acima do pré-fabricado de concreto.

5 CAPÍTULO 5

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos, pôde-se concluir que o pré-fabricado em concreto se tem um valor menor que o metálico, pois devido ao valor da matéria-prima ser mais em conta e sua mão de obra menos qualificada, consegue-se reduzir custos.

Com isso, o pré-fabricado em concreto representa em 26,28% de economia em relação ao pré-fabricado metálico e assim elevando os valores do lucro de futuros empreendimentos.

Para a elaboração deste trabalho, foram seguidas rigorosamente as etapas de levantamento dos custos da obra, buscando o valor mais correto possível para o fechamento dos custos dos dois métodos construtivos, tanto do pré-fabricado em concreto quanto o metálico e, assim, tendo como base este trabalho para diversas pessoas, empresas e acadêmicos.

Esclarecendo que o perfil de obra adotado neste trabalho se torna viável através da estrutura em concreto, que além de oferecer competitividade financeira é amplamente mais adequada à utilização proposta neste estudo.

Vale ressaltar que neste trabalho não foram levantados os custos de fundações e investimentos em equipamentos, e que isso pode alterar o resultado da análise, além de haver sistemas mistos, em que se utilizam os dois métodos na mesma obra, podendo ser mais econômico que um sistema formado por um material apenas.

6 CAPÍTULO 6

6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Possibilitando a continuidade do trabalho, sugere-se como futuros trabalhos:

- a) Realizar o orçamento dos custos contendo fundações e equipamentos;
- b) Realizar um levantamento de custos para uma obra mista;
- c) Verificar as melhores condições de segurança de trabalho no local.

REFERÊNCIAS

ACKER, A. V. **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**. São Paulo: Blucher, 1996.

AURICCHIO, C. E. P. **Construbusiness: Competitividade sustentável na cadeia da construção**. São Paulo: FIESP, 2012.

AVILA, A.V; LIBRELOTTO, Liziane I.; LOPES, O. C. L. **Orçamento de obras**. Construção civil. Florianópolis: Universidade do Sul de Santa Catarina, 2003.

BBC. **Aqueduto Califórnia**. 2011. Disponível em: <http://www.bbc.com/news/science-environment-27393811>. Acesso em: 28 Ago. 2016.

BELLEI, I, H. **Edifícios industriais em aço**. São Paulo: Pini, 1998.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, **Fundamentos do concreto armado**, São Paulo: 2006.

BOTELHO, M, H, C. **Concreto armado, eu te amo, volume 1: uma versão descontraída e altamente didática sobre resistência dos materiais e concreto armado, cálculo e dimensionamento de estruturas segundo NBR6118-78**. São Paulo: Edgar Blucher, 2002.

BRUGGELING, A.S.G & HUYGHE, G.F. **Prefabrication with Concrete**, Brookfield, 1991.

COMERCIAL GUERDAU, **Catálogo de Perfis**. 2016. Disponível em: <https://www.comercialgerdau.com.br/pt/productservices/products/Document%20Gallery/catalogo-produtos-cg.pdf>. Acesso em: 08 Dez. 2016.

COSTRUÇÃO MERCADO. 2016 Disponível em: <http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/49/pre-fabricados-de-concreto-281642-1.aspx> . Acesso em: 28 Ago. 2016.

CONNECTING THE WIND CITY. **Fountain of Time**. 2016. Disponível em: <http://www.connectingthewindycity.com/2016/08/august-24-1920-lorado-tafts-fountain-of.html> . Acesso em: 28 Ago. 2016.

ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO.2005 .Disponível em: http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf. Acesso em : 12 Jun 2017.

FREITAS, H.S.; LIMA M.C. CASTILHO V.C. **Análise numérica do comportamento de painéis pré-moldados de fechamento e suas ligações em edificações de pequena altura: estudo de caso**. Ciência & Engenharia, Uberlândia, 2012.

INSTITUTO AÇO BRASIL, **Edifícios de pequeno porte estruturados em aço**, Ildony Hélio Bellei (rev.), Humberto N. Bellei. - Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2011.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para ornamentistas, estudos de caso, exemplos.** São Paulo: Pini, 2006.

MEHTA, P. K. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais,** São Paulo: Pini, 1994.

MELO, C. E. E. **Manual munte de projetos em pré-fabricados de concreto** - São Paulo: Pini, 2004.

MILANI, C. J. *et al.* **Processo produtivo de elementos pré-moldados de concreto armado: detecção de manifestações patológicas.** São Paulo, 2012.

MOUNIR, K. D. **Concreto pré-moldado: Fundamentos e aplicações.** São Carlos: eesc-usp, 2000.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto.** São Paulo: Pini, 1997.

PRÉ-MOLDADOS, **Exemplo de um barracão em estrutura pré-moldada em concreto.** 2016. Disponível em: <http://premoldados.cleanwater.com.br/galpao-pre-fabricados/>. Acesso em: 29 Set. 2016.

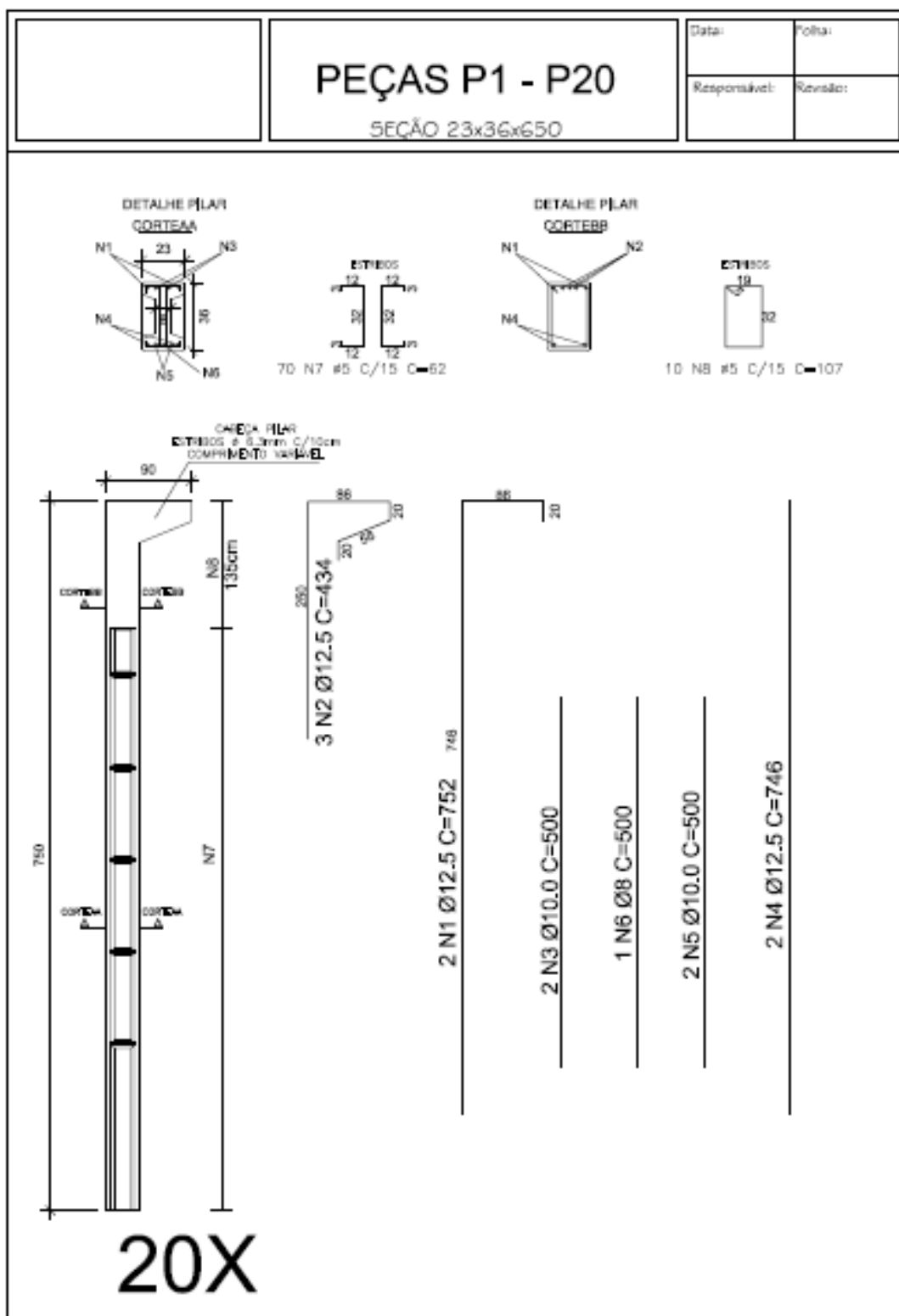
PINHEIRO, A. C. F. B. **Estruturas Metálicas, cálculos, detalhes, exercícios e projetos.** São Paulo: Edgar Blucher Ltda. 2005.

PROMON. **Barragem de Itaipu, Brasil,** 2003. Disponível em: <http://www.promonengenharia.com.br/pt-br/projetos/Paginas/usina-hidreletrica-de-itaipu.aspx>. Acesso em: 28 Ago. 2016.

TOURISTLINK, **Ponte sobre a Severn.** 2016. Disponível em: <http://www.touristlink.com.br/Inglaterra/gorge-ironbridge/overview.html>. Acesso em: 31 Ago. 2016.

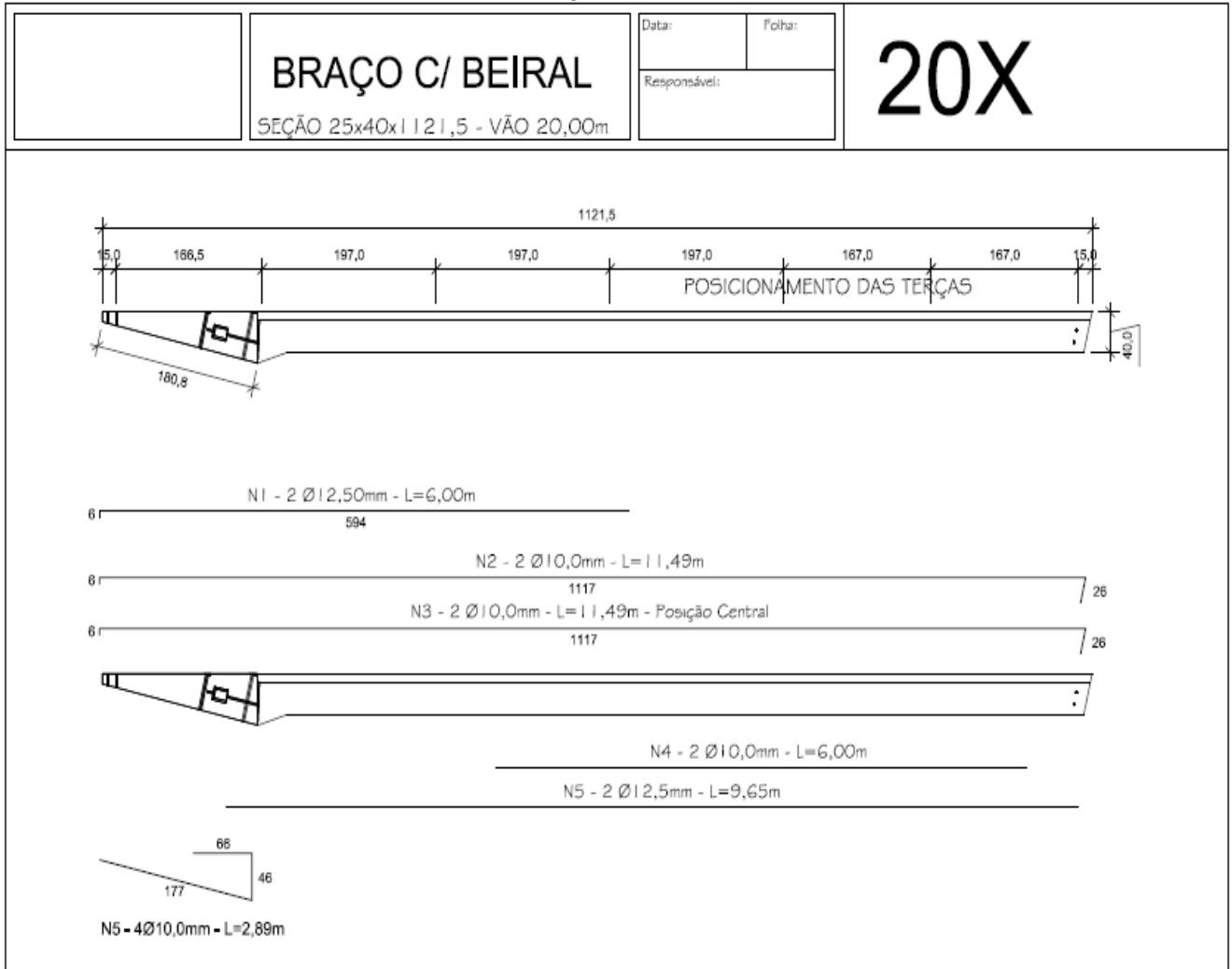
USBR. **Tubo de água do "Central Arizona".** 1996. Disponível em <http://www.usbr.gov/lc/phoenix/AZ100/1970/photogallery.html>. Acesso em: 28 Ago. 2016.

ANEXO A - PROJETO DOS PILARES



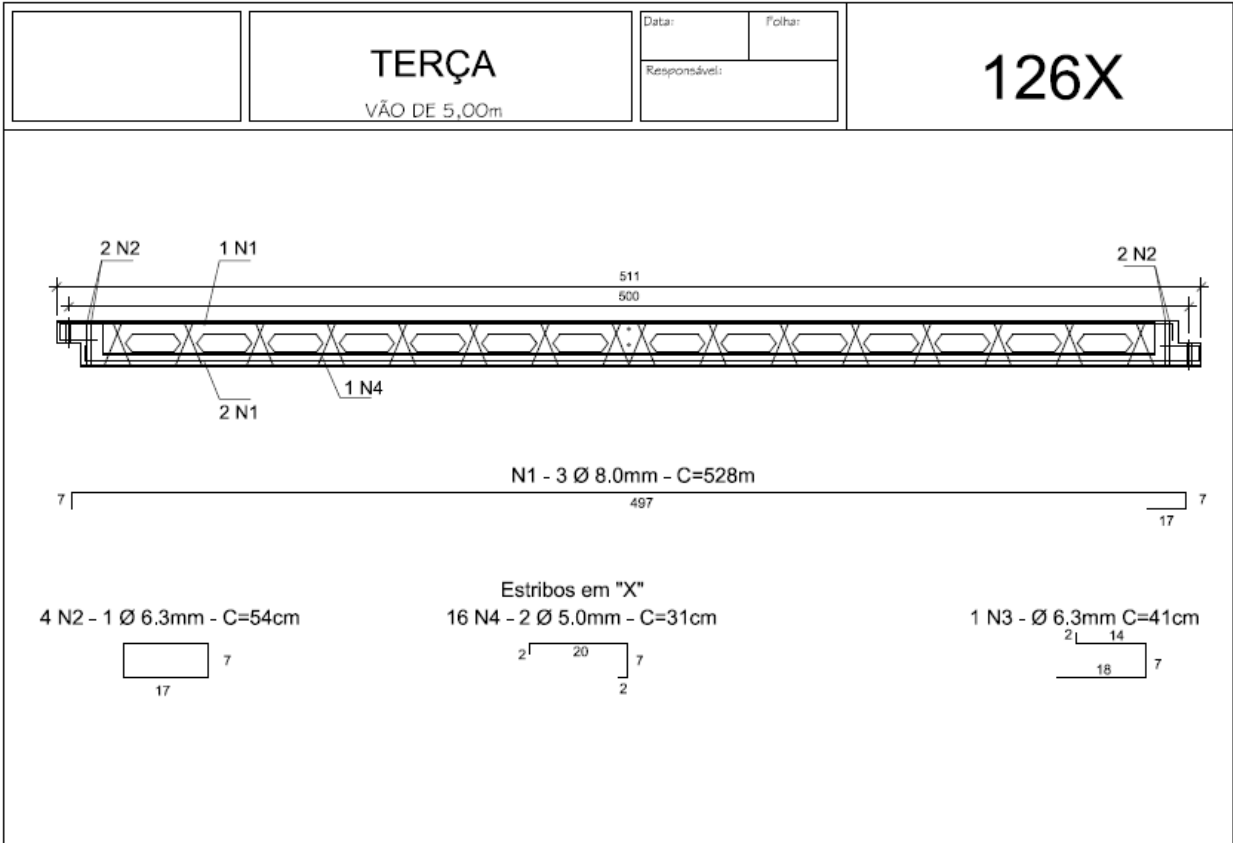
Fonte: Autor (2016)

ANEXO B - DETALHAMENTO DOS BRAÇOS DE CONCRETO



Fonte: Autor (2016)

ANEXO C - DETALHAMENTO DAS TERÇAS DE CONCRETO



Fonte: Autor (2016)

ANEXO D - TABELA GERDAU

Vergalhões e Produtos Ampliados

Vergalhão GERDAU GG 50

Bitola (pol.)	Bitola (mm)	Peso barra (kg)	Peso aproximado (kg/m)
1/4"	6,30	2,940	0,245
5/16"	8,00	4,740	0,395
3/8"	10,00	7,404	0,617
1/2"	12,50	11,556	0,963
5/8"	16,00	18,936	1,578
3/4"	20,00	29,592	2,466
1"	25,00	46,236	3,853
1.1/4"	32,00	75,256	6,313
1.9/16"	40,00	118,380	9,865

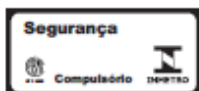
- Atende a norma ABNT NBR 7480:2007.
- Pode ser fornecido em barras retas de 6,3 a 40mm, dobradas até 20mm e em rolos de 6,3 a 16mm. Os fios e as barras possuem comprimento de 12m e peso de 2.000kg.
- O vergalhão Gerdau GG 50 também pode ser comercializado cortado e dobrado conforme o seu projeto (ver pág. 64).
- O vergalhão Gerdau GG 50 em barra é soldável a partir da bitola de 8,0mm, já em rolo é soldável em todas as bitolas sob consulta.



Vergalhão CA-25

Bitola (pol.)	Bitola (mm)	Peso barra (kg)	Peso aproximado (kg/m)
1/4"	6,30	2,940	0,245
5/16"	8,00	4,740	0,395
3/8"	10,00	7,404	0,617
1/2"	12,50	11,556	0,963
5/8"	16,00	18,936	1,578
3/4"	20,00	29,592	2,466
1"	25,00	46,236	3,853
1.1/4"	32,00	75,256	6,313
1.9/16"	40,00	118,380	9,865

- Atende a norma ABNT NBR 7480:2007.
- O vergalhão CA-25 possui superfície lisa, é comercializado em barras retas com comprimento de 12m de bitola de 1.000kg ou 2.000kg e é soldável para todas as bitolas.



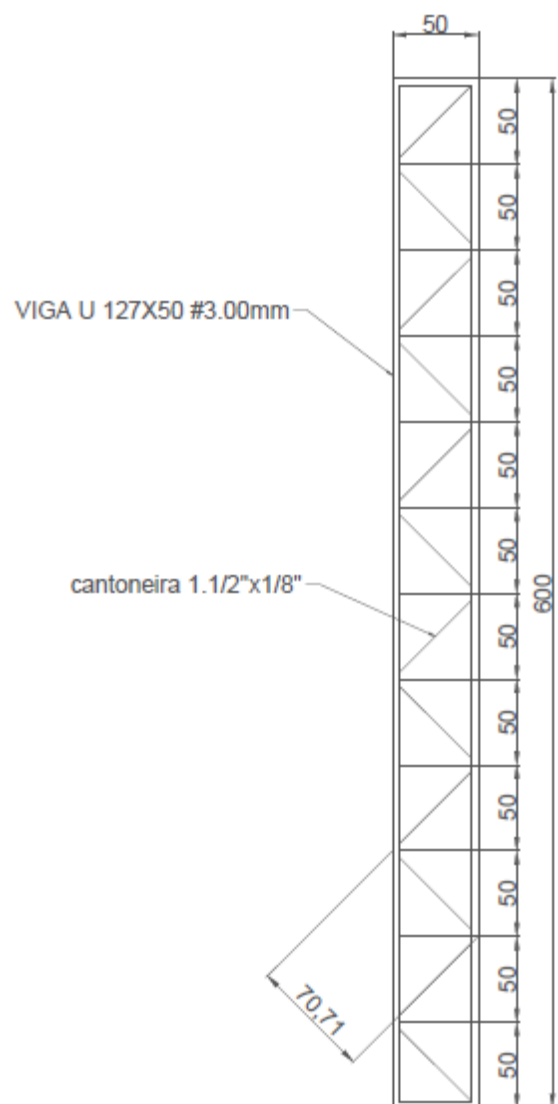
CA-60 GERDAU

Bitola (mm)	Peso barra (kg)	Peso aproximado (kg/m)
4,20	1,308	0,109
5,00	1,848	0,154
6,00	2,664	0,222
7,00	3,624	0,302
8,00	4,740	0,395
9,50	6,696	0,558

- Atende a norma ABNT NBR 7480:2007.
- Fornecido em:
 - Barra com aproximadamente 170kg;
 - Barra de 12m de comprimento, retas ou dobradas;
 - Fios de 1.000kg;
 - Bolinas de 1.000kg ou 2.000kg para uso industrial.



Fonte: Autor (2016)

ANEXO E - DETALHAMENTO DOS PILARES METÁLICOS

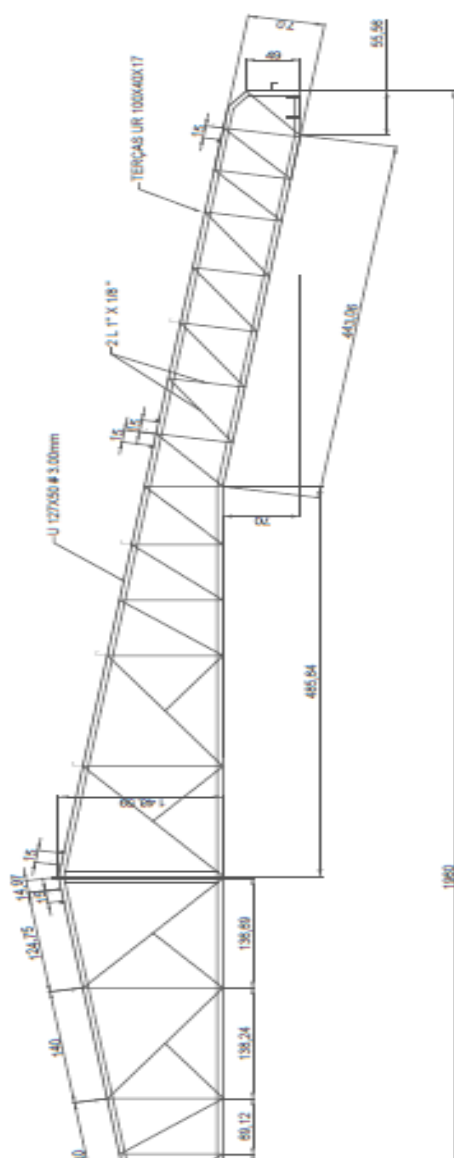
Fonte: Autor (2016)

ANEXO F - LOCAÇÃO DOS PILARES METÁLICOS

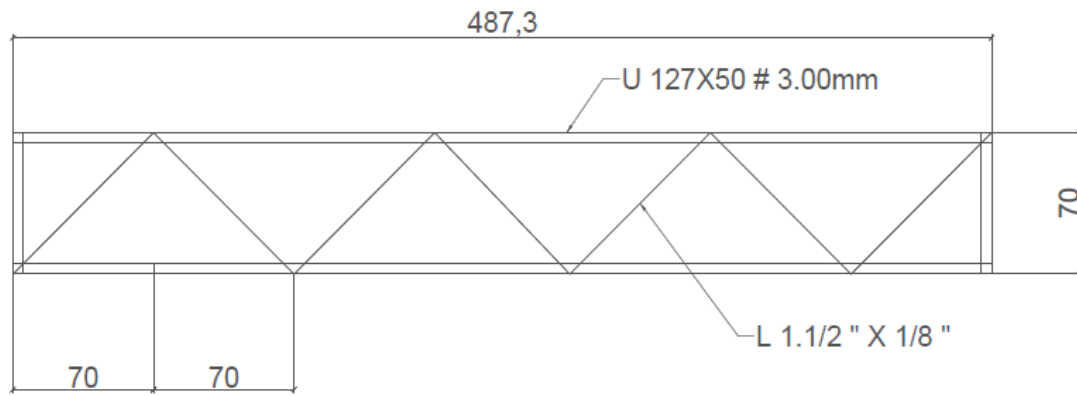
				
				
				
				
				
				
				
				
				
				

Fonte: Autor (2016)

ANEXO G - DETALHE DA TESOURA

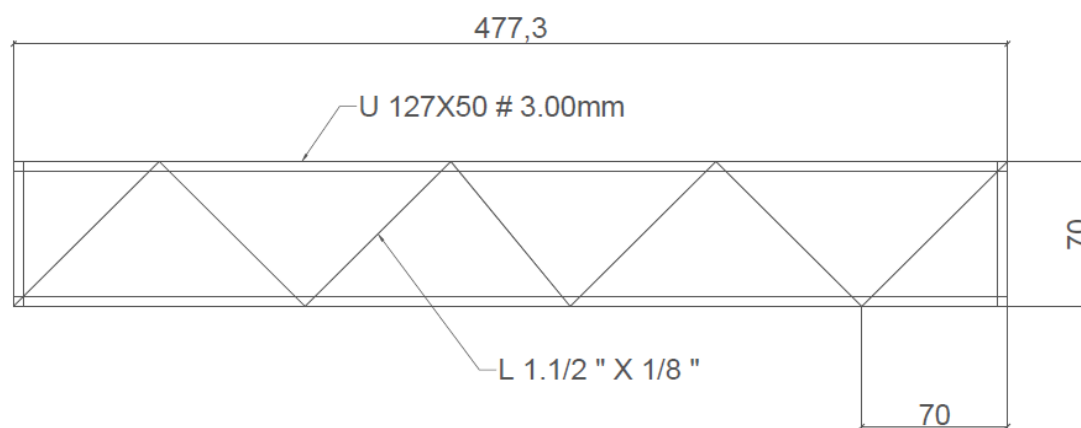


Fonte: Autor (2016)

ANEXO H - DETALHE DA VIGA DE TRAVAMENTO VT 02

VT 02
2x

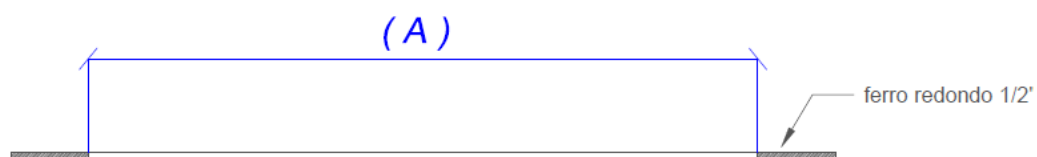
Fonte: Autor (2016)

ANEXO I - DETALHE DA VIGA DE TRAVAMENTO VT 02

VT 01
04x

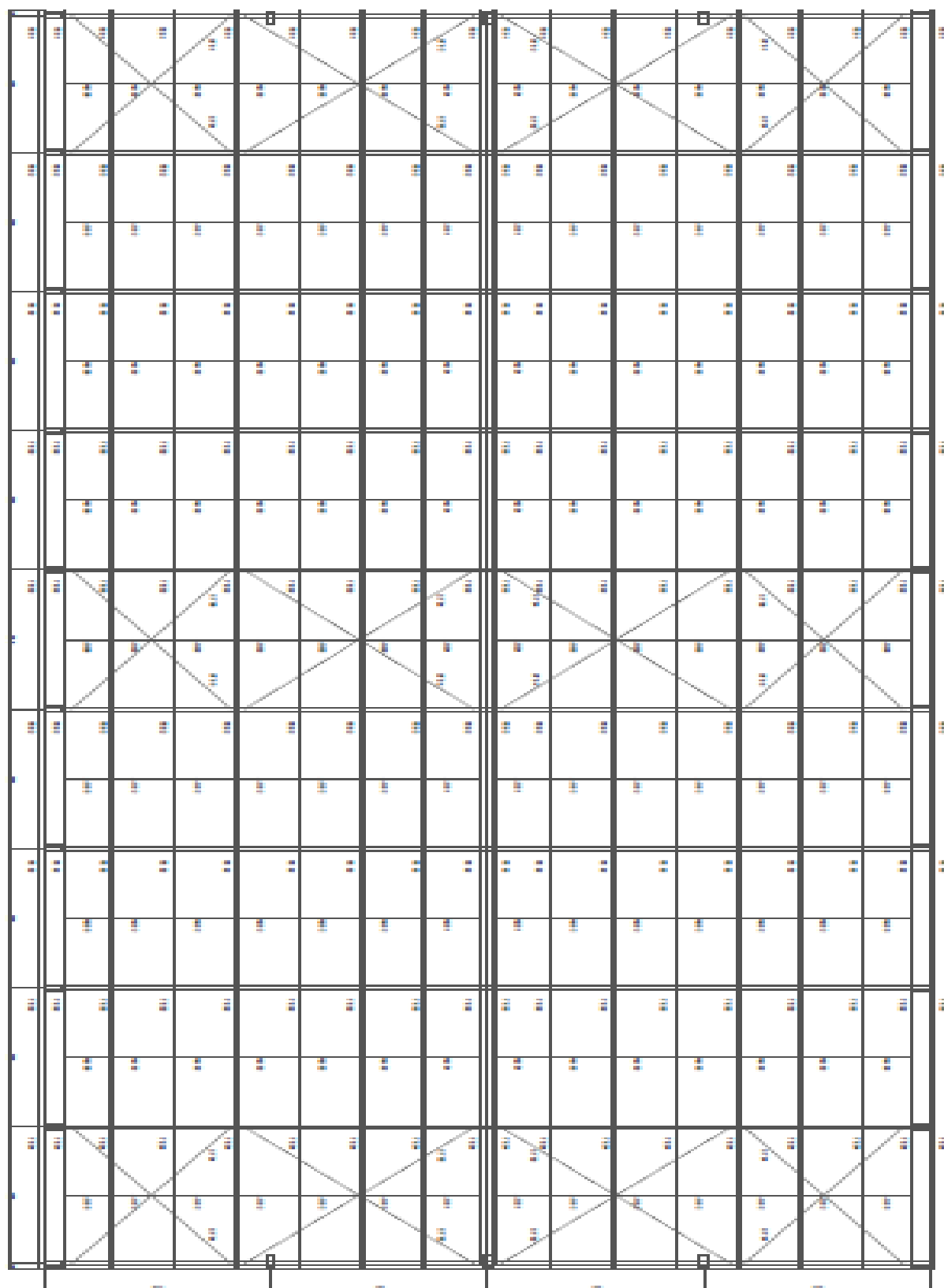
Fonte: Autor (2016)

ANEXO J - DETALHAMENTO DOS CONTRAVENTAMENTOS



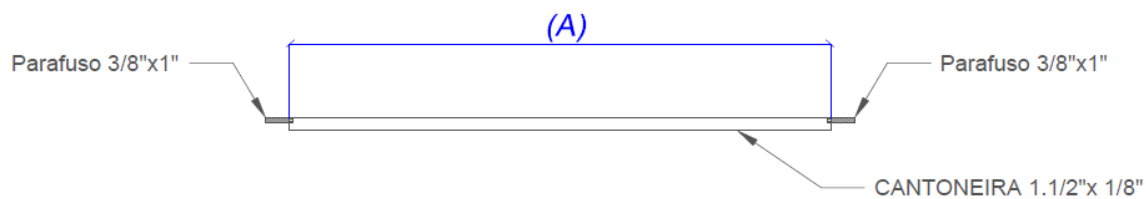
RELAÇÃO DE CONTRAVENTO		
CONTRAVENTO	MEDIDAS (A)	QUANTIDADE
CT 01	600	08 PÇ
CT 02	705	08 PÇ
CT 03	610	04 PÇ
CT 04	710	04 PÇ

Fonte: Autor (2016)

ANEXO K - PLANTA DE COBERTURA

Fonte: Autor (2016)

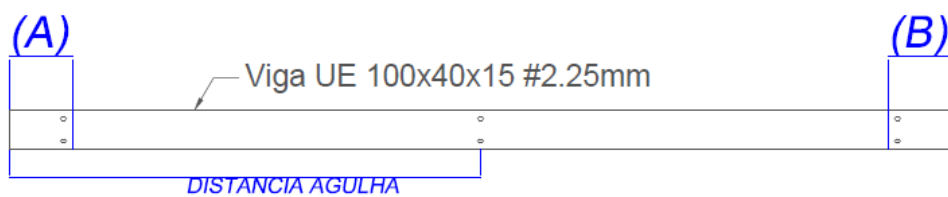
ANEXO L - DETALHAMENTO DAS AGULHAS



RELAÇÃO DE AGULHA		
AGULHA	MEDIDA (A)	QUANTIDADE
AG 01	124	18 PÇ
AG 02	139	90 PÇ
AG 03	106	44 PÇ

Fonte: Autor (2016)

ANEXO M - DETALHAMENTO DAS TERÇAS



RELAÇÃO DE TERÇAS					
TERÇA	MEDIDA	DISTANCIA (A)	DISTANCIA AGULHA	DISTANCIA (B)	QUANTIDADE
TE 01	510.0	20	245	0	36
TE 02	500.0	0	EIXO	0	126

Fonte: Autor (2016)

ANEXO N - DETALHAMENTO DAS TERÇAS

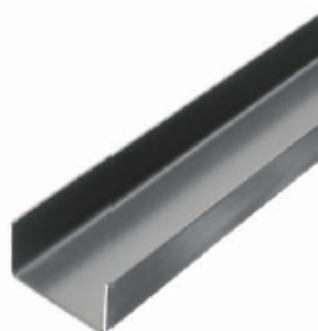
UDC simples Dobrado de chapa

Dimensões			S	P	J _x	W _x	i _x	e _y	J _y	W _y	i _y
h	B	a = r	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm
mm	mm	mm									
50	25	2,00	1,75	1,38	6,66	2,60	1,94	0,71	1,07	0,60	0,78
		2,25	2,07	1,62	7,70	3,00	1,92	0,73	1,26	0,71	0,77
		2,65	2,38	1,86	8,66	3,40	1,90	0,75	1,43	0,82	0,77
		3,00	2,67	2,10	9,55	3,80	1,88	0,77	1,59	0,92	0,77
75	38	2,00	2,80	2,20	25,10	6,60	2,99	1,12	4,55	1,58	1,27
		2,25	3,32	2,61	29,43	7,80	2,97	1,14	5,37	1,88	1,27
		2,65	3,84	3,01	33,56	8,90	2,95	1,16	6,15	2,17	1,26
		3,00	4,35	3,41	37,49	9,90	2,93	1,18	6,91	2,45	1,26
100	40	4,75	6,48	5,09	52,5	14,00	2,85	1,27	10,00	3,66	1,24
		2,00	3,27	2,57	49,01	9,80	3,86	0,97	4,99	1,65	1,23
		2,25	3,89	3,06	57,67	11,50	3,84	0,99	5,89	1,96	1,22
		2,65	4,51	3,54	65,99	13,10	3,82	1,01	6,76	2,26	1,22
100	50	3,00	5,11	4,01	73,99	14,70	3,80	1,03	7,61	2,56	1,22
		4,75	7,67	6,02	105,9	21,10	3,71	1,11	11,09	3,84	1,20
		2,00	3,65	2,87	58,15	11,60	3,98	1,34	9,24	2,52	1,58
		2,25	4,35	3,41	68,55	13,70	3,96	1,36	10,94	3,00	1,58
127	50	2,65	5,04	3,95	78,60	15,70	3,94	1,38	12,59	3,48	1,58
		3,00	5,71	4,48	88,29	17,60	3,92	1,40	14,20	3,94	1,57
		4,75	8,63	6,77	127,5	25,40	3,84	1,48	20,89	5,84	1,55
		2,00	4,17	3,27	101,30	15,90	4,92	1,19	9,94	2,61	1,54
127	50	2,25	4,97	3,90	119,60	18,80	4,90	1,20	11,78	3,10	1,53
		2,65	5,76	4,52	137,50	21,60	4,88	1,22	13,57	3,59	1,53
		3,00	6,53	5,13	154,80	24,30	4,86	1,24	15,32	4,08	1,53
		4,75	9,91	7,78	225,90	35,50	4,77	1,32	22,66	6,16	1,51
150	50	2,00	4,60	3,61	148,90	19,90	5,70	1,08	10,42	2,66	1,50
		2,25	5,49	4,31	177,40	23,60	5,68	1,10	12,35	3,17	1,49
		2,65	6,37	5,00	204,10	27,20	5,65	1,12	14,24	3,67	1,49
		3,00	7,23	5,68	230,10	30,60	5,63	1,13	16,08	4,16	1,49
150	50	4,75	11,01	8,64	338,00	45,00	5,54	1,21	23,84	6,30	1,47
200	50	2,00	5,55	4,36	299,30	29,90	7,33	0,91	11,20	2,74	1,41
		2,25	6,63	5,20	354,90	35,40	7,31	0,93	13,28	3,26	1,41
		2,65	7,70	6,04	409,30	40,90	7,28	0,95	15,32	3,78	1,41
		3,00	8,75	6,87	462,40	46,20	7,26	0,96	17,31	4,29	1,40
200	50	4,75	13,39	10,51	686,20	68,60	7,15	1,04	25,76	6,51	1,38

- Podem ser fornecidas outras dimensões mediante consulta.



S = área da seção
P = peso estimado por metro
J_x = momento de inércia do eixo x
W_x = módulo de resistência do eixo x
i_x = raio de giro do eixo x
e_y = distância da linha neutra
J_y = momento de inércia do eixo y
W_y = módulo de resistência do eixo y
i_y = raio de giro do eixo y



42

Fonte: Gerdau (2016)

ANEXO O - COTAÇÃO CONCRETO 01

Obs:

Vendedor: 0011

Codigo	Descricao	UN	Quantidade	Un c/desc	Val
001254	AREIA MEDIA GUAIRA	M3	6,000	69,00	
003688	PEDRA BRITA N 1	M3	6,000	49,00	
009619	CIMENTO VOTORAN OBRAS ESPECIAIS CP V 50KG	SC	30,000	32,90 33,15	987
000596	FERRO GERDAU/BELGO/SI CA50 12,5MM (1/2) 12M	BR	15,000	35,90	
000595	FERRO GERDAU/BELGO/SI CA50 10MM (3/8) 12M	BR	15,000	23,90	
000594	FERRO GERDAU/BELGO/SI CA50 08MM (5/16) 12M	BR	15,000	14,90	
000592	FERRO GERDAU/BELGO/SI CA60 05MM 12M	BR	15,000	6,90	

Fonte: Empresa A (2017)

ANEXO P - COTAÇÃO CONCRETO 02

Item	Descrição	Embalagem	Quant.	Vi. Total
199469	FERRO P/CONST. 12.5MM 1/2" CA-50 GER/VOT . C/12MT	BR0001BR	1,000	31,20
199476	FERRO P/CONST. 10.0MM 3/8" CA-50 GER/VOT . C/12MT	BR0001BR	1,000	21,00
199513	FERRO P/CONST. 8.0MM 5/16" CA-50 GER/VOT . C/12MT	BR0001BR	1,000	14,15
199520	FERRO P/CONST. 5.0MM CA-60 GER/VOT . C/12MT	BR0001BR	1,000	5,60
550574	CIMENTO VOTORAN OBRAS ESTRUTURAIS . 50KG	PC0001PC	1,000	23,90
203548	AREIA RIO PARANA . .	M30001M3	1,000	75,00
203555	PEDRA BRITADA . .	M30001M3	1,000	54,00

Fonte: Empresa B (2017)

ANEXO Q - COTAÇÃO CONCRETO 02

Codigo	Descricao	Quant.	Valor	Val.Tot
001582	FERRO CONSTRUCAO 5,0MM*	1,00	6,10	6,10
001580	FERRO CONSTRUCAO 5/16 - 8,0MM*	1,00	15,90	15,90
001579	FERRO CONSTRUCAO 3/8 - 10MM*	1,00	23,90	23,90
001577	FERRO CONSTRUCAO 1/2 - 12.5MM*	1,00	34,90	34,90
000001	AREIA MEDIA	1,00	74,00	74,00
001585	PEDRA BRITADA N1*	1,00	49,90	49,90
004676	CIMENTO VOTORAN 50KG OBRAS ESPECIAIS	1,00	23,90	23,90

Fonte: Empresa C (2017)

ANEXO R - COTAÇÃO METÁLICO 01

Item	Descrição	Qtd.	Qtd. KG	Dt Solicitada	Preço sem IPI	Aliq. ICMS	Aliq. IPI	Carga(ST)	Valor Total
10	PERFIL LQUS 127X50X3X8000	1.098,650 KG	1.098,650 KG	27.04.2017	3,278 BRL/KG	12 %	0 %	0,00 %	3.601,89 BRL
Prazo de Pagamento: 1050-34% 30d / 33% 45d / 33% 60d									
20	PERFIL LQUE 1010 100X40X17X2,25X10000	852 KG	852,000 KG	27.04.2017	3,368 BRL/KG	12 %	0 %	0,00 %	2.869,38 BRL
Prazo de Pagamento: 1050-34% 30d / 33% 45d / 33% 60d									
30	CANT 1.1/2x1/8 A36 6m FX1t	713,700 KG	713,700 KG	27.04.2017	3,045 BRL/KG	18 %	0 %	0,00 %	2.172,92 BRL
Prazo de Pagamento: 1050-34% 30d / 33% 45d / 33% 60d									
40	BARRED 1/2 A36 6m FX1t	268,650 KG	268,650 KG	27.04.2017	3,045 BRL/KG	18 %	0 %	0,00 %	817,93 BRL
Prazo de Pagamento: 1050-34% 30d / 33% 45d / 33% 60d									
		TOTAL KG	2.933,000 KG						
								TOTAL	9.462,12 BRL

Fonte: Empresa D (2017)

ANEXO S - COTAÇÃO METÁLICO 02

Representante: REGIAO XXE/PARANA

Item	Nosso Cód.	Descrição	Peças	Quantidade	Unidade	Valor Unid.
1	7018	PERFIL U 3.00 X 127 X 50 X 6000 – 30.96	35,000000	1.083,60000	KG	3,500000000
2	4822	PERFIL UE 2.65 X 100 X 40 X 15 X 6000 - 24.	45,000000	1.081,80000	KG	3,500000000
3	758	CANTONEIRA 1/8 X 1.1/2 - 11.2	45,000000	504,000000	KG	4,600000000
4	731	B REDONDA 1/2 - 6	15,000000	90,000000	KG	4,600000000

Fonte: Empresa E (2017)

ANEXO T - COTAÇÃO METÁLICO 03**Produtos**

	Qtd.	UN.	Preço	Qtd.	UN.	Preço
123/1 FERRO CANTONEIRA 1/8 X 1 1/2 (A)	25,0	BARRA	38,00	283,0	KG	3,36
157/2 FERRO REDONDO MEC. 1/2 (B)	15,0	BARRA	19,95	89,1	KG	3,36
197/1 VIGA U ESTRUTURAL 100 X 40 CH13 ENR. (A)	45,0	BARRA	77,10	925,65	KG	3,75
191/1 VIGA U ESTRUTURAL 127 X 50 CH11 (A)	40,0	BARRA	115,10	1.228,0	KG	3,75

Fonte: Empresa (2017)