

Hugo Brito de Souza

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A UTILIZAÇÃO DE CHAPAS DE  
COMPENSADO E MADEIRA SERRADA NA EXECUÇÃO DE FORMAS DE VIGAS  
E PILARES DE CONCRETO ARMADO**

Florianópolis

2018

Hugo Brito de Souza

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A UTILIZAÇÃO DE CHAPAS DE  
COMPENSADO E MADEIRA SERRADA NA EXECUÇÃO DE FORMAS DE VIGAS  
E PILARES DE CONCRETO ARMADO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Cristine do Nascimento Mutti, Ph.D

Florianópolis

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Souza, Hugo Brito de

Análise comparativa entre a utilização de chapas de compensado e madeira serrada na execução de formas de vigas e pilares de concreto armado / Hugo Brito de Souza ; orientadora, Cristine do Nascimento Mutti, 2018.

53 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. Chapas de compensado. 3. formas de madeira. 4. plano de corte. I. Mutti, Cristine do Nascimento. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Hugo Brito de Souza

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE A UTILIZAÇÃO DE CHAPAS DE  
COMPENSADO E MADEIRA SERRADA NA EXECUÇÃO DE FORMAS DE VIGAS  
E PILARES DE CONCRETO ARMADO**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado em sua forma final pelo Programa de Graduação de Engenharia Civil

Florianópolis, 19 de Junho de 2018.

Prof.<sup>a</sup> Luciana Rohde, Dr.<sup>a</sup>

Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**



Prof.<sup>a</sup> Cristine do Nascimento Mutti, Ph.D.

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.<sup>a</sup> Fernanda Fernandes Marchiori, Dr.<sup>a</sup>

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Ricardo Juan José Oviedo Haito, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

“A competitividade de um país não começa nas indústrias ou nos laboratórios de engenharia. Ela começa na sala de aula.”

(Lee Iacocca)

## AGRADECIMENTOS

À minha orientadora, professora Cristine do Nascimento Mutti, pelas orientações e o tempo dedicado para auxiliar na elaboração deste trabalho.

Aos meus pais, José Carlos e Maria Aparecida que me ensinaram a importância dos estudos, sempre muito pacientes e dedicados, nunca mediram esforços para ajudar-me nessa jornada.

Aos meus irmãos Victor e Isadora por quem sempre tive grande admiração e com quem sempre pude contar para superar os desafios.

À minha namorada Vandrezza, que com muito carinho e entusiasmo sempre esteve ao meu lado, acompanhando-me nos momentos de estudo e motivando-me a seguir em frente com determinação e confiança. Obrigado pelo apoio e por todos os momentos que estivemos juntos.

À minha avó Regina, que esteve sempre presente, realizando suas orações. Aos demais familiares e aos queridos Vander, Salute, João Luiz, Vanderson, Vilton, André, Tuany e Adriana pela compreensão e incentivo durante o período de realização deste trabalho.

À engenheira Mayara, pela oportunidade de estágio, pelos conhecimentos compartilhados e por sempre ter se mostrado pronta para cooperar com o desenvolvimento desse trabalho.

Aos colegas que me acompanharam durante a época da graduação, por todo conhecimento e experiências compartilhadas. Em especial ao meu colega Adriano, que me incentivou ao longo deste trabalho e sempre esteve disposto a ajudar.

## RESUMO

Na construção civil, as estruturas de concreto armado usualmente são moldadas com peças de madeira, sendo os principais tipos utilizados as tábuas de madeira serrada e as chapas de compensado. Observa-se ser prática comum, em algumas obras onde não há projetos de produção, que os encarregados de carpintaria fiquem responsáveis pela solicitação de materiais e execução dos sistemas de formas. O aumento da competição entre as empresas de construção civil, no entanto, vem causando a diminuição das margens de lucro nesse segmento. Desse modo, com o propósito de garantir a adoção do sistema de formas que propicie maior economia de custos e redução no desperdício de material, tornou-se essencial nesse processo a participação dos gestores da obra (engenheiros responsáveis pela execução). Nesse contexto, considerando-se as questões econômicas, o presente trabalho tem como seus principais objetivos: investigar e comparar, para um edifício da cidade de Florianópolis, a utilização de chapas de madeira compensada plastificada e tábuas de madeira serrada na execução de moldes de formas para vigas e pilares de concreto armado; e avaliar o potencial de aproveitamento das chapas de compensado na execução das formas. Os comparativos foram realizados para três possíveis cenários que poderiam ocorrer no canteiro de obras (pessimista, mais provável e otimista). Os resultados indicaram que as chapas de compensado apresentaram melhor desempenho em relação à madeira serrada para as três situações determinadas. Posteriormente, planos de corte foram elaborados, por meio de um programa computacional, com o intuito de permitir o melhor aproveitamento das chapas de compensado. A solução proposta forneceu instruções claras para o corte das chapas e apresentou, nesse processo, um aproveitamento de aproximadamente 91% do material.

**Palavras-chave:** Formas. Planos de corte. Compensado plastificado. Madeira serrada.

## ABSTRACT

Traditionally in Brazil, wood elements made of plywood or lumber are used to mold the reinforced concrete structures. For a long time the responsibility to build formworks and request of materials were attributed to the carpenter. In some occasions it still remains, however the increased competition among construction companies decreased the profit margins in the sector. As a result of this, the participation of construction managers in decisions involving formworks became more important to guarantee the adoption of systems that will lead to greater cost savings and reduction of material waste. In this regard, this academic work aims to compare the use of lumber boards and the use of plywood to build beams and columns forms for a building in the city of Florianópolis. The calculations were performed contemplating three possible scenarios for the construction site (best case, worst case and average case). The results indicated that plywood presented a better performance compared to lumber for the three situations simulated. Subsequently, cutting diagrams were elaborated using a computer program objectivizing a better use of the plywood sheets. The proposed solution provided clear instructions for the cutting of the sheets and presented a material exploitation of nearly 91%.

**Keywords:** Formwork. Cutting Diagrams. Plywood, lumber.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Partes integrantes de um sistema de formas .....	16
Figura 2 - Elementos do sistema de formas de uma viga .....	17
Figura 3 - Madeira bruta e madeira serrada.....	18
Figura 4 - Laminação das toras de madeira .....	19
Figura 5 – Painéis de compensado resinado .....	20
Figura 6 - Painéis de compensado plastificado .....	20
Figura 7 – Fluxograma das atividades desenvolvidas durante a pesquisa.....	27
Figura 8 - Pavimentos analisados na pesquisa.....	28
Figura 10 - Fluxo do jogo de formas de compensado para os últimos pavimentos .....	32
Figura 11 - Fluxo do jogo de formas de compensado para os primeiros pavimentos .....	33
Figura 12 - Índices de produtividade na execução de formas de pilar .....	34
Figura 13 - Índices de produtividade na execução de formas de vigas .....	38
Figura 14 - Consumo unitário de material por área de forma .....	42
Figura 15 - Plano de corte gerado pelo programa computacional.....	50
Figura 16 - Plano de corte com baixo aproveitamento.....	51
Figura 17 - Proposta para melhor aproveitamento das chapas .....	52
Figura 18 - Plano de corte após alterações das peças .....	52

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Área de formas.....	28
Quadro 2 - Fatores influenciadores no índice de produtividade de formas de pilares .....	34
Quadro 3 - Índices de produtividade na execução de formas de pilar - diferentes cenários ....	35
Quadro 4 - Tempo para execução das formas de pilar com chapas de compensado.....	36
Quadro 5 - Tempo para execução de formas de pilar com madeira serrada .....	37
Quadro 6 - Fatores influenciadores no índice de produtividade das formas de viga.....	38
Quadro 7 - Índices de produtividade na execução de formas de viga: diferentes cenários .....	39
Quadro 8 - Tempo para execução de formas de viga com chapas de compensado.....	40
Quadro 9 - Tempo para execução de formas de viga com madeira serrada .....	40
Quadro 10 - Fatores que influenciam o consumo de madeira .....	42
Quadro 11 - Consumo de chapas de compensado .....	43
Quadro 12 - Consumo de tábuas de madeira serrada .....	44
Quadro 13 - Custo Unitário dos materiais .....	45
Quadro 14 - Custos para execução das formas com chapas de compensado .....	46
Quadro 15 - Custos para execução das formas com tábuas de madeira serrada .....	47
Quadro 16 – Comparativo de custos.....	48

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	12
1.2	OBJETIVOS.....	12
1.3	LIMITAÇÕES E DELIMITAÇÕES.....	13
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
2.1	O USO CONSCIENTE DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO.....	14
2.2	SISTEMAS DE FORMA PARA CONCRETO ARMADO .....	15
2.3	MADEIRA NA EXECUÇÃO DE SISTEMAS DE FORMAS .....	17
<b>2.3.1</b>	<b>Madeira serrada .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Compensado de madeira.....</b>	<b>18</b>
2.4	PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	21
2.5	CONSUMO UNITÁRIO DE MATERIAIS.....	24
2.6	PRODUTIVIDADE .....	24
<b>3</b>	<b>MÉTODO DE PESQUISA .....</b>	<b>27</b>
3.1	IDENTIFICAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO .....	28
3.2	CONTEXTUALIZAÇÃO DA PROPOSTA.....	29
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>31</b>
4.1	PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA PARA EXECUÇÃO DE FORMAS.....	31
<b>4.1.1</b>	<b>Pilares .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Vigas .....</b>	<b>37</b>
4.2	CONSUMO DE MATERIAIS .....	41
4.3	CUSTOS.....	45
4.4	PLANOS DE CORTE .....	48
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As formas para estruturas de concreto armado são constituídas por um conjunto de componentes que, entre suas principais funções, têm a finalidade de moldar o concreto em seu estado fresco e garantir a sustentação desse material até o seu endurecimento (BARROS; MELHADO, 1998). Considerando-se a forma como parte dos subsistemas que integram o sistema construtivo, Assahi (2006) enfatiza que é ela quem inicia todo o processo de execução, tornando-se referência para os demais sistemas e influenciando na qualidade, no prazo e também no custo de um empreendimento.

De acordo com Maranhão (2000), em edifícios habitacionais e comerciais, os custos das formas podem alcançar de 40% a 60% dos gastos com estrutura de concreto armado, chegando a atingir 12% do custo total de uma edificação. Nesse contexto, Assahi (2006) destaca que, quando mal executados, os sistemas de formas podem prejudicar a qualidade geométrica da estrutura. Tendo em vista que, segundo Daldegan (2016), a execução de formas de qualidade é fundamental para garantir que se mantenha a geometria das peças estruturais, assim como seu posicionamento e alinhamento, entre outras exigências construtivas. Desse modo, caso a execução das formas não ocorra corretamente, será necessária a realização de reparos estruturais, provocando custos indiretos que podem atingir valores equivalentes aos gastos com o próprio sistema de formas.

Com relação ao tempo necessário para as atividades de execução e montagem de formas, Assahi (2006) indica que esse representa, aproximadamente, 30% do prazo total para a construção do empreendimento. Nessa perspectiva, evidencia-se a relevância dessa atividade no cronograma de uma obra, assim como, nos custos da mão de obra empregada para a execução dos serviços. A otimização das formas significa “[...] *otimizar a execução do empreendimento* tendo-se como objetivo maior a qualidade da estrutura, condição fundamental para eliminação completa dos custos de desperdícios em todos os demais subsistemas” (ASSAHI, 2006, p. 5, grifo do autor).

Na construção civil, segundo Daldegan (2016), o material utilizado com maior frequência na execução de formas para concreto armado é a madeira. Utilizadas em diversos tipos de construção, as formas de madeira podem ser construídas com chapas de compensado e madeira serrada. Salientando-se que esses materiais possuem propriedades e custos distintos, torna-se relevante a compreensão de suas particularidades, buscando-se utilizar àquele que proporcionar um retorno mais satisfatório ao empreendedor.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

As atividades envolvidas na construção e montagem de formas para concreto armado possuem grande influência nos custos e no tempo de execução de um edifício. Desse modo, a escolha do tipo de material utilizado como sistema de formas representa uma decisão importante a ser realizada pelos gestores de uma obra.

Além disso, o material empregado pode influir na quantidade de resíduos gerados na execução de uma atividade, tópico que tem sua importância evidenciada em função do aumento de volume de resíduos de construção e demolição gerados no setor da construção civil ao longo dos últimos anos.

O segmento da construção tem sido apontado por gerar um elevado desperdício de material, sendo responsável pela sobrecarga de sistemas de deposição de resíduos locais e em alguns casos, causando danos ambientais, locais e globais. Nessa perspectiva, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da resolução N° 307 orienta que os geradores de resíduos tenham como principais objetivos, a não geração, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final adequada de resíduos.

Sendo assim, levando-se em consideração os aspectos econômicos e ambientais, percebe-se a importância da escolha do material a ser utilizado e da busca por um meio de racionalização na execução das formas para concreto armado que possa reduzir a quantidade de material utilizado. Nesse sentido, a principal motivação para o desenvolvimento desse trabalho, que tem seus objetivos apresentados no tópico a seguir, surgiu durante o acompanhamento realizado à obra de uma empresa que, pela primeira vez, substituiu a madeira serrada por chapas de compensado na execução de formas para concreto.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é investigar e comparar, para um edifício da cidade de Florianópolis, a utilização de chapas de madeira compensada plastificada e tábuas de madeira serrada na execução de moldes de formas para vigas e pilares de concreto armado e avaliar o potencial de aproveitamento das chapas de compensado na execução das formas.

Os objetivos específicos são:

- (1) Comparar os custos dos materiais com a utilização de chapas de madeira compensada plastificada ou tábuas de madeira serrada, na execução de formas de vigas e pilares para concreto armado;

- (2) Comparar o tempo e os custos com mão de obra demandados para execução de formas de vigas e pilares para concreto armado, com a utilização de chapas de madeira compensada plastificada ou tábuas de madeira serrada;
- (3) Analisar a viabilidade de utilização de um software da indústria moveleira para gerar planos de corte para formas de concreto armado.
- (4) Apresentar e analisar uma proposta de planos de corte que permita melhorar o aproveitamento de chapas de compensado, na execução de formas de vigas e pilares de uma obra localizada no município de Florianópolis (SC).

### 1.3 LIMITAÇÕES E DELIMITAÇÕES

As comparações e análises realizadas limitaram-se aos moldes de formas de vigas e pilares do edifício que foi acompanhado. As formas das lajes não foram incluídas nessa pesquisa em decorrência da utilização de cubetas plásticas. O material utilizado para cimbramento, não foi avaliado em virtude da utilização de peças metálicas para realização do escoramento da estrutura e travamento de alguns elementos estruturais. Os índices de produtividade e consumo de materiais para execução das formas não foram medidos para a obra em estudo, por não fazerem parte do escopo da pesquisa. Tais índices foram retirados de faixas de produtividade variável, da TCPO (2010) com base nas características da obra analisada. A proposta de planos de corte foi elaborada para o pavimento térreo do edifício, no entanto, a aplicação dos mesmos em obra não é abordada nesse trabalho.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Na estrutura deste trabalho, a introdução expõe a justificativa e os objetivos do trabalho, assim como, suas limitações e delimitações. O segundo capítulo apresenta o aporte teórico necessário para a compreensão das propostas elaboradas, composto pelos conceitos referentes aos sistemas de formas, os tipos de madeiras, as perdas existentes na construção civil, o consumo de materiais e a produtividade na execução de serviços. No terceiro capítulo são descritas as características da obra analisada e a contextualização da proposta. Os planos de corte e os quadros de comparação entre a utilização de chapas de compensado ou madeira serrada para a execução de vigas e pilares são expostos no quarto capítulo. Por fim, estão dispostas as considerações finais referentes ao trabalho desenvolvido.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é apresentada a revisão bibliográfica que aborda: (a) o que são sistemas de formas, quais os elementos que os constituem e a importância dos mesmos para execução de estruturas de concreto armado; (b) As principais características da madeira serrada e dos painéis de compensado plastificado, que são alguns dos materiais mais comumente utilizados para execução dos sistemas de formas; (c) o conceito de perdas, suas classificações e a importância de entender e agir para reduzir as perdas nos canteiros de obra; (d) o conceito de produtividade e a importância do conhecimento e controle desse quesito para um canteiro de obras.

### 2.1 O USO CONSCIENTE DA MADEIRA NA CONSTRUÇÃO

No cenário brasileiro, Nagalli (2014) destaca que os Resíduos da Construção e Demolição (RCD) aparecem como potenciais degradadores do meio ambiente, causando problemas relacionados a logística e prejuízos financeiros.

Nessa perspectiva, Blumenschein (2007) aborda a problemática relacionada com a destinação inadequada dos resíduos na construção, que podem resultar em uma ocupação excessiva de aterros sanitários, causando seu esgotamento e a obstrução de sistemas de drenagem urbana, resultando no aumento de insetos e roedores.

Um levantamento de dados realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe, 2016), estima que no ano de 2016, os municípios brasileiros coletaram mais de 45 milhões de toneladas de RCD, o que representa cerca de 60% de todo o resíduo sólido urbano coletado naquele ano.

Nesse contexto, Nagalli et al. (2013) destacam que o emprego de madeira na construção civil, utilizado como material temporário para execução de formas, escoramento e andaimes gera grande quantidade de resíduos. Sendo que, considerando-se a fase da execução estrutural, os resíduos de madeira podem constituir aproximadamente 40% de todo o resíduo gerado (Miranda et al., 20019).

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307, de 05 de Julho de 2002 foi criada com o objetivo de “estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos”. Buscando reduzir os impactos ambientais causados pelos Resíduos da Construção Civil (RCC), a resolução passou a atribuir a responsabilidade pela gestão dos resíduos aos geradores, isso é, às pessoas físicas e jurídicas que exercem atividades que gerem

os resíduos da construção. Nessa perspectiva, o CONAMA (2002) orienta que os geradores tenham como objetivo principal a não geração de resíduos e secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final.

Nesse sentido, um dos objetivos desse trabalho consiste em elaborar planos de corte, como o intuito de evitar a geração desnecessária de resíduos e garantir uma redução na quantidade de madeira utilizada para execução de formas de vigas e pilares, para uma obra situada na cidade de Florianópolis (SC). Assim, é necessário entender as características dos elementos para os quais as peças serão cortadas. Essas informações serão apresentadas no capítulo a seguir.

## 2.2 SISTEMAS DE FORMA PARA CONCRETO ARMADO

A materialização de uma construção ocorre por meio de uma sucessão de procedimentos, entre eles: sua concepção, cálculo, quantificação, obra, ocupação e manutenção. Segundo Ribeiro, Pinto e Starling (2006), essas etapas são realizadas em função dos materiais que constituirão o elemento a ser construído. Desse modo é imprescindível o conhecimento das características e propriedades dos materiais de construção para que esses sejam empregados corretamente.

No Brasil, principalmente em centros urbanos, utiliza-se constantemente o concreto armado para a execução das estruturas de edificações. Nesse sistema o concreto em estado fresco é moldado em formas provisórias, que possuem entre suas funções, definir a geometria e a textura dos elementos estruturais (ASSAHI, 2006).

Nesse contexto, Bastos Filho et al. (2012) destacam que no início da utilização do concreto armado os projetistas que buscavam economizar em seu dimensionamento, preocupavam-se apenas com a redução da utilização de concreto e aço. O mesmo cuidado, no entanto, não era aplicado às formas, que ficavam sob a responsabilidade dos mestres de obra ou encarregados de carpintaria e assim, sujeitas a procedimentos que usualmente acarretavam em um elevado consumo de material e tempo de serviço para sua execução.

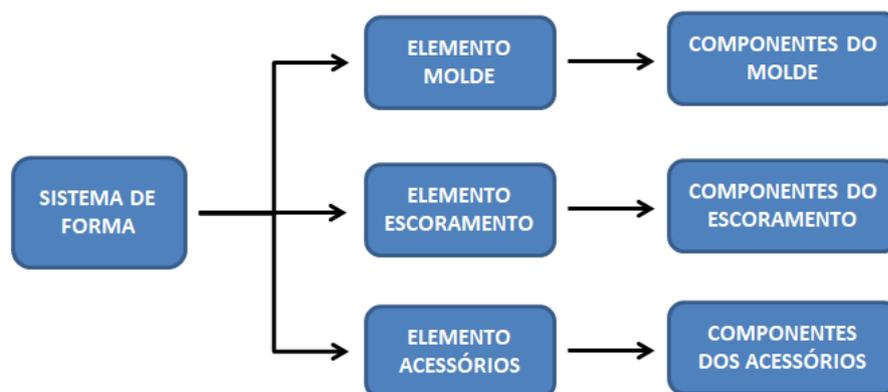
A indústria da construção civil cresceu com o passar dos anos. No entanto a competição no setor e as mudanças que ocorreram no cenário econômico acabaram diminuindo as margens de lucro das empresas (EY, 2014). Desse modo, a busca por qualidade e redução de custos levou os empreendedores a analisar os processos construtivos mais

minuciosamente, possibilitando o desenvolvimento de novas técnicas e procedimentos mais eficazes.

Assim, a representatividade do sistema de formas nos custos de construção de uma estrutura em concreto armado passou a ganhar importância, tornando-se então fundamental o conhecimento mais profundo dessa etapa executiva.

Os sistemas de formas, segundo Souza (1997), são conjuntos de componentes que dão forma ao concreto e sustentam-no até o momento em que este possua resistência o suficiente para sustentar-se por si só. A qualidade da estrutura de concreto armado é dependente das formas, pois essas são responsáveis por evitar deformações excessivas das peças concretadas. Além disso, garantem estanqueidade impedindo a perda de argamassa, grãos finos e nata de cimento enquanto o concreto está em seu estado fresco e servem para prover as características estéticas do elemento concretado. Segundo Freire e Souza (2001) o sistema de formas é composto por três partes básicas (Figura 1): o molde, que é integrado por painéis que entram em contato com a superfície do concreto, dando forma a peça; o cimbramento, composto pelo conjunto de elementos que absorve ou transfere as cargas atuantes nas formas para outro local; e os acessórios, que são o conjunto de peças que auxiliam o desempenho das demais partes.

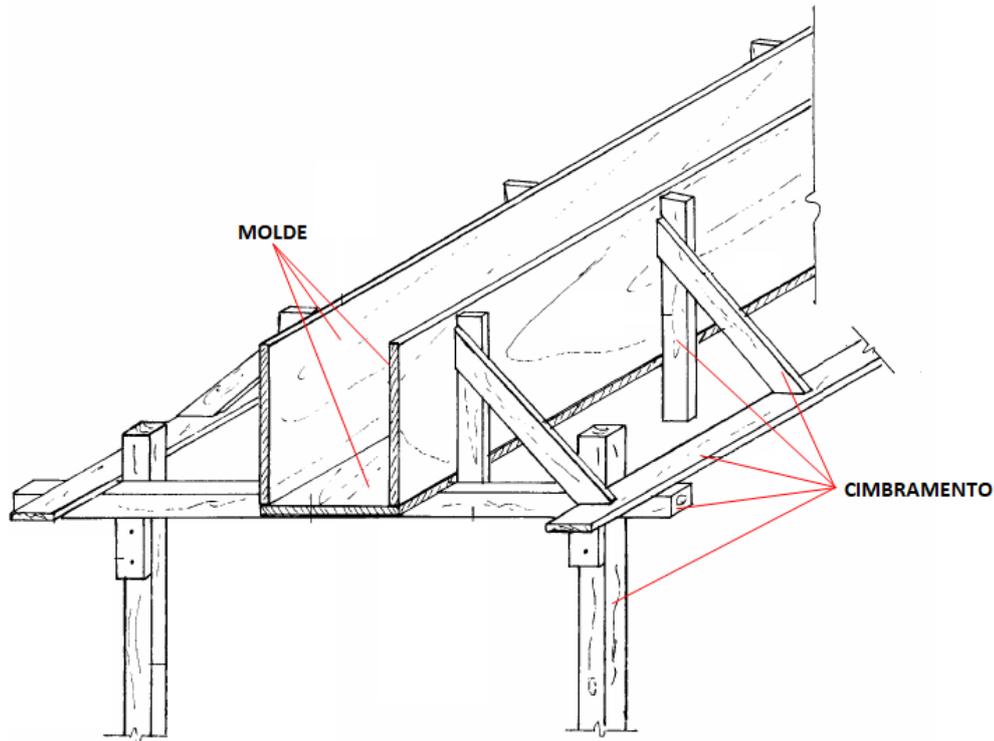
Figura 1 - Partes integrantes de um sistema de formas



Fonte: Adaptado de Neiva Neto (2014)

Algumas das peças que compõem o cimbramento e os moldes de um sistema de formas para uma viga de concreto armado, são ilustradas na Figura 2. Os painéis laterais e de fundo são peças mais largas e integram o molde das formas. As peças de menor dimensão constituem o cimbramento e são posicionadas de modo a travar os painéis e resistir as pressões exercidas pelo lançamento do concreto e outros esforços oriundos da concretagem do elemento estrutural.

Figura 2 - Elementos do sistema de formas de uma viga



Fonte: Adaptado de Milito (2009)

O sistema de formas pode ser fabricado em diferentes tipos de materiais, entre eles estão: madeira serrada, chapas de compensado, plásticos, OSB e papelão. Os dois primeiros, de acordo com Assahi (2006) e Daldegan (2016), são os mais comumente encontrados nas construções e suas principais características serão abordadas neste trabalho, no tópico a seguir.

### 2.3 MADEIRA NA EXECUÇÃO DE SISTEMAS DE FORMAS

A madeira é um insumo que apresenta diversas funções no setor da construção civil. O seu emprego como material de utilização provisória (descartável) é realizado na execução de formas, andaimes e escoramento. Os produtos de madeira disponibilizados no mercado, segundo Zenid et al. (2009), variam desde peças com pouco ou nenhum processamento até peças com diversos graus de beneficiamento.

### 2.3.1 Madeira serrada

Segundo Zenid et al. (2009) os principais consumidores da madeira serrada, localizados nas regiões sul e sudeste, utilizaram por décadas as madeiras provenientes de florestas nativas, como o pinho-do-paraná e a peroba-rosa. No entanto com a exaustão dessas florestas, parte desse material passou a ser suprido pelas madeiras de pinus e eucalipto obtidas a partir de zonas de reflorestamento.

A madeira serrada é obtida do processamento de toras brutas, originalmente cilíndricas, que por meio de unidades industriais são transformadas em peças quadrangulares ou retangulares de menor dimensão (Figura 3). Essas peças usualmente são submetidas a um tratamento contra fungos e insetos que conferem um tratamento superficial à madeira, atingindo somente as camadas mais externas (ZENID et al.,2009).

Figura 3 - Madeira bruta e madeira serrada



Fonte: CC0 Creative Commons (2018)

As tábuas de madeira serrada encontram-se no mercado usualmente com dimensões de 10, 15, 20 e 30 centímetros de largura, tendo a espessura padronizada em uma polegada (aproximadamente 2,5 centímetros) e comprimento variável. As peças mais utilizadas como molde para o sistema de formas são as tábuas de 30 centímetros de largura.

### 2.3.2 Compensado de madeira

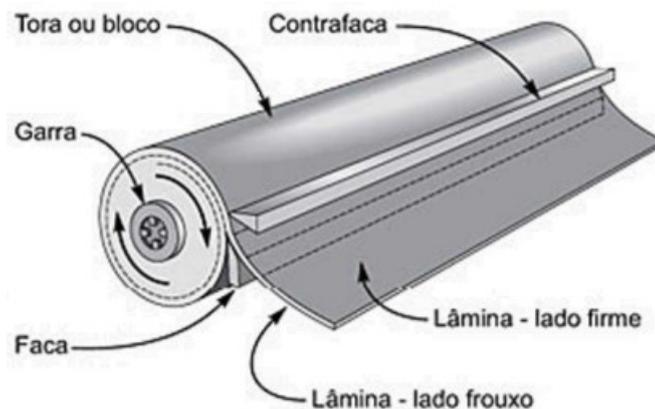
O compensado de madeira foi idealizado por um engenheiro francês no início do século XX e proporcionou grandes avanços ao permitir melhores aproveitamentos das toras, transformando-as em grandes painéis de madeira (ZENID et al.,2009).

Os painéis de compensado, segundo Nazar (2007), são compostos por lâminas de madeira coladas umas sobre as outras com direções perpendiculares entre si, proporcionando

uma melhor distribuição de tensões quando solicitados, garantindo assim boa resistência mecânica e tornando-os pouco suscetíveis a movimentações de contração e expansão.

Para fabricação desse material as toras de madeira possuem sua casca retirada, são condicionadas a ambientes úmidos e quentes para torná-las mais maleáveis e então, como ilustrado na Figura 4, são submetidas a um torno rotativo que produz as lâminas de madeira. Posteriormente as lâminas passam pelo processo de aplicação de adesivos, são prensadas a quente e submetidas aos processos de acabamento final, dando origem aos painéis de compensado (NAZAR 2007).

Figura 4 - Laminação das toras de madeira



Fonte: WATAI (1998)

Ao final do processo as faces dos painéis são lixadas e podem receber um tratamento superficial ou uma película plástica, definindo assim a qualidade final do produto. Os compensados resinados (Figura 5) recebem um tratamento com resina fenólica líquida, formando um revestimento pouco eficiente na superfície do compensado. Ao oferecer uma proteção precária a chapa, durante o processo de concretagem e desforma a película protetora poderá ser retirada com relativa facilidade da superfície do material. Com isso, o número de utilizações desses painéis é limitado a quatro ou cinco concretagens (MARANHÃO, 2000).

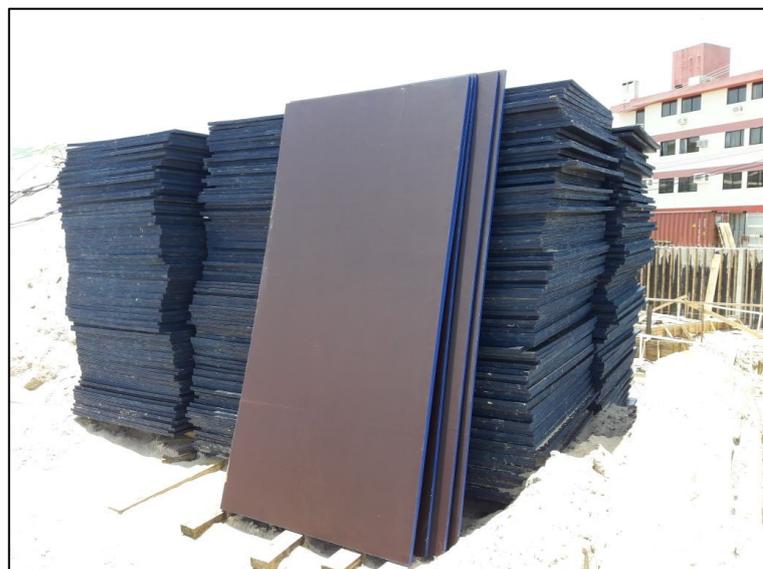
Figura 5 – Painéis de compensado resinado



Fonte: Estadão PME (2014)

Os compensados plastificados (Figura 6) são tratados com uma camada de resina fenólica sob a forma de filme, modificada com desmoldante e formulada com quantidade maior de sólidos. Essa camada possui alto poder de impermeabilização, garantindo melhor desempenho no uso para formas de concreto, devido a facilidade de desforma e propiciando um bom acabamento da superfície do concreto e uma melhor vida útil do compensado. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI, 2012) os compensados plastificados de boa qualidade podem ser utilizados por mais de dez concretagens.

Figura 6 - Painéis de compensado plastificado



Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

Segundo Sanches (2012) algumas das vantagens dos painéis de compensado sobre a madeira serrada são: a possibilidade de fabricação de peças com maiores dimensões e defeitos limitados; diminuição de trincas na cravação de pregos e resistência elevada normal as fibras. No entanto, os painéis apresentam como desvantagem custo por consumo de material mais elevado que as tábuas de madeira serrada, sendo necessários então alguns cuidados para evitar perdas e utilizar o material de modo mais racional.

## 2.4 PERDAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A indústria da construção civil, segundo Souza (2005), é um setor que possui participação expressiva no cenário econômico do país, gera direta e indiretamente milhões de empregos e demanda grandes quantidades de material quando comparada às indústrias de outros setores. Embora o segmento da construção tenha passado por momentos conturbados, acredita-se que atualmente ainda conserve as características apresentadas. Destaca-se que vinculada ao avantajado consumo de materiais está a produção de resíduos e desperdício, que segundo Mutti (2016) podem ocorrer por: falta de compatibilidade entre os diferentes tipos de projetos e entre os projetos e a obra; falta de controle de qualidade; condições de trabalho ruins e desorganização do canteiro de obras.

Desse modo, melhorias na eficiência de utilização dos materiais tornaram-se necessárias. Segundo Santos et al. (2000) nas últimas décadas as empresas brasileiras precisaram adotar novas estratégias e técnicas para garantir um melhor aproveitamento de seus recursos. Atribuir mais qualidade e produtividade aos processos produtivos foram características fundamentais para permanência e crescimento das empresas em meio a um cenário com crescente aumento da competitividade.

A implantação de processos de melhoria deve ser precedida pela compreensão das causas das perdas que ocorrem nos processos envolvidos na construção de uma obra. Santos et al. (2000) define perda como a ineficiência na utilização de equipamentos, materiais e mão de obra que acarretam em consumo de recursos maior do que o necessário à produção de um edifício.

Segundo Souza (2005) as perdas precisam ser determinadas com base em uma referência formal. Algumas das possibilidades para esses referenciais são: números médios e números mínimos do setor, normas técnicas, metas próprias da empresa ou indicadores de orçamento. No entanto, segundo o autor, as informações disponibilizadas sobre os números

médios do mercado brasileiro são escassas e as prescrições de normas, indicadores de orçamento e possíveis metas que a empresa possa estabelecer acabam sendo referenciais que permitem muitas variações, compondo assim referências imprecisas.

A proposta sugerida por Souza (2005) é que se considere a quantidade de consumo de material teoricamente necessária, isso é a quantidade que não apresenta perdas, como aquelas indicadas nos projetos, memoriais e demais prescrições realizadas para o produto a ser executado. Sendo assim, a perda deve ser definida como toda quantidade de material consumida acima do valor teoricamente necessário. Essa definição delimita a discussão de perdas ao âmbito da produção, cenário que constitui o foco desse trabalho.

A definição e medição das perdas são essenciais para que as mesmas possam ser controladas, no entanto ainda é necessário conhecer sua natureza e identificar suas principais causas. Segundo Formoso (1997) as perdas podem ser classificadas conforme seu controle, natureza ou origem. Nesse trabalho as perdas serão abordadas em função da sua natureza, que conceitualmente podem ser divididas em nove categorias:

- *Perdas por superprodução*: ocorrem quando se produz mais material do que o necessário. Um exemplo é a produção de argamassa em quantidade superior a necessária para um dia de trabalho;

- *Perdas por substituição*: ocorrem quando materiais com requisitos superiores aos especificados são utilizados. Um exemplo é a utilização de concreto com traços de maior resistência do que a especificada;

- *Perdas por espera*: são causadas em virtude da indisponibilidade de equipamentos ou materiais, podendo prejudicar as atividades da mão de obra;

- *Perdas por transporte*: podem ocorrer devido à utilização de procedimentos e equipamentos inadequados para o transporte, que resultam em possível quebra de materiais ou pela má programação das atividades e elaboração de um layout de canteiro ineficiente, culminando em um consumo excessivo de tempo para transporte de materiais;

- *Perdas no processamento em si*: são causadas pela natureza das atividades do processo ou pela inadequada execução dos mesmos. Acontecem principalmente em razão da falta da padronização de procedimentos, ineficiência dos métodos de trabalho, despreparo da mão de obra ou devido a projetos mal detalhados;

- *Perdas nos estoques*: podem ocorrer devido ao armazenamento inadequado, que resulta muitas vezes na deterioração do material ou pelo estoque excessivo de produtos, oriundos de programação inadequada ou erros de orçamentação. Esses fatores resultam na

redução do espaço disponível no canteiro e em um possível custo adicional para gestão do material em excesso;

- *Perdas no movimento*: ocasionadas em virtude da movimentação desnecessária de trabalhadores na obra, podem ser geradas em decorrência de frentes de trabalho afastadas ou de difícil acesso, por falta de estudo do layout de canteiro e por falta de equipamentos adequados. A perda de produtividade e demanda por esforço excessivo do trabalhador são consequências dessas condições;

- *Perdas pela elaboração de produtos defeituosos*: são aquelas em que os produtos fabricados não atendem aos requisitos exigidos. Usualmente são provenientes da falta de integração entre projeto e execução, da deficiência do planejamento e controle do processo produtivo ou da utilização de materiais de baixa qualidade;

- *Outras perdas*: aquelas que possuem natureza diferente das anteriores, como as originadas por acidentes de trabalho, roubo ou vandalismo.

As perdas no processamento em si recebem destaque nesse trabalho. No qual se propõe a elaboração de planos de corte, visando aumentar a eficiência da execução de formas para concreto armado diminuindo assim as perdas geradas nessa atividade.

Alguns estudos realizados por outros autores constituíram referências importantes sobre as perdas de materiais e abordaram a madeira utilizada para formas de concreto. A pesquisa de Skoyles (1976) realizada em cinco canteiros na Inglaterra indicou um índice de perda médio para a madeira de formas de 15% (em quantidade), Pinto (1989) por sua vez estudou as perdas em uma obra na cidade de São Paulo e encontrou um índice de perda de aproximadamente 47% (em quantidade) para o material, enquanto Mutti et al. (1997) investigaram doze obras da região da Grande Florianópolis e verificaram um valor médio de aproximadamente 8% (em quantidade) de perdas em formas. Segundo Mutti et al. (1997, p.8) os fatores responsáveis pela perda de madeira na execução das formas foram “[...] corte inadequado; exposição prolongada às intempéries; falta de cuidado na desforma; não aplicação de desmoldante; utilização de materiais de baixa qualidade [...]”. Nesse contexto, um estudo elaborado pela Hong Kong Polytechnic e Hong Kong Construction Association (1993) analisou as causas das perdas de madeira na execução de formas para sete canteiros de obra e identificou que as perdas no corte constituíram aproximadamente 25% de toda perda de madeira.

## 2.5 CONSUMO UNITÁRIO DE MATERIAIS

A definição de consumo unitário, segundo Paliari (2008), está associada à produtividade na utilização de recursos físicos em um processo de produção, relacionando-se com a eficiência em transformar uma determinada quantidade de material em produto. Um exemplo é a quantidade, em metros quadrados, de painéis de compensado necessários para produzir um metro quadrado de molde de formas para vigas de concreto armado. Assim, o consumo unitário pode ser calculado de acordo com a expressão a seguir (Equação 1):

$$CUM = \frac{QMR}{QS} \quad (1)$$

Onde,

CUM = Consumo unitário de material;

QMR = Quantidade de material empregado em determinado serviço ou produto;

QS = Quantidade de serviço ou produto executado.

O consumo unitário de material, segundo Souza (2005), é influenciado por requisitos de projeto, especificações e pela maior ou menor eficiência no processo produtivo. Os valores de consumo para diferentes materiais variam em faixas largas, com valores mínimos e máximos relativamente bem afastados, possibilitando então intervenções nas áreas de projeto e produção que melhorem a produtividade e o uso dos materiais.

Nesse trabalho será explorado o conceito de consumo variável com a utilização de chapas de compensado e tábuas de madeira serrada para execução de formas de vigas e pilares de concreto armado.

## 2.6 PRODUTIVIDADE

As atividades envolvidas na construção de um edifício necessitam de uso intenso de mão de obra para serem realizadas. Desse modo, o setor da construção civil é responsável por empregar uma grande quantidade de trabalhadores e conseqüentemente direciona boa parte dos recursos financeiros destinados à obra para o pagamento de seus serviços (Mori, 2008).

Nesse contexto, Souza (2006, p.24) afirma que “[...] a produtividade da mão-de-obra, do ponto de vista físico, poderia ser definida como a eficiência na transformação do esforço dos trabalhadores em produtos de construção (a obra ou suas partes).”.

A partir da definição de produtividade, constata-se que esse conceito está relacionado ao fator tempo. Desse modo, Mattos (2010) destaca que o cronograma e as programações da obra podem ser influenciados pela produtividade adotada na etapa de orçamentação. Percebe-se então a importância do estudo da produtividade nos processos de gestão e planejamento das atividades envolvidas na construção de um edifício.

A mensuração da produtividade, segundo Souza (2006), pode ser realizada por meio da Razão Unitária de Produção (RUP) que consiste na relação entre o esforço necessário para realização de um serviço, em Homens x hora (Hh), pela quantidade de serviço (Equação 2).

$$RUP = Hh/Quantidade\ de\ serviço \quad (2)$$

Esse indicador de produtividade, segundo Mattos (2010), também pode receber o nome de índice de produtividade, designação adotada nesse trabalho. A equação apresentada indica que para uma mesma quantidade de serviço, quanto maior o índice de produtividade, maior será a quantidade de horas ou homens necessários à sua execução, ou seja, quanto maior o índice pior a produtividade.

Segundo Mori (2008) a eficiência da mão de obra depende de uma gama de fatores distintos, entre eles estão os equipamentos utilizados para desenvolvimento das atividades, as condições do meio ambiente e de transporte de materiais, a efetividade no gerenciamento e até mesmo questões pessoais do trabalhador.

Um modelo de medição e análise dos fatores que afetam a produtividade de mão de obra foi elaborado por Thomas e Yakoumis (1987). Os autores categorizam quatro grupos principais: fatores do ambiente, fatores do canteiro, fatores de administração e fatores de projeto. De acordo com o modelo proposto, existe uma condição de trabalho onde a produtividade seria praticamente constante, no entanto a interferência no conteúdo ou no contexto do trabalho faz com que a produtividade varie positivamente ou negativamente.

A variação da produtividade é um aspecto que deve ser levado em consideração ao avaliar os índices de produtividade. O mesmo serviço pode ser executado mais lentamente em uma obra do que em outra ou até mesmo pode existir variação de produtividade, de um dia para o outro, em uma mesma obra. Sendo assim, a utilização de faixas de valores que contemplem os índices de produtividade mínimo e máximo para um determinado serviço é essencial para que o gerenciamento de uma obra possa ser realizado com indicadores confiáveis (SOUZA, 2006).

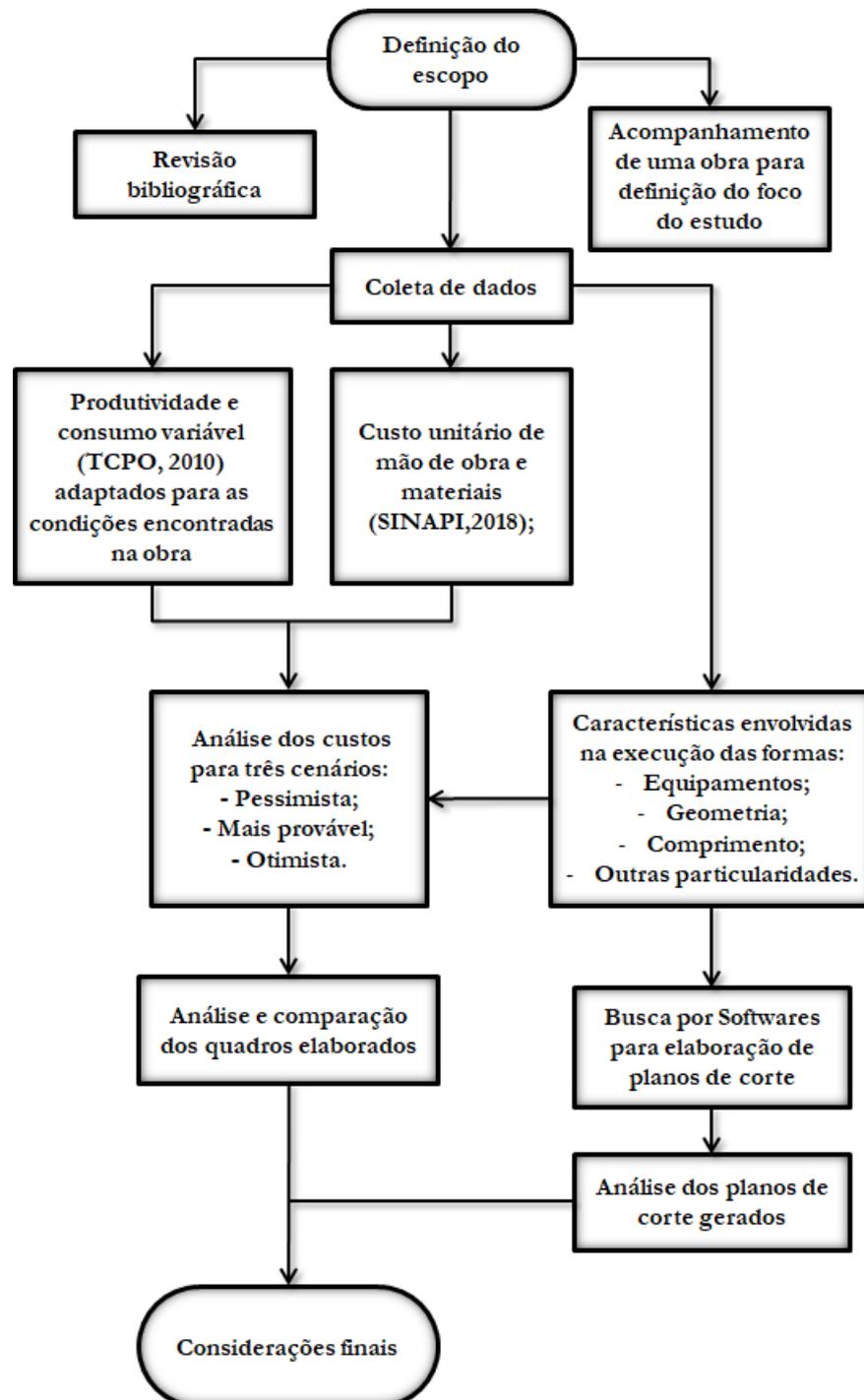
Nos cenários brasileiro e internacional usualmente os indicadores de produtividade são apresentados por meio de composições específicas para cada serviço, que adotam valores médios de necessidade de materiais e mão de obra. Entretanto, a competição entre as empresas de construção e a existência de grande diversidade de materiais, equipamentos e tecnologias no setor apontam que a utilização de valores médios pode indicar uma análise muito simplista da produtividade (TCPO, 2010).

A 13ª Edição da TCPO (2010) compôs faixas de valores de produtividade variável, elaboradas a partir da análise do desempenho das atividades desenvolvidas em obras de construção. As características particulares da edificação ou dos serviços executados devem ser consideradas no momento da escolha do indicador por meio das faixas. Desse modo, conhecendo-se os fatores que influenciam a produtividade variável é possível ponderar aqueles que aumentam ou diminuem a produtividade e então estimar o índice de produtividade com mais assertividade.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Para o atendimento dos objetivos da pesquisa foram seguidos os encaminhamentos apresentados nesse capítulo, ilustrados no fluxograma apresentado na Figura 7

Figura 7 – Fluxograma das atividades desenvolvidas durante a pesquisa



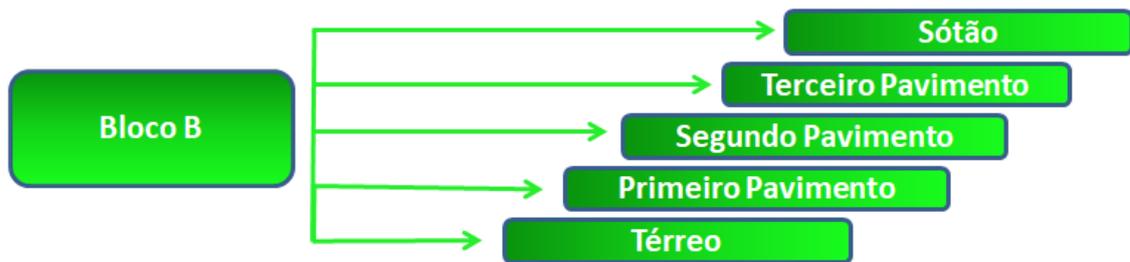
Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

### 3.1 IDENTIFICAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo do presente trabalho é a obra de construção de um edifício situado no bairro Ingleses, no município de Florianópolis (SC), que terá destinação residencial e comercial e será composto por duas torres, designadas pelo empreendimento de Bloco A e Bloco B.

As análises dessa pesquisa foram feitas para o Bloco B do edifício, que é composto por seis pavimentos: subsolo, térreo, primeiro, segundo, terceiro pavimento e sótão. No entanto, optou-se por fazer a análise comparativa apenas daqueles que ainda não haviam sido executados até o início desta pesquisa. Desse modo, como mostra a Figura 8, o subsolo não foi incluído no estudo realizado.

Figura 8 - Pavimentos analisados na pesquisa



Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

As plantas de formas dos pavimentos analisados estão dispostas no Anexo A e um corte é apresentado no Anexo B. A partir desses documentos foi possível identificar a geometria da edificação e as características dos elementos estruturais estudados. O Quadro 1 expõe a quantidade de formas necessárias à execução das vigas e pilares do edifício.

Quadro 1 – Área de formas

	Pavimento	Área de formas de Vigas (m <sup>2</sup> )	Área de formas de pilares (m <sup>2</sup> )
Primeiros Pavimentos	Térreo	1245	471
	Primeiro Pavimento	751	227
Últimos Pavimentos	Segundo Pavimento	592	277
	Terceiro Pavimento	592	277
	Sótão	592	277

Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

Na seção seguinte são expostas as etapas realizadas na elaboração desta pesquisa, assim como algumas considerações referentes aos cálculos desenvolvidos.

### 3.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PROPOSTA

Sabe-se que a construção civil é um setor que apresenta grande participação no cenário econômico mundial, desse modo englobando ampla diversidade de segmentos, empresas, insumos e equipamentos em sua cadeia produtiva. A competição entre os envolvidos é responsável pelo frequente surgimento de inovações tecnológicas, que se apresentam como alternativas aos materiais e técnicas convencionais.

Nesse contexto, destaca-se que boa parte dos novos materiais que surgem para construção civil apresentam propostas diferenciadas em suas propriedades, podendo possuir características mecânicas, estéticas ou funcionais atrativas. Entretanto, esses produtos podem em alguns casos, possuir custos elevados ou exigir cuidados especiais para que se tornem economicamente viáveis. Assim, é importante e prudente, que o construtor ao utilizar materiais distintos dos quais está habituado, observe as transformações ocasionadas em seu processo operacional e a diferença de custos proveniente dessas mudanças.

A construtora responsável pela obra analisada nesse trabalho é familiarizada com a utilização de madeira serrada na execução de formas para a estrutura de concreto armado. No entanto, particularmente para a obra em estudo, serão utilizadas chapas de madeira compensada plastificada. Assim, uma das propostas dessa pesquisa tem como intuito realizar uma análise comparativa entre a utilização dos dois materiais, avaliando o consumo de mão de obra, de material e os custos dispensados para execução dos moldes para formas de vigas e pilares de concreto armado em cada um dos casos.

A primeira etapa para elaboração dessa pesquisa refere-se à obtenção de informações sobre a obra analisada. Alguns dados, tais como a área da edificação e as dimensões das formas de vigas e pilares foram coletados a partir de projetos e memoriais. Outros, referentes a equipamentos, técnicas e condições de serviço envolvidos na produção de formas, foram obtidos diretamente no canteiro de obras, a partir de observação e diálogos com o empreiteiro responsável pelos serviços da obra.

Posteriormente foram efetuados os cálculos de produtividade e consumo de material para execução dos moldes das formas para concreto armado com a utilização de cada um: madeira serrada e painéis de compensado plastificado. Para tal, se utilizou as faixas de valores de índice de produtividade e consumo apresentadas na décima terceira edição das Tabelas de

Composições de Preços para Orçamentos (TCPO), referência publicada pela editora PINI em 2010. A partir desses dados foram atribuídos pesos para cada situação influenciadora da produtividade variável em função das características da obra, chegando-se aos valores apresentados no Quadro 3 e Quadro 7, que serão apresentados mais adiante.

Neste trabalho também é feita a previsão dos custos gerados pelos serviços de mão de obra e pelo material utilizado na execução das formas do edifício, comparando qual seria o gasto total gerado com a utilização de chapas de compensado ou de madeira serrada. Nesse cálculo utilizaram-se os valores de custo unitário referente ao mês de março de 2018 apresentados pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI).

O desfecho do trabalho propõe uma alternativa para tornar a utilização de chapas de compensado plastificado mais eficiente, a partir da elaboração de planos de corte com o auxílio de *softwares* específicos para essa função. Desse modo, foi realizado para o pavimento térreo da obra em estudo, o planejamento para o corte das formas de vigas e de pilares. Os resultados do plano de corte são apresentados por meio da quantidade de chapas necessárias para execução do serviço e do aproveitamento obtido na utilização das chapas.

## 4 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados e analisados os resultados obtidos com a realização dessa pesquisa, assim como as considerações efetuadas para alcançá-los.

### 4.1 PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA PARA EXECUÇÃO DE FORMAS

A produtividade para os serviços de fabricação e montagem de formas pode sofrer variações de acordo com as condições encontradas no canteiro de obras (métodos de execução e equipamentos utilizados), com os elementos a serem construídos (pilares, lajes ou vigas) e com o número de vezes que as mesmas podem ser utilizadas antes do descarte.

A edificação em estudo pertence a uma construtora que há anos utiliza madeira serrada para execução de formas para concreto. Desse modo, a experiência da empresa indica que em suas obras se consegue utilizar as formas de madeira serrada para uma única concretagem. Assim, considerou-se nos cálculos desse trabalho que esse material poderia ser utilizado uma única vez como molde, antes de ficarem inutilizáveis e se tornarem rejeito.

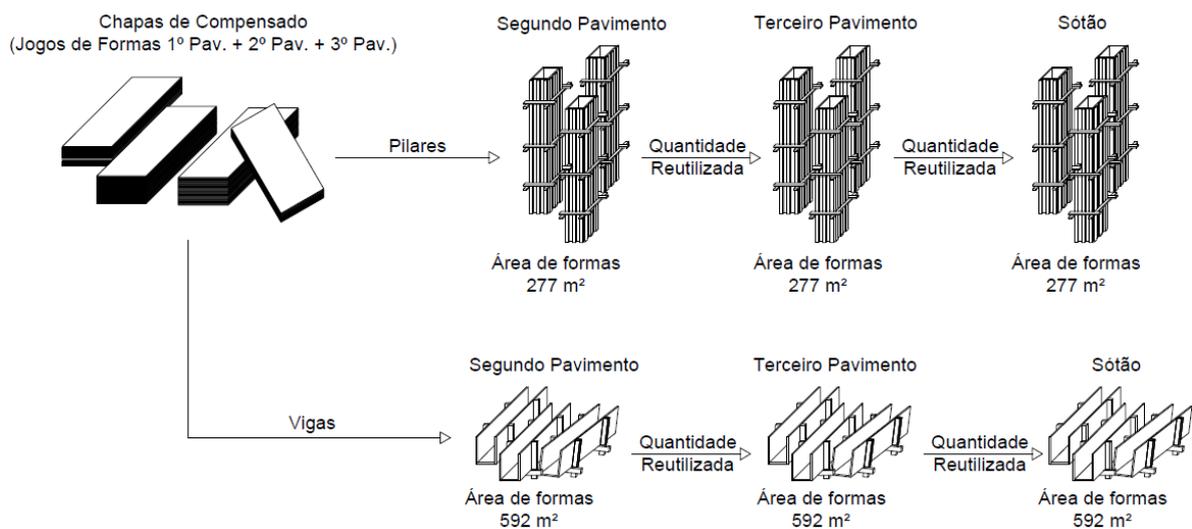
As chapas de compensado plastificado podem ser utilizadas um elevado número de vezes, devido aos tratamentos a que são submetidas para melhorar suas propriedades físicas e mecânicas. No entanto, apesar das boas características do produto, por vezes o número de utilizações é limitado pelo processo empregado pela mão de obra na execução das formas e pelas particularidades da edificação em construção. Um fator de grande contribuição para que se consiga a reutilização bem sucedida das chapas de compensado é o seu emprego em edificações projetadas com repetição de pavimentos, pois assim os elementos estruturais possuem praticamente as mesmas dimensões e disposição. Desse modo, após a concretagem, as formas podem ser retiradas e simplesmente realocadas no pavimento superior. Motivo esse pelo qual a TCPO (2010) separa os índices de produtividade em função do número de utilizações.

Na obra analisada, essa repetição ocorre para os três últimos pavimentos (segundo pavimento, terceiro pavimento e sótão). Sendo assim, conforme a Figura 9 considerou-se que a quantidade de chapas necessárias para executar o jogo de formas de vigas e pilares do segundo pavimento, poderia ser reutilizada mais duas vezes para os pavimentos superiores, influenciando positivamente na produtividade, consumo e gastos com chapas.

Embora essa repetição de elementos estruturais não ocorra entre os dois primeiros pavimentos (térreo e primeiro pavimento), isso não impossibilita a reutilização das chapas de compensado. No entanto isso exige a necessidade de readequação das dimensões das formas do térreo para atender o andar acima, culminando assim em um maior desperdício de material e perda de produtividade, quando comparado com a situação anterior.

Para a obra analisada será considerado o emprego de um jogo de formas com duas utilizações para a execução desses primeiros pavimentos (haverá reaproveitamento do material). No entanto os cálculos do tempo necessário aos serviços de execução das formas foram realizados utilizando índices de produtividade referentes a uma única utilização, pois as formas do térreo não poderão simplesmente ser retiradas e realocadas no andar acima, será necessário desmontá-las readequá-las e posicioná-las novamente.

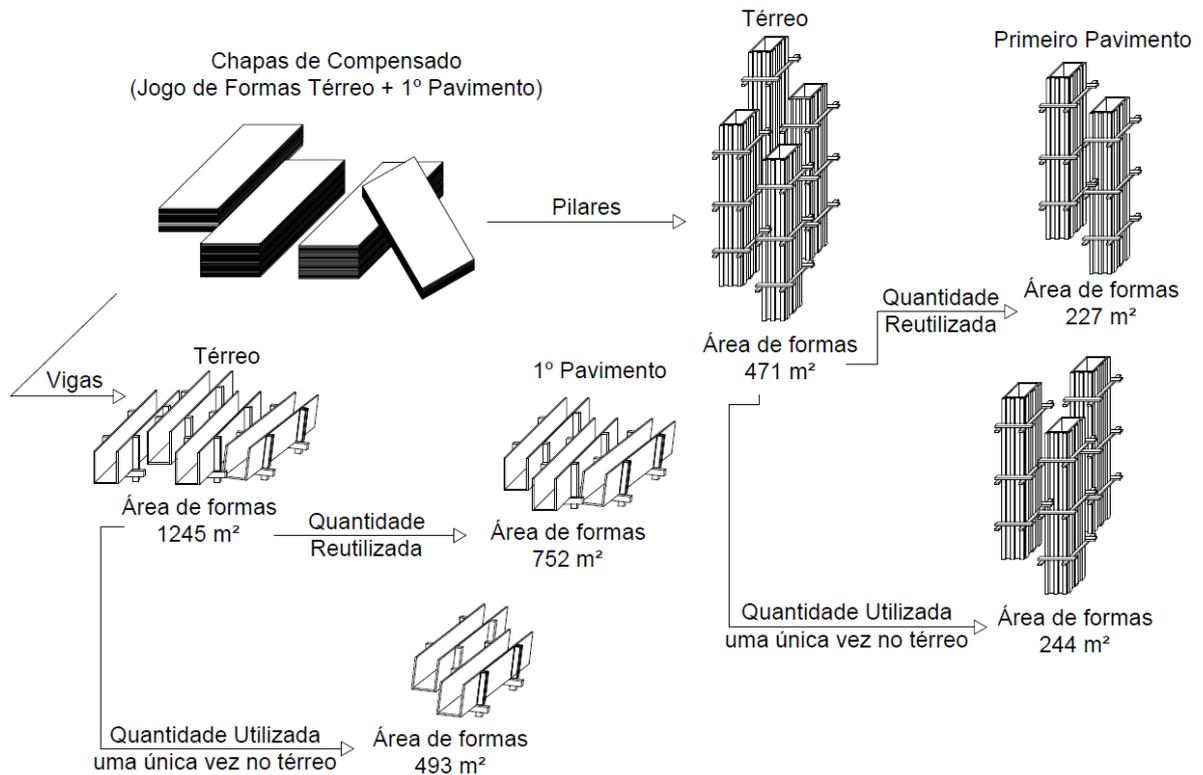
Figura 9 - Fluxo do jogo de formas de compensado para os últimos pavimentos



Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

As quantidades de material necessárias à execução das formas de vigas e pilares com chapas de compensado apresentadas na Figura 9 e Figura 10 foram obtidas a partir do projeto estrutural da edificação abordada nesse trabalho. A partir da Figura 10 percebe-se que apesar de existir necessidade de readequação das dimensões das formas do térreo para o primeiro pavimento, como exposto anteriormente, haverá uma grande quantidade de material que será unicamente utilizada no pavimento térreo, em virtude de o mesmo possuir área de formas superior ao primeiro pavimento. Desse modo, parte do material excedente do pavimento térreo poderá cobrir a quantidade de chapas de compensado adicional necessária às adequações das formas.

Figura 10 - Fluxo do jogo de formas de compensado para os primeiros pavimentos



Fonte: Elaborada pelo autor (2018)

Percebe-se a partir das considerações realizadas que utilizando chapas de compensado seriam necessários dois jogos de forma para moldar os elementos estruturais de todo o edifício. No entanto ao utilizar madeira serrada seria necessário empregar um jogo de formas para cada pavimento, implicando assim na necessidade de cinco jogos de forma para executar as vigas e pilares da obra.

No próximo tópico são expostos os resultados dos cálculos realizados para definir a quantidade de tempo necessário para execução das áreas de forma de pilares anteriormente apresentadas. O índice de produtividade é uma variável fundamental nesse processo, em decorrência disso, previamente a apresentação dos resultados, são expostas as considerações efetuadas para defini-lo.

#### 4.1.1 Pilares

Os índices de produtividade para as atividades envolvendo as formas de madeira variam conforme o número de utilizações dado ao material e de acordo com o tipo de elemento estrutural para qual a mesma servirá de molde. Especificamente na execução de

formas para pilares, fatores relacionados com a geometria, o tamanho dos elementos, as técnicas e os equipamentos utilizados tem influência na produtividade. No Quadro 2 são apresentados alguns desses fatores, considerados pela TCPO (2010) na elaboração de suas faixas de produtividade variável para execução de formas de pilares.

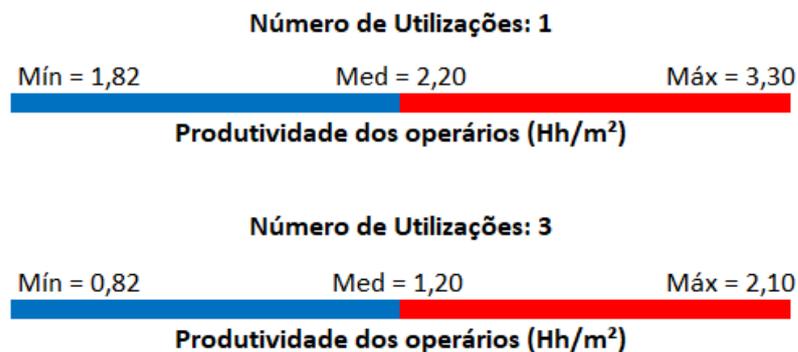
Quadro 2 - Fatores influenciadores no índice de produtividade de formas de pilares

Fatores que reduzem o Índice de produtividade	Fatores que aumentam o índice de produtividade
Seção transversal grande	Seção transversal pequena
Predominância de pilares retangulares em lugar de pilares em U	Predominância de pilares em U em lugar de pilares retangulares
Predominância de pilares que não são de quina	Predominância de pilares de quina
Quantidade reduzida de travas por metro quadrado	Quantidade elevada de travas por metro quadrado
Nivelamento diretamente dos painéis	Nivelamento dos gualhos
Aprumar grades	Aprumar painéis
Uso de laser na locação	Locação com mangueira
Serviço em condições favoráveis: ciclos curtos; pouco retrabalho; fatores climáticos favoráveis; baixa rotatividade; operários satisfeitos.	Serviço em condições desfavoráveis: ciclos longos; muito retrabalho; fatores climáticos desfavoráveis; alta rotatividade; operários insatisfeitos.

Fonte: Adaptado de TCPO (2010)

Os itens apresentados no Quadro 2 permitiram estipular índices de produtividade mais compatíveis com as situações encontradas na construção investigada. Esses fatores constituem uma referência que torna possível analisar as situações reais do canteiro de obras. Desse modo não foi necessário utilizar valores médios e genéricos de índices de produtividade. Foram utilizadas as faixas de produtividade variável apresentadas na Figura 11, referentes à execução de formas para pilares.

Figura 11 - Índices de produtividade na execução de formas de pilar



Fonte: TCPO (2010)

A obra em estudo possui predominância de pilares: (a) que não são de quina; (b) com seção transversal pequena; (c) de formato retangular; (d) com quantidade reduzida de travas por metro quadrado; (e) nivelados diretamente pelos painéis; e (f) locados com mangueira. Já as condições para a execução dos serviços de fabricação, montagem e desmontagem dos pilares podem variar ao longo da construção da obra.

Essas variações podem influir significativamente no momento de definir o índice de produtividade e conseqüentemente no cálculo dos custos para execução do serviço. Desse modo, ao invés de estimar um único índice mais provável para a obra em estudo, optou-se por realizar os cálculos para um cenário pessimista e um cenário otimista, conforme é apresentado no Quadro 3. Os valores expostos nesse quadro foram obtidos relacionando as faixas de índice de produtividade variável da Figura 11 com as condições para execução de pilares da obra em estudo, que foram apresentadas anteriormente.

Quadro 3 - Índices de produtividade na execução de formas de pilar - diferentes cenários

<b>Índice de Produtividade ( Hh/m<sup>2</sup>)</b>		
<b>Cenário</b>	<b>1 Utilização</b>	<b>3 Utilizações</b>
Pessimista	2,70	1,80
Provável	2,15	1,15
Otimista	2,00	1,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

No cenário pessimista apresentado no Quadro 3 considerou-se que os serviços são realizados com predominância de condições desfavoráveis, com ciclos longos, retrabalho, em condições climáticas ruins e com alguma rotatividade de funcionários. Enquanto que no cenário otimista prevalecem boas condições para execução dos serviços, com ciclos curtos, pouco retrabalho, em condições climáticas favoráveis e sem rotatividade de funcionários. A alternância entre condições favoráveis e desfavoráveis foi contemplada no cenário mais provável.

A partir dos valores de: (a) área de forma para os pilares dos pavimentos analisados, (b) número de oficiais que compõem a equipe de trabalho e (c) dos índices de produtividade apresentados no Quadro 3, calculou-se a quantidade de horas de serviço necessárias para execução das formas de pilares dos pavimentos em estudo. No Quadro 4 os resultados referentes à execução do serviço com a utilização de chapas de compensado são apresentados.

Quadro 4 - Tempo para execução das formas de pilar com chapas de compensado

<b>Cenário Pessimista</b>					
Pavimento	Térreo	Primeiro	Segundo	Terceiro	Sótão
Área (m <sup>2</sup> )	471	227	277	277	277
Número de Utilizações	1	1	3		
Índice Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	2,70	2,70	1,80		
<b>Tempo Total de Serviço (h)</b>	158,96	76,61	131,58		
<b>Cenário Mais Provável</b>					
Pavimento	Térreo	Primeiro	Segundo	Terceiro	Sótão
Área (m <sup>2</sup> )	471	227	277	277	277
Número de Utilizações	1	1	3		
Índice Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	2,15	2,15	1,15		
<b>Tempo Total de Serviço (h)</b>	126,58	61,01	119,46		
<b>Cenário Otimista</b>					
Pavimento	Térreo	Primeiro	Segundo	Terceiro	Sótão
Área (m <sup>2</sup> )	471	227	277	277	277
Número de Utilizações	1	1	3		
Índice Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	2,00	2,00	1,00		
<b>Tempo Total de Serviço (h)</b>	117,75	56,75	103,88		
<b>Equipe (Número de Oficiais)*</b>	8		*Equipe para todos os cenários		

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A mudança do número de utilizações dado a um jogo de formas é responsável por uma variação significativa do índice de produtividade obtido pela mão de obra e consequentemente pela quantidade de horas empregadas na execução dos serviços. Conforme Quadro 4 a quantidade de tempo gasto para realizar as formas dos três últimos pavimentos (segundo pavimento, terceiro pavimento e sótão) é inferior ao tempo dispensado para a execução dos elementos do térreo, embora esse último tenha menor área de formas. Isso acontece justamente em virtude do número de utilizações das chapas. Enquanto no térreo todas as formas precisam ser cortadas, pregadas e montadas, no conjunto dos três últimos pavimentos essas atividades são necessárias somente para o segundo pavimento. Desse modo as formas dos pavimentos seguintes já estão prontas e só precisam ser posicionadas passando por alguns pequenos reajustes.

Entretanto, esse fenômeno não ocorre para a execução das formas com tábuas de madeira serrada, conforme o Quadro 5. Nesse caso, considerou-se que o material não poderia ser reutilizado em mais de uma concretagem. Assim, a produtividade permanece constante e o tempo gasto para execução dos serviços só varia entre os cenários, de acordo com as condições de execução das atividades.

Quadro 5 - Tempo para execução de formas de pilar com madeira serrada

<b>Cenário Pessimista</b>			
Pavimento	Térreo	Primeiro	Segundo + Terceiro + Sótão
Área (m <sup>2</sup> )	471	227	831
Número de Utilizações	1	1	1
Índice Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	2,70	2,70	2,70
<b>Tempo Total de Serviço (h)</b>	158,96	76,61	280,46
<b>Cenário Mais Provável</b>			
Pavimento	Térreo	Primeiro	Segundo + Terceiro + Sótão
Área (m <sup>2</sup> )	471	227	831
Número de Utilizações	1	1	1
Índice Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	2,15	2,15	2,15
<b>Tempo Total de Serviço (h)</b>	126,58	61,01	223,33
<b>Cenário Otimista</b>			
Pavimento	Térreo	Primeiro	Segundo + Terceiro + Sótão
Área (m <sup>2</sup> )	471	227	831
Número de Utilizações	1	1	1
Índice Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	2,00	2,00	2,00
<b>Tempo Total de Serviço (h)</b>	117,75	56,75	207,75
<b>Equipe (Número de Oficiais) *</b>	8	*Equipe para todos os cenários	

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Ao comparar o Quadro 4 e o Quadro 5 nota-se que para os primeiros pavimentos (térreo e primeiro pavimento) a utilização de chapas de compensado não apresenta ganhos, em termos de produtividade, em relação à madeira serrada. No entanto para os últimos pavimentos, a economia de tempo ou a possibilidade de reduzir o número de funcionários que é proporcionada pelo emprego das chapas de compensado é bem significativa. Desse modo é possível reforçar a importância da repetição de pavimentos com os mesmos elementos estruturais para que ocorra a potencialização do uso de chapas de compensado.

Os resultados dos cálculos efetuados para definir a quantidade de tempo gasto na execução das formas de vigas do edifício analisado são expostos no tópico a seguir.

#### 4.1.2 Vigas

A eficiência na execução das formas de vigas, de modo similar aos pilares, também é influenciada pelo número de utilizações que se dá às mesmas. Os fatores responsáveis pela variação no índice de produtividade, apresentados no Quadro 6, são distintos e particulares das atividades envolvidas na produção das formas de viga.

Quadro 6 - Fatores influenciadores no índice de produtividade das formas de viga

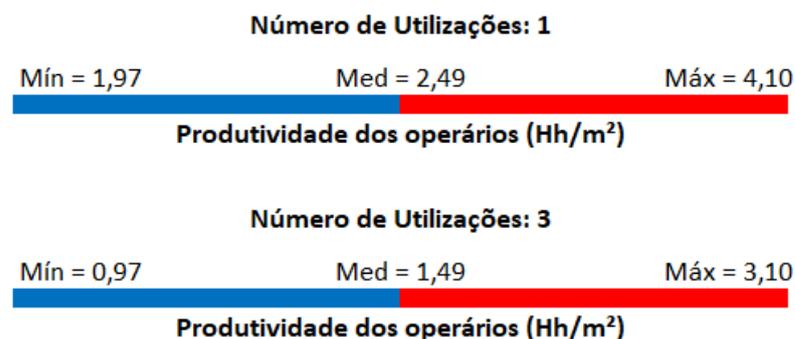
Fatores que diminuem o índice de produtividade	Fatores que aumentam o índice de produtividade
Vigas longas	Vigas curtas
Tirantes laterais inexistentes	Quantidade significativa de tirantes laterais
Quantidade desprezível de vigas invertidas	Quantidade não desprezível de vigas invertidas
Poucos encontros viga-viga	Muitos encontros viga-viga
Não predominância de vigas externas	Predominância de vigas externas
Estrutura de geometria fácil	Estrutura de geometria complexa
Uso intensivo de garfos	Uso intensivo de escoras metálicas
Escoras muito espaçadas	Escoras pouco espaçadas
Serviço em condições favoráveis: ciclos curtos; pouco retrabalho; fatores climáticos favoráveis; baixa rotatividade; operários satisfeitos	Serviço em condições desfavoráveis; ciclos longos; muito retrabalho; fatores climáticos desfavoráveis; alta rotatividade; operários insatisfeitos

Fonte: TCPO (2010)

A obra em estudo possui predominância de vigas com: (a) elevado comprimento (b) pequena quantidade de tirantes laterais; (c) pequena quantidade de vigas invertidas; (d) muitos encontros viga-viga; (e) predominância de vigas internas; (f) estrutura de geometria fácil; (g) uso intensivo de escoras metálicas; e (h) escoras medianamente espaçadas. A execução dos serviços de fabricação, montagem e desmontagem das vigas, podem variar ao longo da construção da obra conforme as condições envolvidas no desenvolvimento das atividades. Desse modo, similarmente a análise realizada para os pilares, efetuou-se os cálculos para um cenário pessimista, um cenário mais provável e um cenário otimista.

A partir das características apresentadas para execução das formas de vigas na obra analisada e das faixas de produtividade variáveis expostas na Figura 12, é possível estimar com maior precisão o índice de produtividade para realização desse serviço. Posteriormente, a partir desse índice, que representa a agilidade da mão de obra em transformar material em produto, pode-se realizar o cálculo do tempo para execução das formas de viga do edifício analisado.

Figura 12 - Índices de produtividade na execução de formas de vigas



Fonte: TCPO (2010)

No Quadro 7 se expõe os índices de produtividade para as atividades de execução de formas de vigas da obra analisada considerando os cenários pessimista, mais provável e otimista. Nesse contexto, os índices referentes a 1 (uma) utilização foram empregados para calcular o tempo na execução das formas de vigas com madeira serrada e o tempo para construir e montar o jogo de formas, com chapas de compensado, que será utilizado para execução dos primeiros pavimentos do edifício. Os índices referentes a 3 (três) utilizações são utilizados para o cálculo do tempo na construção e montagem das formas de viga dos três últimos pavimentos (segundo pavimento, terceiro pavimento e sótão).

Quadro 7 - Índices de produtividade na execução de formas de viga: diferentes cenários

<b>Índice de Produtividade ( Hh/m<sup>2</sup>)</b>		
<b>Cenário</b>	<b>1 Utilização</b>	<b>3 Utilizações</b>
Pessimista	3,50	2,40
Provável	2,60	1,60
Otimista	2,15	1,15

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

As condições favoráveis e desfavoráveis, consideradas para as análises pessimista e otimista, respectivamente, são as mesmas consideradas no caso dos pilares, apresentado no subitem anterior.

No Quadro 8 são apresentados os resultados referentes a quantidade de horas necessárias para execução das formas de vigas, para os diferentes cenários. Os índices de produtividade apresentados no Quadro 7, a área de formas a ser executada e a quantidade de oficiais empregados para a realização dos serviços, foram dados utilizados para determinação desses cálculos.

Quadro 8 - Tempo para execução de formas de viga com chapas de compensado

Cenário Pessimista					
Pavimento	Térreo	Primeiro	Segundo	Terceiro	Sótão
Área (m <sup>2</sup> )	1245	752	592	592	592
Número de Utilizações	1	1	3		
Índice Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	3,50	3,50	2,40		
<b>Tempo Total de Serviço (h)</b>	215,69	329,00	532,80		
Cenário Mais Provável					
Pavimento	Térreo	Primeiro	Segundo	Terceiro	Sótão
Área (m <sup>2</sup> )	1245	752	592	592	592
Número de Utilizações	1	1	3		
Índice Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	2,60	2,60	1,60		
<b>Tempo Total de Serviço (h)</b>	160,225	244,4	355,2		
Cenário Otimista					
Pavimento	Térreo	Primeiro	Segundo	Terceiro	Sótão
Área (m <sup>2</sup> )	1245	752	592	592	592
Número de Utilizações	1	1	3		
Índice Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	2,15	2,15	1,15		
<b>Tempo Total de Serviço (h)</b>	132,49	202,10	255,30		
<b>Equipe (Número de Oficiais)**</b>	8		*Equipe para todos os cenários		

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Ao analisar o Quadro 8 percebe-se pelo índice de produtividade para execução das formas dos três últimos pavimentos, o impacto positivo na produtividade quando ocorre a reutilização das formas já construídas para os pavimentos seguintes. Esse benefício fica ainda mais evidente ao comparar-se os resultados do Quadro 8 com o Quadro 9, que indica o tempo necessário para execução das vigas com tábuas de madeira serrada.

Quadro 9 - Tempo para execução de formas de viga com madeira serrada

Cenário Pessimista			
Pavimento	Térreo	Primeiro	Segundo + Terceiro + Sótão
Área (m <sup>2</sup> )	1245	752	1776
Número de Utilizações	1	1	1
Índice Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	3,50	3,50	3,50
<b>Tempo Total de Serviço (h)</b>	544,69	329,00	777,00
Cenário Mais Provável			
Pavimento	Térreo*	Primeiro	Segundo + Terceiro + Sótão
Área (m <sup>2</sup> )	1245	752	1776
Número de Utilizações	1	1	1
Índice Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	2,60	2,6	2,60
<b>Tempo Total de Serviço (h)</b>	404,63	244,40	577,20
Cenário Otimista			
Pavimento	Térreo*	Primeiro	Segundo + Terceiro + Sótão
Área (m <sup>2</sup> )	1245	752	1776
Número de Utilizações	1	1	1
Índice Produtividade (Hh/m <sup>2</sup> )	2,15	2,15	2,15
<b>Tempo Total de Serviço (h)</b>	334,59	202,10	477,30
<b>Equipe (Número de Oficiais)*</b>	8		*Equipe para todos os cenários

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Comparando-se os quadros referentes ao tempo para execução das formas de viga com aqueles relacionados ao tempo de execução para as formas de pilar, constata-se que para o edifício em questão a área de formas de vigas é superior a de pilares. Os índices de produtividade envolvidos nas atividades das formas de viga também são maiores do que aqueles apresentados para os pilares. Desse modo, nota-se que o tempo total envolvido na construção das formas de viga é maior do que aquele dispensado às formas de pilares. Assim a economia de tempo e mão de obra proporcionada pela reutilização das formas de viga também é mais significativa. Indica-se então, que para as formas desse elemento estrutural seja realizado um esforço adicional para que sejam utilizadas chapas de compensado e se promova a reutilização do jogo de formas, permitindo assim a obtenção de melhores resultados em termos de produtividade.

Apesar de a produtividade ser um tópico relevante, também é fundamental analisar o consumo e o custo dos materiais necessários à execução das formas. Em determinadas ocasiões a empresa responsável pela obra contrata a mão de obra por empreitada, desse modo os custos atrelados a produtividades acabam sendo prioridade para o empreiteiro, enquanto que os custos com materiais recebem maior interesse por parte da construtora. Sendo assim, o próximo capítulo fará a análise do consumo de materiais para execução das formas de vigas e pilares.

## 4.2 CONSUMO DE MATERIAIS

Foram consideradas duas situações para o cálculo do consumo de materiais: com a utilização de dois jogos de forma de chapas de compensado, um deles destinado a moldar os elementos estruturais do térreo e primeiro pavimento e o outro para segundo pavimento, terceiro pavimento e sótão; e com a utilização de cinco jogos de forma de madeira serrada, sendo utilizado um em cada pavimento.

Os cálculos foram realizados para os materiais necessários ao molde das formas, ou seja, as faces de madeira que efetivamente ficam em contato com o concreto. O material de travamento e cimbramento dos elementos estruturais não estão inclusos nessa abordagem devido à utilização, pela obra analisada, de elementos metálicos para suprir essas funções. No entanto em um orçamento completo esses insumos viriam a ser contabilizados em suas composições unitárias.

Os valores de consumo unitário da 13ª edição da TCPO (2010) publicado pela editora PINI foram utilizados para estimar a quantidade de material necessário para a execução das formas de vigas e pilares do edifício analisado. De modo semelhante à produtividade, o consumo de material pode variar em função de alguns fatores. O Quadro 10 apresenta alguns desses itens e indica o efeito dos mesmos sobre o consumo.

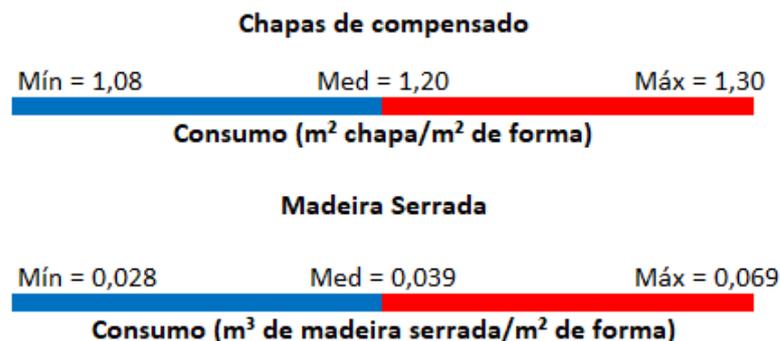
Quadro 10 - Fatores que influenciam o consumo de madeira

Fatores que diminuem o consumo	Fatores que aumentam o consumo
Existência de projeto de fôrmas	Não existência de projeto de fôrmas
Definição prévia de um plano de corte de madeira	Não definição prévia de um plano de corte
Adoção de equipamentos apropriados para a fabricação de painéis	Uso de equipamentos não adequados para a fabricação dos painéis
Uso de desmoldante	Não utilização de desmoldante
Compensado de boa qualidade	compensado de qualidade inferior
Uso de ferramentas apropriadas para descolar os painéis da estrutura na desenforma	Uso de pés-de-cabra para retirar os painéis
Cuidados na montagem que evitem a queda de painéis	Condições que não evitam a queda de painéis na desmontagem
Concepção do sistema facilitando a montagem e desmontagem	Concepção do sistema gera dificuldades de montagem e desmontagem
Topos bem selados e minização de seu contato com o concreto	Contato com o concreto fresco não evitado

Fonte: TCPO (2010)

Verificando-se o Quadro 10 é possível constatar que a maioria dos fatores listados que influenciam o consumo de material estão vinculados aos processos operacionais envolvidos na execução do serviço, ou seja, dependem principalmente dos procedimentos adotados pela equipe de mão de obra na construção e montagem das formas. Portanto, o consumo de material pode ter uma ampla variação, como ilustrado na Figura 13, em função do controle exercido pelos responsáveis pelo gerenciamento da obra.

Figura 13 - Consumo unitário de material por área de forma



Fonte: TCPO (2010)

A empresa responsável pela obra analisada nesse trabalho realiza verificações para certificar-se que as etapas construtivas do edifício estão sendo realizadas corretamente. No entanto, em virtude da grande rotatividade de mão de obra, não existe uma padronização que garanta o cumprimento na totalidade dos processos operacionais que promovem a redução no consumo de materiais. Desse modo, o exercício dessas práticas fica condicionado à eficiência na orientação dos trabalhadores e à fiscalização promovida pelo construtor.

Portanto optou-se por realizar os cálculos de consumo de material para um cenário pessimista, um cenário mais provável e um cenário otimista. Desse modo foram consideradas as variações na eficiência do controle das atividades envolvidas na execução das formas.

O Quadro 11 apresenta o consumo de chapas de compensado necessário à execução das formas de vigas e pilares de todo o edifício estudado.

Quadro 11 - Consumo de chapas de compensado

<b>Cenário Pessimista</b>		
Pavimento	Térreo e 1º Pav	2º Pav, 3º Pav e Sótão
Área de formas das vigas e pilares (m <sup>2</sup> )	1716,00	869,00
Consumo unitário (m <sup>2</sup> chapa / m <sup>2</sup> forma)	1,30	1,30
Material consumido para o jogo de formas (m <sup>2</sup> )	2230,80	1129,70
Material consumido para todo o edifício (m <sup>2</sup> )	3360,50	
<b>Consumo Total ( N° de chapas)</b>	<b>1389</b>	
<b>Cenário Mais Provável</b>		
Pavimento	Térreo e 1º Pav	2º Pav, 3º Pav e Sótão
Área de formas das vigas e pilares (m <sup>2</sup> )	1716,00	869,00
Consumo unitário (m <sup>2</sup> chapa / m <sup>2</sup> forma)	1,25	1,25
Material consumido para o jogo de formas (m <sup>2</sup> )	2145,00	1086,25
Material consumido para todo o edifício (m <sup>2</sup> )	3231,25	
<b>Consumo Total ( N° de chapas)</b>	<b>1336</b>	
<b>Cenário Otimista</b>		
Pavimento	Térreo e 1º Pav	2º Pav, 3º Pav e Sótão
Área de formas das vigas e pilares (m <sup>2</sup> )	1716,00	869,00
Consumo unitário (m <sup>2</sup> chapa / m <sup>2</sup> forma)	1,15	1,15
Material consumido para o jogo de formas (m <sup>2</sup> )	1973,40	999,35
Material consumido para todo o edifício (m <sup>2</sup> )	2972,75	
<b>Consumo Total ( N° de chapas)</b>	<b>1229</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Ao verificar o Quadro 11 nota-se a existência de variação no consumo de chapas de compensado em função dos fatores expostos no Quadro 10. No entanto, é importante destacar que embora a diferença entre o caso otimista e pessimista não pareça tão acentuada, a análise partiu do princípio de que será possível fazer duas utilizações para o jogo de formas referente aos primeiros pavimentos e três utilizações àquele destinado aos últimos pavimentos. Isso só

ocorrerá efetivamente se houver um controle adequado que garanta a aplicação prática dos fatores, expostos no Quadro 10, que influem positivamente a redução no consumo de material.

O Quadro 12 apresenta o consumo de tábuas de madeira serrada para execução das formas de vigas e pilares do edifício em estudo. Inicialmente o consumo foi calculado em metros cúbicos de madeira, em razão do consumo unitário da TCPO (2010) ser fornecido em função dessa unidade. Posteriormente realizou-se a conversão do consumo para metros quadrados de tábua, a fim de facilitar e permitir a comparação com a quantidade de chapas de compensado consumida. A conversão foi realizada assumindo-se que as tábuas de madeira utilizadas possuem dimensões de 30 centímetros de largura, 2,5 centímetros de espessura e 3 metros de comprimento.

Quadro 12 - Consumo de tábuas de madeira serrada

Cenário Pessimista					
Pavimento	Térreo	1º Pav	2º Pav	3º Pav	Sótão
Área de formas das vigas e pilares (m <sup>2</sup> )	1716,00	979,00	869,00	869,00	869,00
Consumo unitário (m <sup>3</sup> tábua / m <sup>2</sup> forma)	0,069	0,069	0,069	0,069	0,069
Material consumido para o jogo de formas (m <sup>3</sup> )	118,40	67,55	59,96	59,96	59,96
Material consumido para todo o edifício (m <sup>3</sup> )	365,84				
Material consumido para todo o edifício (m <sup>2</sup> )	14633,52				
<b>Consumo Total ( N° de tábuas)</b>	<b>16259</b>				
Cenário Mais Provável					
Pavimento	Térreo	1º Pav	2º Pav	3º Pav	Sótão
Área de formas das vigas e pilares (m <sup>2</sup> )	1716,00	979,00	869,00	869,00	869,00
Consumo unitário (m <sup>3</sup> tábua / m <sup>2</sup> forma)	0,049	0,049	0,049	0,049	0,049
Material consumido para o jogo de formas (m <sup>3</sup> )	84,08	47,97	42,58	42,58	42,58
Material consumido para todo o edifício (m <sup>3</sup> )	259,80				
Material consumido para todo o edifício (m <sup>2</sup> )	10391,92				
<b>Consumo Total ( N° de tábuas)</b>	<b>11547</b>				
Cenário Otimista					
Pavimento	Térreo	1º Pav	2º Pav	3º Pav	Sótão
Área de formas das vigas e pilares (m <sup>2</sup> )	1716,00	979,00	869,00	869,00	869,00
Consumo unitário (m <sup>3</sup> tábua / m <sup>2</sup> forma)	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
Material consumido para o jogo de formas (m <sup>3</sup> )	58,34	33,29	29,55	29,55	29,55
Material consumido para todo o edifício (m <sup>3</sup> )	180,27				
Material consumido para todo o edifício (m <sup>2</sup> )	7210,72				
<b>Consumo Total ( N° de tábuas)</b>	<b>8012</b>				

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Ao analisar o Quadro 12 nota-se a grande diferença entre o cenário pessimista e o cenário otimista em relação ao consumo de tábuas. Essa variação ocorre em decorrência da grande discrepância entre o valor mínimo e o valor máximo de consumo apresentados na faixa de consumo variável da TCPO (2010) para madeira serrada (Figura 12). Percebe-se

ainda que os valores máximo e mínimo de consumo para as chapas de compensado não possuem tanta diferença. Conclui-se a partir disso que: (a) ou existe uma grande discrepância do consumo de madeira serrada entre as empresas do setor da construção civil; (b) ou a faixa de consumo variável para execução de formas com a utilização de madeira serrada da TCPO (2010) incluiu um valor de consumo máximo que é atípico no setor, sendo que o mesmo não ocorreu para as chapas de compensado.

Sendo assim comparando-se o Quadro 11 e o Quadro 12 verifica-se que as chapas de compensado plastificado proporcionam uma grande redução da quantidade de material utilizada. Isso ocorre devido as características desse material que permitem que o mesmo jogo de formas possa ser utilizado por várias vezes. Logo, quanto à economia de recursos materiais, as chapas de compensado constituem uma opção mais interessante para a obra em estudo.

Contudo, apesar de apresentar menor consumo, as chapas de compensado possuem custo unitário mais elevado do que as tábuas de madeira serrada. Desse modo, em busca de verificar a melhor opção quanto à economia de recursos financeiros, efetuou-se o comparativo entre a utilização de madeira serrada e chapas de compensado na seção seguinte, levando-se em consideração o custo dos materiais e o tempo de mão de obra empregado para a execução dos serviços de formas.

### 4.3 CUSTOS

O custo unitário das peças de madeira foi obtido por meio do relatório de insumos e composições divulgado em março de 2018 pelo SINAPI e são expostos no Quadro 13. Na análise realizada se considerou a utilização de tábuas de madeira serrada de segunda qualidade com dimensões de 3 metros de comprimento, 30 centímetros de largura e 2,5 centímetros de espessura. Quanto às chapas de compensado plastificado foram consideradas as dimensões de 2,20 metros de comprimento, 1,10 metros de largura e 2,0 centímetros de espessura.

Quadro 13 - Custo Unitário dos materiais

<b>Material</b>	<b>Custo Unitário</b>
Chapa de compensado	R\$ 66,06
Tábua de madeira serrada	R\$ 12,06

Fonte: Adaptado de SINAPI (2018)

O custo dos serviços foi obtido por meio do relatório de custos de composições divulgado em março de 2018 pelo SINAPI. Nos cálculos foi utilizado o custo horário não desonerado de 20,37 reais, referente ao trabalho dos carpinteiros de formas. Os encargos sociais, equivalentes a 114,22% (hora) do valor pago ao trabalhador, já estão inclusos nesse valor.

O Quadro 14 expõe os custos envolvidos para execução das formas de vigas e pilares de todos os pavimentos do edifício estudado com a utilização de chapas de compensado.

Quadro 14 - Custos para execução das formas com chapas de compensado

<b>Cenário Pessimista</b>		
Material	Quantidade (Nº Chapas)	1389
	Custo unitário (R\$/chapa)	66,06
	Custo total do material (R\$)	91.757,34
Serviço	Tempo de serviço (h)	1445
	Custo horário do serviço (R\$/h)	20,37
	Custo total do serviço (R\$)	29.434,65
<b>Custo total do pavimento (R\$)</b>		<b>121.191,99</b>
<b>Cenário Mais Provável</b>		
Material	Quantidade (Nº Chapas)	1336
	Custo unitário (R\$)	66,06
	Custo total com material (R\$)	88.256,16
Serviço	Tempo de serviço (h)	1067
	Custo horário do serviço (R\$/h)	20,37
	Custo total do serviço (R\$)	21.734,79
<b>Custo total do pavimento (R\$)</b>		<b>109.990,95</b>
<b>Cenário Otimista</b>		
Material	Quantidade (Nº Chapas)	1229
	Custo unitário (R\$)	66,06
	Custo total com material (R\$)	81.187,74
Serviço	Tempo de serviço (h)	869
	Custo horário do serviço (R\$/h)	20,37
	Custo total do serviço (R\$)	17.701,53
<b>Custo total do pavimento (R\$)</b>		<b>98.889,27</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Analisando-se o Quadro 14 constata-se que a variação entre os custos envolvidos para a situação pessimista e otimista não é muito acentuada, diferente do que acontece no Quadro 15, referente aos custos envolvidos para execução das formas com a utilização de tábuas de madeira serrada.

Quadro 15 - Custos para execução das formas com tábuas de madeira serrada

<b>Cenário Pessimista</b>		
Material	Quantidade (Nº Tábuas)	16258
	Custo unitário (R\$/tábua)	12,02
	<b>Custo total do material (R\$)</b>	<b>195.421,16</b>
Serviço	Tempo de serviço (h)	2167
	Custo horário do serviço (R\$/h)	20,37
	<b>Custo total do serviço (R\$)</b>	<b>44.141,79</b>
<b>Custo total do pavimento (R\$)</b>		<b>239.562,95</b>
<b>Cenário Mais Provável</b>		
Material	Quantidade (Nº Tábuas)	11545
	Custo unitário (R\$/tábua)	12,02
	<b>Custo total do material (R\$)</b>	<b>138.770,90</b>
Serviço	Tempo de serviço (h)	1638
	Custo horário do serviço (R\$/h)	20,37
	<b>Custo total do serviço (R\$)</b>	<b>33.366,06</b>
<b>Custo total do pavimento (R\$)</b>		<b>172.136,96</b>
<b>Cenário Otimista</b>		
Material	Quantidade (Nº Tábuas)	8011
	Custo unitário (R\$/tábua)	12,02
	<b>Custo total do material (R\$)</b>	<b>96.292,22</b>
Serviço	Tempo de serviço (h)	1397
	Custo horário do serviço (R\$/h)	20,37
	<b>Custo total do serviço (R\$)</b>	<b>28.456,89</b>
<b>Custo total do pavimento (R\$)</b>		<b>124.749,11</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A elevada diferença entre os custos no cenário pessimista e otimista do Quadro 15 era esperada, em virtude do consumo de material que, calculado no capítulo anterior, já havia se mostrado discrepante.

A comparação entre os custos dos dois tipos de madeira foram expostas no Quadro 16, que ao ser analisado permite concluir que para todos os cenários desenvolvidos a utilização de chapas de compensado no lugar de tábuas de madeira serrada é financeiramente vantajosa.

Quadro 16 – Comparativo de custos

<b>Cenário Pessimista</b>		
Custos	Madeira Serrada	Chapas de compensado
Material (R\$)	195.421,16	91.757,34
Serviço (R\$)	44.141,79	29.434,65
Total pavimento (R\$)	239.563,95	121.191,99
<b>Cenário Mais Provável</b>		
Material (R\$)	138.770,90	88.256,16
Serviço (R\$)	33.366,06	21.734,79
Total pavimento (R\$)	172.136,96	109.990,95
<b>Cenário Otimista</b>		
Material (R\$)	96.292,22	81.256,16
Serviço (R\$)	28456,89	17.701,53
Total pavimento (R\$)	124.749,11	98.889,27

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

No entanto, destaca-se que a análise partiu do princípio de que o número de utilizações almejado para os jogos de forma de chapas de compensado poderia ser alcançado. Atingir esse feito, na realidade, pode representar um desafio às empresas que ainda não estão habituadas a trabalhar com esse material. Desse modo, indica-se que os fatores expostos no Quadro 10 sejam criteriosamente analisados e que as devidas atitudes sejam tomadas para assegurar as boas práticas que permitem a utilização adequada do material.

Nesse trabalho, em busca de contribuir para o melhor aproveitamento das chapas de compensado, elaborou-se planos de corte por meio de programas computacionais para as formas dos elementos estruturais do pavimento térreo do edifício estudado. O tópico seguinte apresenta os procedimentos realizados, as dificuldades identificadas e os resultados encontrados na elaboração dos planos de corte.

#### 4.4 PLANOS DE CORTE

Em busca de realizar planos de corte para as chapas de compensado de modo mais eficiente, atual e tecnológico investigou-se *softwares* específicos para essa função. Durante a pesquisa, encontraram-se programas de computador com ferramentas interessantes para a execução dos planos de corte. No entanto os mesmos não são direcionados para a construção civil. Em geral, os *softwares* de planejamento de corte, são mais utilizados pela indústria moveleira, possuindo então funções voltadas especificamente para esse setor. Desse modo, embora seja uma ferramenta útil, ainda precisa de alguns ajustes para atender a construção civil mais satisfatoriamente.

A análise e investigação de alguns *softwares* especializados em obter melhor aproveitamento de materiais submetidos a processos de corte mecânico foram realizadas e optou-se por utilizar dois deles para realizar o planejamento de corte das peças das formas de vigas e pilares do pavimento térreo do edifício estudado. Ambos os programas escolhidos mostraram-se semelhantes quanto aos processos de operações para inserção dos dados e nos resultados apresentados. Assim, optou-se por utilizar aquele que apresentou os resultados de modo mais visual, permitindo entender mais facilmente os planos de corte propostos.

As etapas desenvolvidas nessa pesquisa para a elaboração dos planos de corte com o uso de *software* foram as seguintes: (a) escolha do material a ser cortado, no caso as chapas de compensado resinado plastificado, possuindo medida padrão de 2,20 metros de comprimento por 1,10 metros de largura e 2,00 cm de espessura; (b) inserção no *software* das dimensões e quantidades das peças a serem cortadas nas chapas, que variavam conforme as medidas das formas das vigas e pilares; (c) identificação das peças, onde optou-se por atribuir a mesma nomenclatura do projeto de formas, acrescentando à que face cada peça se referia (face lateral ou fundo); (d) introdução de informações complementares, como a espessura da serra utilizada e a presença de bordas e furos e (f) a execução dos comandos para que o programa efetuasse os cálculos, apresentando ilustrações com os cortes a serem realizados nas chapas.

Na operação do *software* algumas dificuldades foram encontradas, sendo uma das principais delas a impossibilidade de se inserir peças com dimensões maiores do que as da chapa de compensado. Nessa situação o programa apresentava erros, sendo incapaz de realizar os cálculos necessários. Percebeu-se então a inexistência de um procedimento automático para seccionar peças em diferentes chapas. Desse modo foi necessário efetuar a divisão manual dos elementos, tornando assim o processo mais lento e propício a erros.

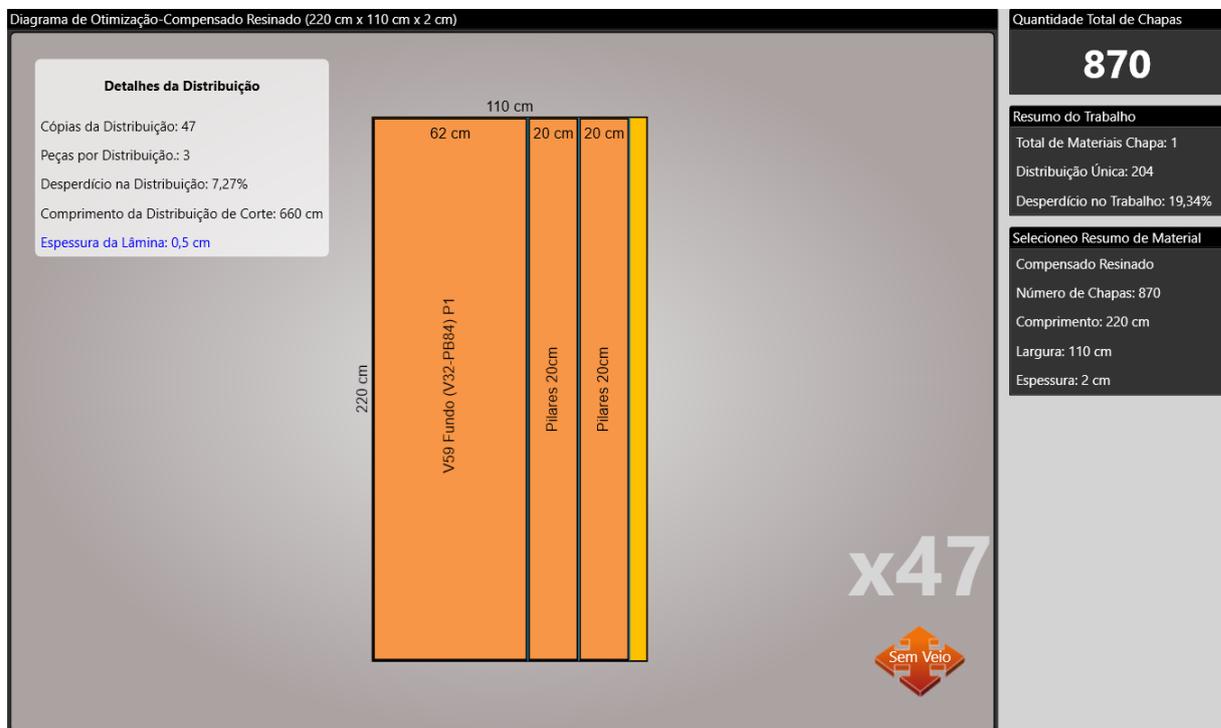
Alguns outros desafios foram evidenciados na elaboração do plano de corte com a utilização do *software*, como por exemplo, a necessidade de conhecer com determinada precisão, os métodos adotados pela equipe de mão de obra para a execução das formas em regiões de encontro entre diferentes elementos estruturais, como vigas e pilares. Para isso, a colaboração dos empreiteiros responsáveis pela equipe que executa os serviços foi de fundamental importância, pois os mesmos forneceram informações relevantes relativas aos processos construtivos das formas de madeira para concreto armado.

Superadas as dificuldades, os primeiros resultados referentes aos planos de corte foram obtidos. A Figura 14 ilustra um dos planos de corte gerado, que contempla o corte de um painel de fundo de viga e dois painéis laterais de pilares. Os demais planos de corte

gerados seguem o mesmo padrão e para todos eles o programa disponibiliza as informações sobre: (a) o desperdício gerado pela distribuição das peças na chapa de compensado, (b) a quantidade de peças posicionadas, (c) o comprimento linear de cortes a serem executados e (d) o número de vezes que o mesmo plano de corte deve ser repetido.

O programa indicou que ao total haverá necessidade de 870 chapas de compensado plastificado para execução das formas de vigas e pilares do pavimento térreo do edifício estudado. Foram gerados 204 planos de corte diferentes, que apresentaram um desperdício de 19,34% da quantidade total de material.

Figura 14 - Plano de corte gerado pelo programa computacional



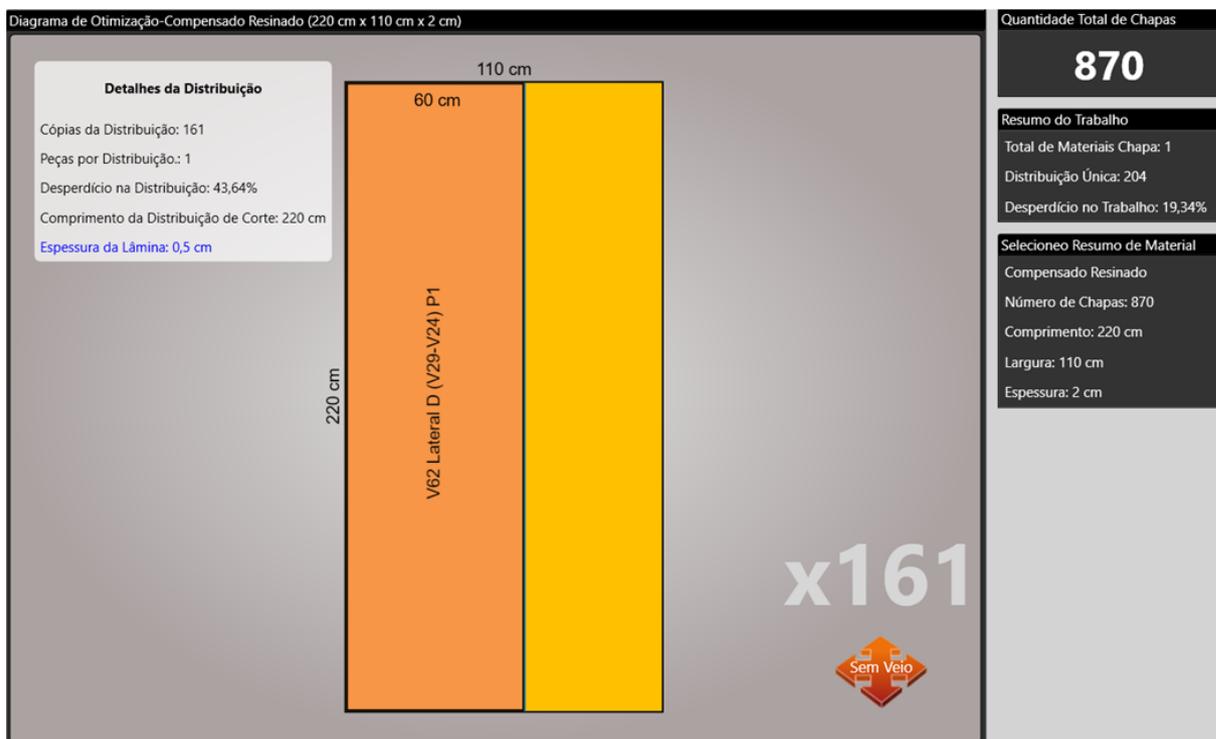
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Analisando a Figura 14 constata-se por meio do quadro a esquerda, com os detalhes da distribuição, que o plano de corte ilustrado apresenta um valor relativamente baixo de desperdício na distribuição. No entanto, o desperdício total dos planos de corte gerados, apresentado no quadro a direita, é de 19,34%, valor que representa uma perda equivalente a aproximadamente 168 chapas de compensado.

A quantidade de resíduos gerada pelos planos de corte propostos instigou o autor a analisá-los com maior atenção, no intuito de encontrar as principais causas da excessiva perda de material. Após realizar a verificação, identificou-se o plano de corte apresentado na Figura 15, que possui um baixo aproveitamento de material.

O problema com o plano de corte ocorreu em virtude de painéis de viga que apresentaram largura de 60 centímetros, impossibilitando o posicionamento de duas peças com essa dimensão em uma única chapa de compensado, que possui largura de 1,10 metros. Esse plano de corte foi indicado para 161 chapas de compensado, desse modo, se ele fosse executado da maneira como foi apresentado pelo programa, muitos retalhos seriam gerados. Esse material poderia ser utilizado, mas não haveria uma função previamente definida para os mesmos.

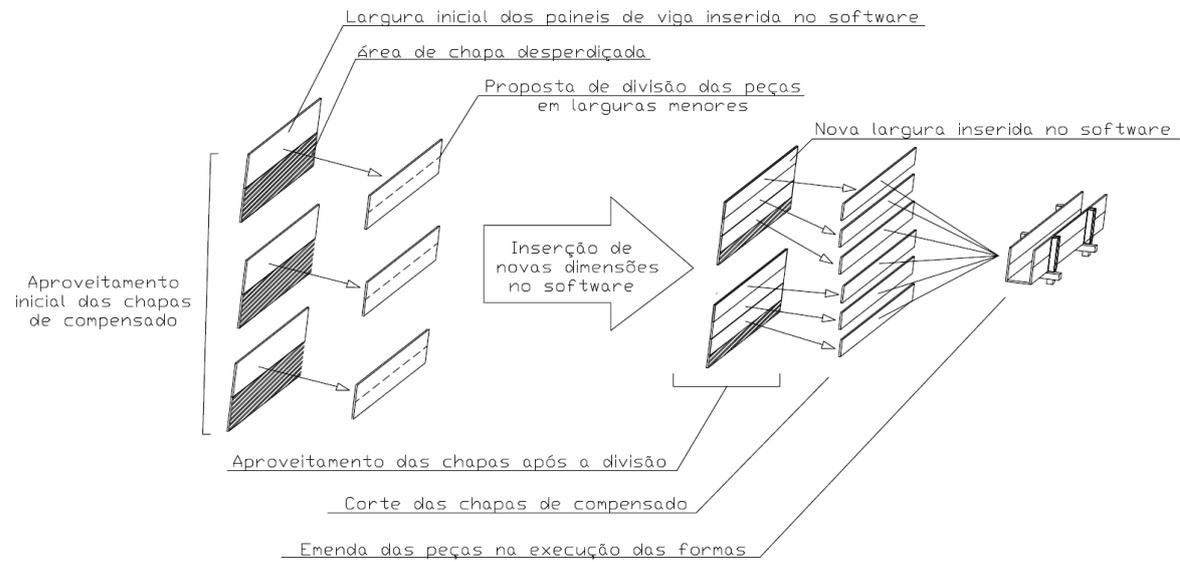
Figura 15 - Plano de corte com baixo aproveitamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Assim, em busca de obter um melhor aproveitamento para as chapas de compensado, optou-se por dividir os elementos responsáveis pelo alto desperdício de material. Desse modo, conforme a Figura 16 os mesmos foram separados em duas peças de largura menor, para que posteriormente fossem emendadas no processo de execução das formas.

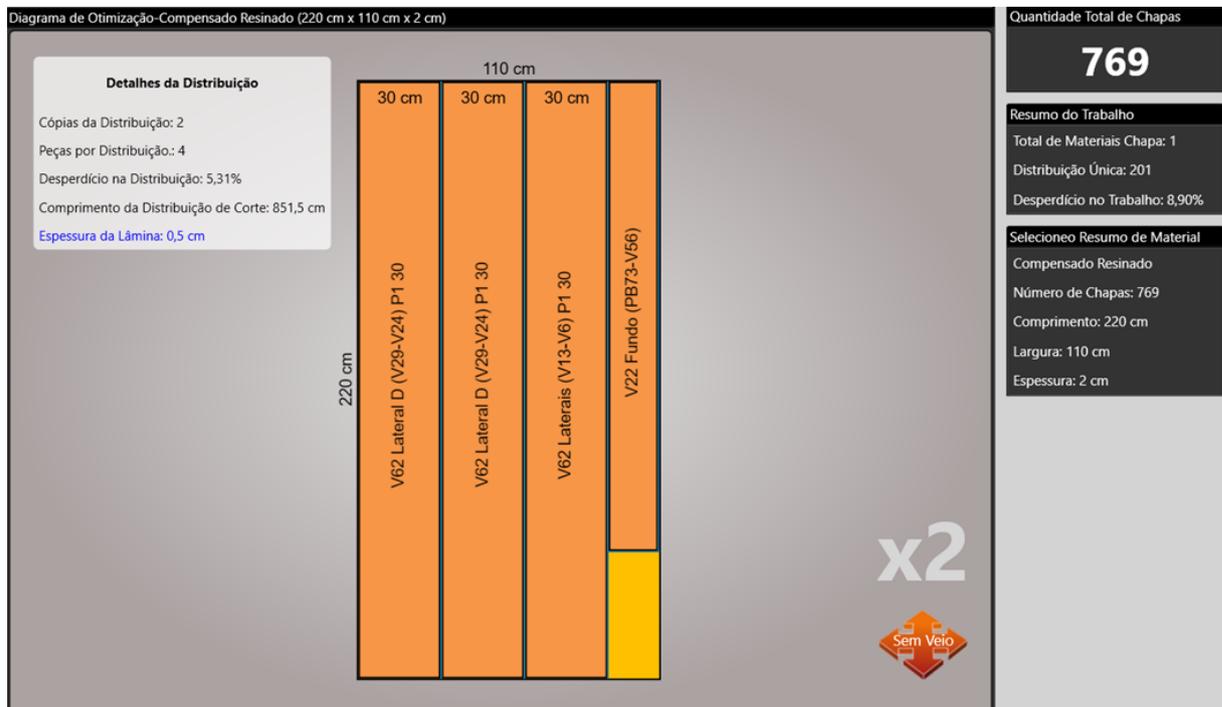
Figura 16 - Proposta para melhor aproveitamento das chapas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Após a inserção das novas dimensões no *software*, foram gerados novos planos de corte que indicaram um consumo de 769 chapas de compensado, com apenas 8,90% de desperdício de material. A Figura 17 ilustra um exemplo dos planos de corte realizados.

Figura 17 - Plano de corte após alterações das peças



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Os resultados obtidos a partir dos planos de corte mostram que é possível a obtenção de um aproveitamento superior a 90% do material utilizado na execução das formas de vigas e pilares.

Considerando-se a pesquisa realizada é possível concluir que a utilização de chapas de compensado, na execução de formas, consiste em uma alternativa viável para a obra analisada. Esse material, desde que utilizado em acordo com as boas práticas da construção civil, ajuda a promover a redução no tempo de execução dos serviços e possibilita a economia de recursos materiais e financeiros.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diversidade de técnicas construtivas e produtos, na construção civil oferece aos gestores e empreendedores múltiplas alternativas para construção de uma obra. No entanto, para que as tomadas de decisão envolvendo a escolha desses itens seja assertiva, além de conhecer as peculiaridades das técnicas e produtos disponíveis, é necessário levar em conta as particularidades de cada obra.

Neste trabalho, foi realizada a comparação entre a utilização de tábuas de madeira serrada e chapas de compensado na execução de vigas e pilares de um edifício. A partir da geometria da obra analisada, das características dos elementos estruturais e das técnicas envolvidas na execução das formas, foram realizados comparativos. Os mesmos indicaram que para a obra analisada, nos três cenários propostos as chapas de compensado apresentaram maiores benefícios quando comparadas as tábuas de madeira serrada, tanto em relação aos custos com materiais quanto com relação ao tempo dedicado à execução dos serviços de construção e montagem das formas. A principal razão desses ganhos é a possibilidade de reutilização das chapas de compensado.

Em busca de potencializar as vantagens da utilização de chapas de compensado, foram realizados planejamentos de corte para esse material, com o emprego de um *software* utilizado, principalmente, pelas indústrias moveleiras. A proposta apresentada pelo programa gerou especificações de corte bem organizadas e de fácil compreensão que forneceram informações importantes quanto ao aproveitamento das chapas e quanto à dificuldade para execução dos serviços. No entanto, a falta de determinados comandos e funções específicas para a construção civil criou algumas dificuldades que tornou moroso o processo de inserção de dados no programa e implicou na necessidade de serem realizadas intervenções manuais para garantir o melhor aproveitamento das chapas.

Sugere-se como possibilidades de trabalhos futuros: (a) o estudo do impacto na geração de resíduos provocado pela utilização de planos de cortes; (b) a análise, em uma obra, do número de utilizações efetivamente alcançadas com chapas de compensado e a variação que pode ocorrer em função da qualidade de controle das atividades envolvidas no processo de construção, montagem e desmontagem das formas; (c) a realização de um comparativo de custos, consumo de material e tempo de mão-de-obra entre formas pré-fabricadas e formas construídas e montadas em obra.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE, EMPRESAS ASSOCIADAS; **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo, 2016.

ASSAHI, P.N. **Sistema de fôrma para estrutura de concreto**. SIMPÓSIO SOBRE ESTRUTURAS DE CONCRETO, v. 5, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Guia Orientativo Abimci para Classificação e Uso de Chapas de Compensado Plastificados – nº1**. Curitiba. ABIMCI, 2012.

BARROS, M.M.B.; MELHADO, S.B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. 1998.

BASTOS FILHO, V.O. **Sistema de Formas para Estruturas de Concreto**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 54., 2012, Maceió. *Anais...*Maceió: IBRACON, 2012. p. 1-14.

BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves. **Manual técnico: Gestão de Resíduos Sólidos em Canteiros de Obras**. Brasília: SEBRAE/DF, 2007

BRASIL. Resolução. 307, de 05 de JULHO de 2002. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA, 2005.

DALDEGAN, E. **Formas para concreto**: Tipos de formas e principais cuidados. Engenharia Concreta, 2016. Disponível em: <<https://www.engenhariaconcreta.com/formas-para-concreto-tipos-de-formas-e-principais-cuidados>>. Acesso em: 14 mai. 2018.

EY, **Estudo Sobre Produtividade na Construção Civil**: Desafios e Tendências no Brasil, 2014. Disponível em: <[http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY\\_Estudo\\_Produtividade\\_na\\_Construcao\\_Civil/\\$FILE/Estudo\\_Real\\_Estate.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY_Estudo_Produtividade_na_Construcao_Civil/$FILE/Estudo_Real_Estate.pdf)> Acesso em 30 de Mar.2018.

FORMOSO, C.T. et.al. **Perdas na construção civil**: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor. Porto Alegre, p.01-11, 1997.

FREIRE, T.M; SOUZA, U.E.L. **Classificação dos sistemas de fôrmas para estruturas de concreto armado**. São Paulo: Epusp, 2001. 22 p. (ISSN 0103-9839).

HONG KONG POLYTECHNIC. **Reduction of construction waste**. Hong Kong, 1993. Relatório final

MARANHÃO, G.M. **Fôrmas para concreto**: Subsídios para a otimização do projeto segundo a NBR 7190/97. 2000. 228 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

MATTOS, A.D. **Planejamento e controle de obras**. São Paulo: Pini, 2010. 420 p. (ISBN 9878-85-7266-223-9).

MIRANDA, L.F.R.; ANGULO, Sérgio Cirelli; CARELI, Elcio D. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, 2009.

MORI, L.M. **Sistema de informação gerencial para previsão de produtividade do trabalho na alvenaria de elevação**. 2008. 232 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MUTTI, C.N. **Administração da Construção**. Florianópolis: 2008, última atualização 2016.

MUTTI, C.N.; LIBRELOTTO, L.I.; OLIVEIRA, P.V.H; BAIOTTO, A.C. **Redução do desperdício em canteiros de obras: um estudo para a Grande Florianópolis**, Florianópolis, 1997.

NAGALLI, A.; LOPES, F.P; PEREIRA, P.M; HAMAYA, R.M. **Resíduos de madeira na construção: oportunidade ou perigo?**. Técnica, p.196, São Paulo, 2013.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

NAZAR, N. **Fôrmas e escoramentos para edifícios: Critérios para dimensionamento e escolha do sistema**. São Paulo: Pini, 2007. 173 p. (ISBN 978-85-7266-179-9).

PALIARI, J.C. **Método para prognóstico da produtividade da mão de obra e consumo unitário de materiais: Sistemas prediais hidráulicos**. 2008. 621 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.

Pinto, T.P. **Perda de materiais em processos construtivos tradicionais**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia Civil, 1979.

RIBEIRO, C.C; PINTO, J.D.S; STARLING, T. **Materiais de construção civil**. 2. ed. Belo Horizonte: Ufmg, 2006. 102 p.

SANCHES, F.G. **Avaliação dos parâmetros do processo de revestimento de painéis compensados com filme fenólico para uso como fôrmas de concreto**. 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012.

SANTOS, A.; FORMOSO, C.T.; ISATTO, E.L.; LANTELME, E. **Método de Intervenção para a Redução de Perdas na Construção Civil: Manual de Utilização**. Porto Alegre: Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul - SEBRAE/RS, 2000. 103p.

SINAPI, Sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil. Santa Catarina: Caixa Econômica Federal, 2018.

SKOYLES, E. R. **Materials wastage—a misuse of resources**, 1976.

SOUZA, U.E.L. **O uso do plástico nas fôrmas para estruturas de concreto de edifícios**, Anais do II Encontro Tecnológico de sistemas plásticos na construção civil. São Paulo, 1997.

SOUZA, U.E.L. **Como reduzir perdas nos canteiros**: Manual de gestão do consumo de materiais na construção civil. São Paulo: Pini, 2005. 128 p. (ISBN 85-7266-158-1).

SOUZA, U.E.L. **Como aumentar a eficiência da mão-de-bra**: Manual de gestão da produtividade na construção civil. São Paulo: Pini, 2006. 100 p. (ISBN 85-7266-174-3).

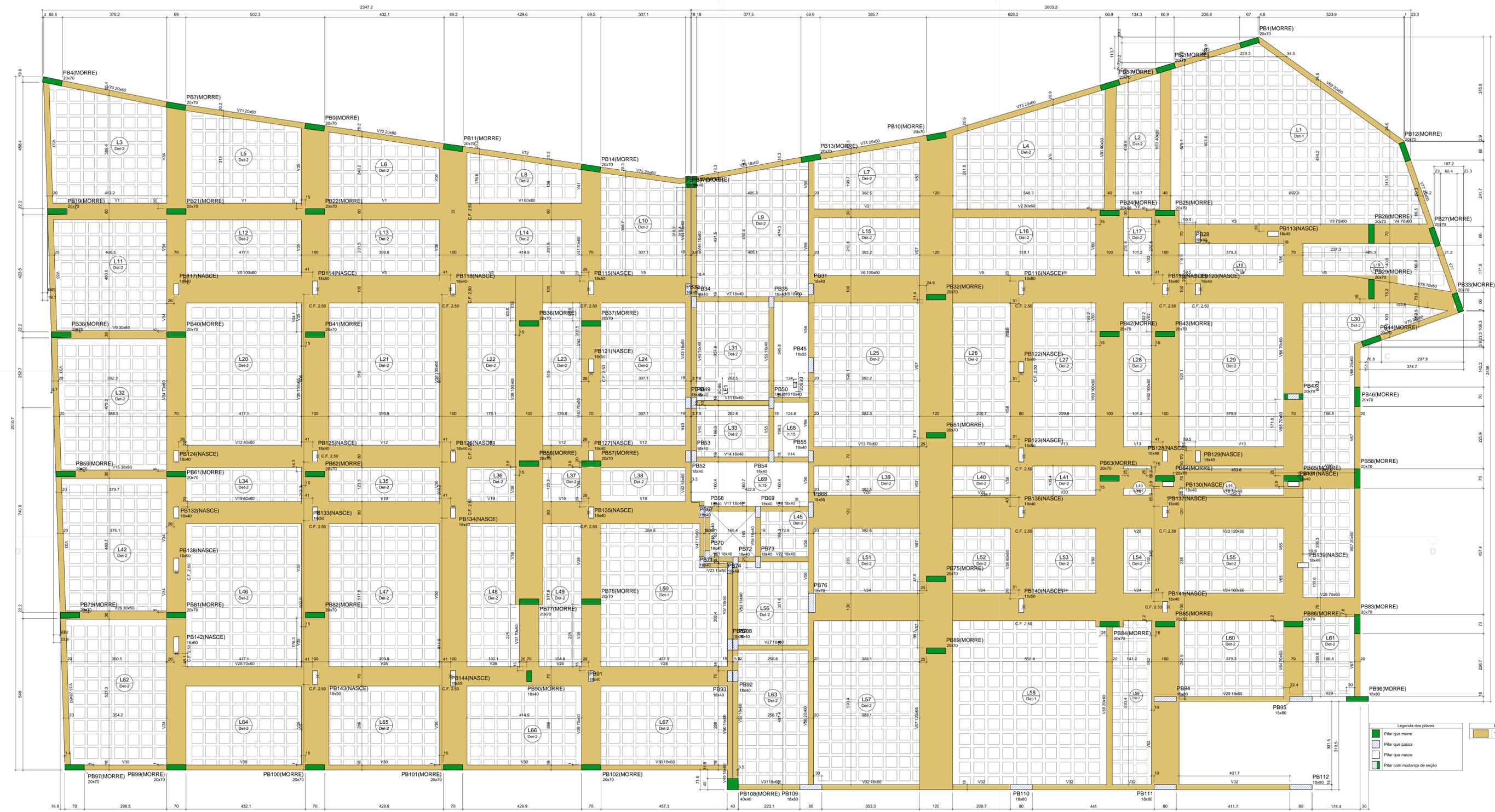
TCPO, Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos. São Paulo: Pini, 2010.

THOMAS, H. Randolph; YIAKOUMIS, Iacovos. **Factor model of construction productivity**. Journal of construction engineering and management. v. 113, n. 4, p. 623-639, 1987.

WATAI, L.T. **Manual de Colagem de Madeira**. São Paulo: IPT, 1988.

ZENID, G.J. et al (Org.). **Madeira**: uso sustentável na construção civil. 2. ed. São Paulo: Setor de Editoração da Secretaria Verde e do Meio Ambiente do Município de São Paulo, 2009. 100 p. Disponível em:  
<[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/manual\\_madeira\\_1253894638.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/manual_madeira_1253894638.pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2018.

ANEXO A  
(Plantas de formas)



Forma do pavimento TERREO

escala 1:50

Legenda dos pilares

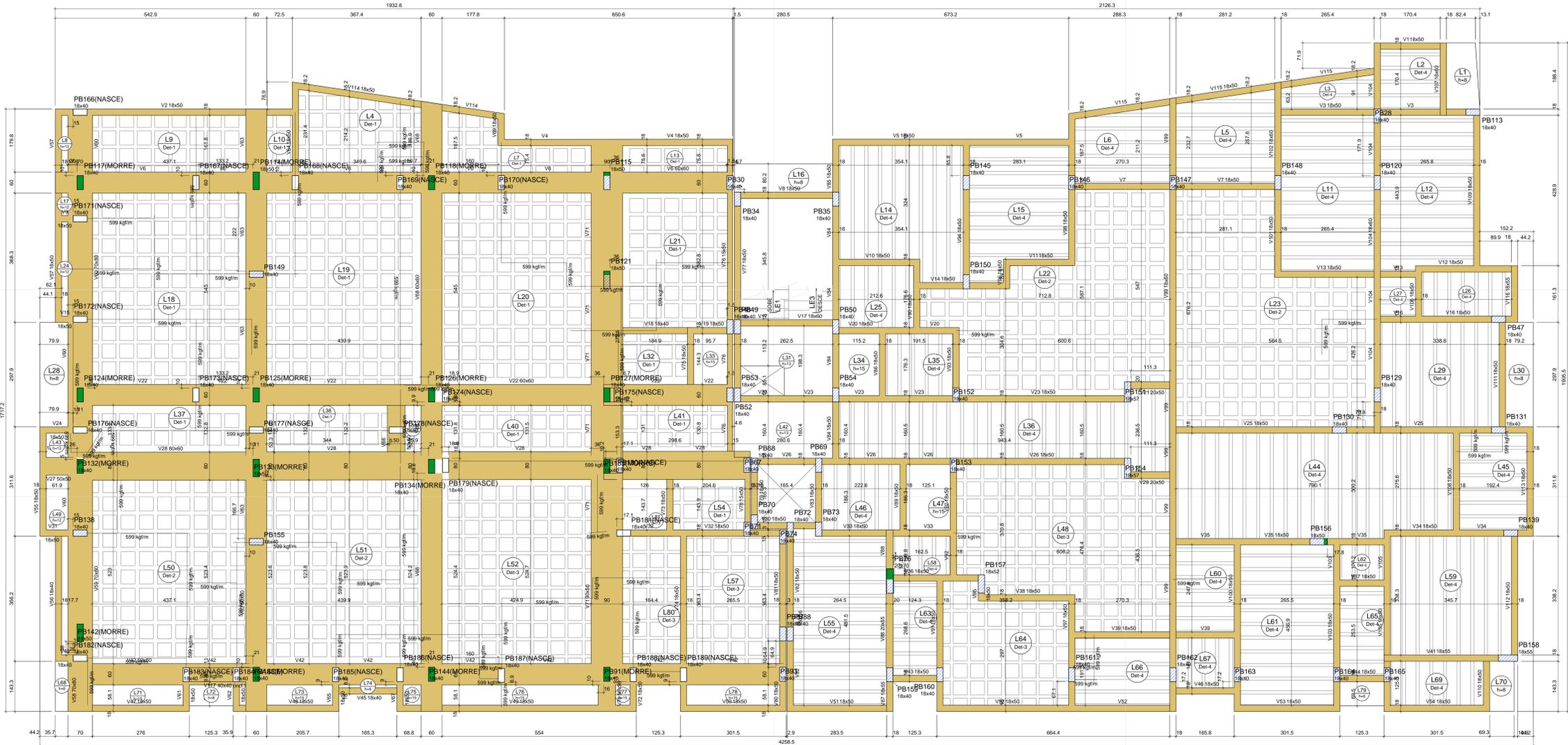
- Pilar que morre
- Pilar que passa
- Pilar que nasce
- Pilar com mudança de seção

Legenda das vigas e paredes

- Viga

**PROJETO ESTRUTURAL**

CONDOMÍNIO			
PLANTA TERREO	Projeto		
LOCAL	Execução		
PROPRIETÁRIO	Data	Escala	Indicadas
BLOCO B FORMAS		F02 / F11	



**Legenda dos pilares**

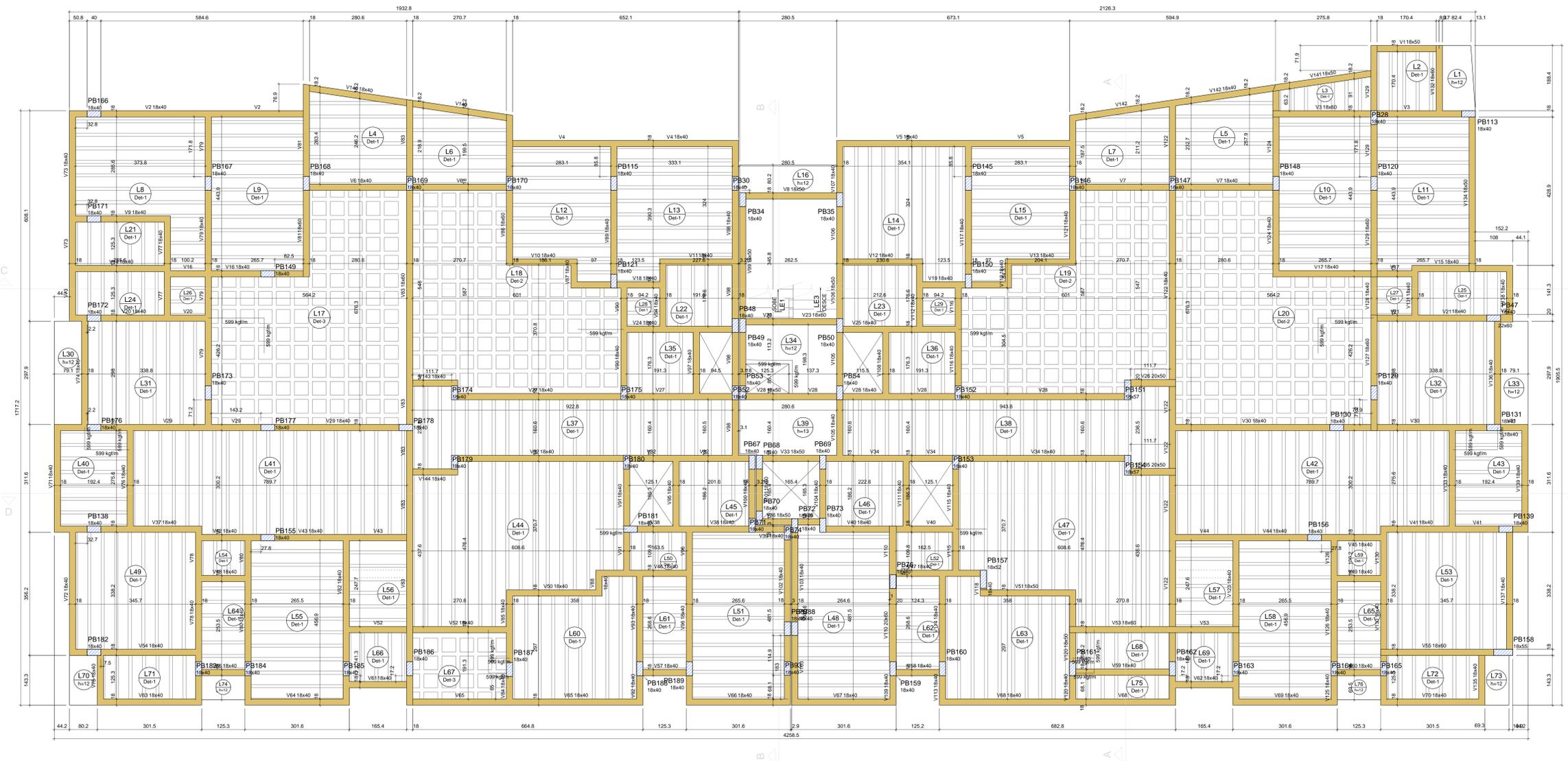
- Pilar que morre
- Pilar que passa
- Pilar que nasce
- Pilar com mudança de seção

**Legenda das vigas e paredes**

- Vige
- Vige inclinada

Forma do 1º PAVIMENTO  
escala 1:50

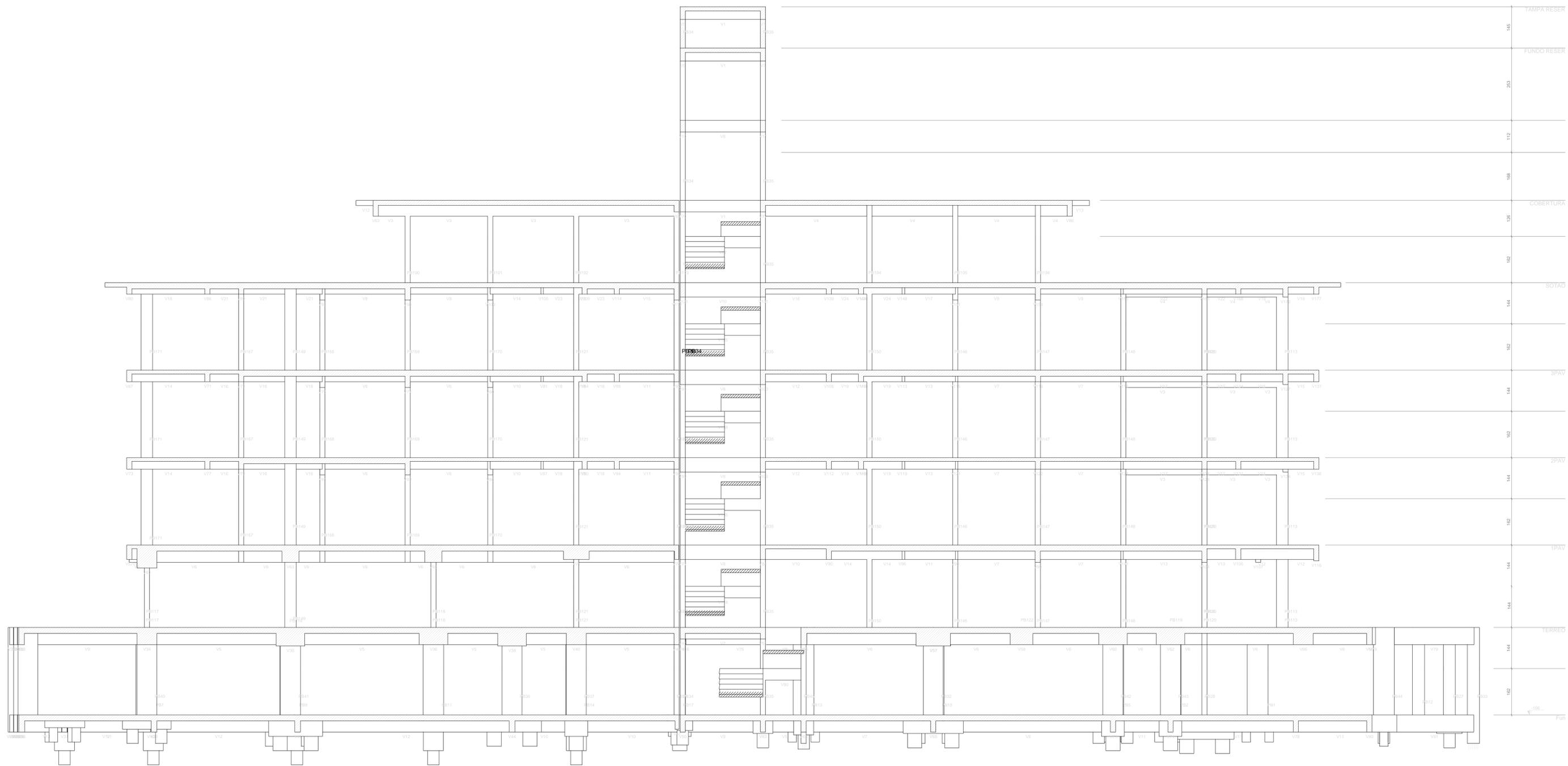
PROJETO ESTRUTURAL			
CONDOMÍNIO	Projeto		
PLANTA	1º PAVIMENTO		
LOCAL	Execução		
PROPRIETÁRIO	Data	Escala	Indicadas
		Revisão	
BLOCO B FORMAS		F03/F11	



Forma do Pavimento Tipo (Segundo pavimento, Terceiro pavimento e Sótão)

PROJETO ESTRUTURAL						
CONDÔMÍNIO						
PLANTA	Pavimento Tipo					
LOCAL	Execução:					
PROPRIETÁRIO	Data:	Escala:	Indicadas			
<table border="1"> <tr> <td>BLOCO B</td> <td>F04</td> <td>/F11</td> </tr> </table>				BLOCO B	F04	/F11
BLOCO B	F04	/F11				

ANEXO B  
(Corte da edificação)



**PROJETO ESTRUTURAL**

CONDÔMÍNIO	Projeto	
PLANTA <b>CORTE CC</b>	Execução	
LOCAL	Data: _____ Escala: <b>Indicadas</b>	
PROPRIETÁRIO	Assinado: _____	
	<b>BLOCO B FORMAS</b> <b>F11/F11</b>	