UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

VIABILIDADE DE USO DE PEÇAS “H20” COMO CIMBRAMENTO EM SISTEMAS DE FORMAS

JONATAS FILIPE MARTINS MESQUITA

2013

VIABILIDADE DE USO DE PEÇAS “H20” COMO CIMBRAMENTO EM SISTEMAS DE FORMAS

JONATAS FILIPE MARTINS MESQUITA

Projeto de graduação apresentado ao curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro.

Orientador: Luís Otávio Cocito de Araújo

Rio de Janeiro
Agosto / 2013

VIABILIDADE DE USO DE PEÇAS “H20” COMO CIMBRAMENTO EM SISTEMAS DE FORMAS

Jonatas Filipe Martins Mesquita

PROJETO DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO CIVIL.

Examinada por:

_____

Prof. Luís Otávio Cocito de Araújo

_____

Prof. Elaine Garrido Vazquez

_____

Prof. Ana Catarina Evangelista

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO DE 2013

Mesquita, Jonatas Filipe Martins

Viabilidade de uso de peças “H20” como cimbramento em sistemas de formas / Jonatas Filipe Martins Mesquita – Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2013.

x, p. 61: il.; 29,7cm.

Orientador: Luís Otávio Cocito de Araújo

Projeto de Graduação - UFRJ / Escola Politécnica / Curso de Engenharia Civil, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 60-61.

1. Introdução 2. H20 e os sistemas de formas 3. Gerenciamento do sistema de formas 4. Estudo de caso 5. Considerações finais.

I. Araújo, Luís Otávio Cocito de; II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil; III. Viabilidade de uso de peças “H20” como cimbramento em sistemas de formas

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, que me deu tudo o que eu tenho, além de força para concluir este curso e este trabalho, em especial.

Aos meus pais, irmão, e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, sempre fizeram de tudo por mim e não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida e ser a pessoa que sou.

A todos os meus amigos, que sempre me deram forças, conselhos e incentivos. Juntos, vivenciamos grandes momentos ao longo deste curso... nas viagens, nos trabalhos, nos ônibus e caronas...

A uma amiga muito especial em minha vida, Pollyana Fernandes, que tanto me influenciou e participou no meu crescimento pessoal e que apesar das idas e vindas, me influencia até hoje.

A todos os professores do curso de Engenharia Civil, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta monografia.

Ao professor Luís Otávio Cocito de Araújo pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão desta monografia.

Resumo do projeto de graduação apresentado à Escola Politécnica / UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Viabilidade de uso de peças "H20" como cimbramento em sistemas de forma.

Jonatas Filipe Martins Mesquita

Agosto / 2013

Orientador: Luís Otávio Cocito de Araújo

Curso: Engenharia Civil

Os sistemas de forma racionalizados chamam atenção devido a sua capacidade de potencial aumento de produtividade e da qualidade das estruturas produzidas, portanto estão buscando a contratação de empresas especializadas nesse assunto para locar esse tipo de equipamento. Algumas peças industrializadas foram incorporadas aos sistemas de formas racionalizados, como as vigas utilizadas no cimbramento de lajes, conhecidas como "H20". Apesar das vantagens obtidas a partir da utilização destes materiais, algumas construtoras vêm sofrendo prejuízos decorrentes dos custos de indenização cobrados pelas empresas que fazem locação das mesmas. Tem se percebido um elevado índice de danificação destas peças durante o processo de forma e desforma.

Este trabalho objetiva discutir a viabilidade financeira quanto ao uso das vigas H20, a partir de um estudo de caso comparativo realizado em uma obra realizada na cidade do Rio de Janeiro. Serão apresentadas vantagens e desvantagens, características e dados técnicos destas peças.

Como resultado será mostrado que nem sempre o aluguel desse equipamento é a melhor saída para a sua utilização. Será proposta duas equações que visam servir de parâmetro para as construtoras na decisão de aluguel ou compra destas peças.

Abstract of graduation project submitted to Polytechnic / UFRJ as a part of the requirements for the degree of Civil Engineer.

Viability of use of parts "H20" as framework for formwork systems.

Jonatas Filipe Martins Mesquita

August / 2013

Advisor: Luís Otávio Cocito de Araújo

Course: Civil Engineering

The rationalized formwork systems attract attention due to their potential ability to increase productivity and quality of the produced structures, so they are seeking to hire companies that are specialized in this subject to lease such equipment. Some industrialized parts were incorporated to the formwork systems, as beams used as framework, known as “H20”. Despite the advantages obtained from the use of these materials, some builders have suffered losses from severance costs charged by the leasing companies that make them. It has been seen a high level of damage these parts during the formwork.

This paper discusses the financial viability for the use of H20, from a comparative case study conducted in a work made in the city of Rio de Janeiro. It will be presented advantages and disadvantages, features and technical data of these parts.

As a result, it will be shown that the rental is not always the best solution for their use. Will be proposed two equations which has to serve as a parameter for builders in the decision to rent or purchase these parts.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1

1.1. Justificativa para o projeto 1

1.2. Formação do problema 1

1.3. Objetivos do projeto 2

1.4. Metodologia aplicada 3

1.5. Estrutura do trabalho 4

2. H20 E OS SISTEMAS DE FORMAS 5

2.1. Histórico 5

2.2. Importância do sistema de formas 5

2.3. Definição 7

2.3.1. Pilares 7

2.3.2. Vigas 8

2.3.3. Laje 9

2.3.3.1. Laje Convencional 10

2.3.3.2. Sistema mesa voadora 11

2.3.3.3. Sistema modulares 12

2.4. A viga de madeira H20 14

2.4.1. Definição 14

2.4.2. Dados técnicos 15

2.4.3. Vantagens e Desvantagens 16

2.4.4. Uso da H20 em sistemas com Mesa Voadora 17

2.4.5. Uso da H20 em sistemas com Método Convencional de execução 18

2.5. Estudo dos Danos nas H20 20

2.5.1. Critérios que condenam a H20 21

2.5.2. Danos mais comuns 24

3. GERENCIAMENTO DO SISTEMA DE FORMAS 26

3.1. Introdução 26

3.2. Opções para o contrato de equipamentos 28

3.2.1. Leasing de equipamentos 29

3.3. Alternativas para a gestão dos equipamentos 31

3.4. Logística de canteiro de obra 31

4. ESTUDO DE CASO 33

4.1. Apresentação da Obra 33

4.1.1. As quantidades de H20 da Obra 34

4.1.2. Os custos das H20 da Obra 36

4.2. Análise de Danos 36

4.3. Análise de Custo Geral 38

4.4. Viabilidade de Compra das H20 42

4.4.1. Definições 43

4.4.2. Relação entre Aluguel e Compra 43

4.4.3. Relação entre Aluguel e Compra da Obra A 46

4.4.4. Relação entre Aluguel e Compra da Obra A como um todo 49

4.4.5. Previsão da quantidade de H20 danificada 53

4.4.6. Conclusão entre Aluguel e Compra das H20 para a Obra 56

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 58

6. BIBLIOGRAFIA 60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Formas para um pilar. 8
Figura 2 - Forma para uma viga 9
Figura 3 - Corte de forma para uma viga 9
Figura 4 - Forma para uma laje 10
Figura 5 - Elementos Horizontais e Verticais 11
Figura 6 - Detalhe do Forcado e H20 11
Figura 7 - Funcionamento do transporte vertical da mesa voadora 12
Figura 8 - Laje com o Sistema Skydeck armado 13
Figura 9 - Funcionamento do sistema Drop Head 14
Figura 10 - Modelo de H20 usada em obra 15
Figura 11 - Seção da H20 da BRASVIGA 16
Figura 12 - Aparelho para transporte horizontal da mesa voadora 18
Figura 13 - Carpinteiro fazendo a desforma com pé de cabra 19
Figura 14 - Exemplo de H20 sendo usada mesmo condenada 20
Figura 15 - H20 com ruptura transversal das fibras 21
Figura 16 - H20 com furo 22
Figura 17 - H20 com avaria no rebite 22
Figura 18 - H20 com furos que não são derivados do sistema DOKA 23
Figura 19 - H20 com lascas laterais 23
Figura 20 - Esquema de H20 com lascas diagonais 24
Figura 21 - H20 com furos advindos de furações na laje 25
Figura 22 - H20 cortada ao meio 25
Figura 23 - Exemplo de material (Forcado) danificado que ainda pode ser restaurado ... 28
Figura 24 - H20 sendo usada como pontaletes de escoras metálicas 32

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Esquematização do gasto com aluguel..... 27

Tabela 2 - Esquematização do gasto com Compra 27

Tabela 3- Quantidade de H20 por pavimento para o Bloco 1 da Fase 1..... 34

Tabela 4 - Quantidade de H20 por pavimento para o Bloco 2 da Fase 1..... 34

Tabela 5 - Quantidade de H20 por pavimento para o Bloco 3 da Fase 2..... 35

Tabela 6 - Quantidade de H20 por pavimento para o Bloco 4 da Fase 2..... 35

Tabela 7 - Os preços das H20..... 36

Tabela 8 - Relação entre a quantidade de H20 devolvida e danificada para a Fase 1..... 37

Tabela 9 - Relação entre a quantidade de H20 devolvida e danificada para a Fase 2..... 38

Tabela 10 - Valor de contrato para cada Bloco..... 39

Tabela 11 - Quantidade e custo com as peças danificadas para Fase 1 40

Tabela 12 - Quantidade e custo com as peças danificadas para a Fase 2 41

Tabela 13 - Custo com aluguel da Fase 1, mesa voadora..... 47

Tabela 14 - Comparação do Custo de Aluguel + Indenização com o Custo de Compra para as diversas taxas de Condenação para Fase 1..... 47

Tabela 15 - Custo com aluguel da Fase 2, método convencional..... 48

Tabela 16 - Comparação do Custo mais a Indenização com Custo de Compra para as diversas taxas de Condenação para Fase 2..... 48

Tabela 17 - Quantidade de H20 usada na Fase 2 50

Tabela 18 - Custo de compra das H20..... 50

Tabela 19 - Custo de aluguel das H20 51

Tabela 20 – Estimativo da quantidade de H20 danificada e seu custo de indenização ... 52

Tabela 21 - Área de forma de cada pavimento de cada tipo de bloco 54

1. INTRODUÇÃO

1.1. Justificativa para o projeto

O desenvolvimento de novas tecnologias para escoramento de lajes tem ajudado bastante às construtoras na busca por mais velocidade e qualidade na construção de sua estrutura. Porém, é possível observar que não há um preparo, por parte das grandes construtoras, na gerência desse equipamento locado.

Podem-se encontrar falhas que vão desde a elaboração dos contratos com as empresas de equipamento até a própria utilização no material no campo. Para piorar, geralmente a conta referente à indenização das peças condenadas chega ao final da obra, quando já não há tanto dinheiro disponível em caixa.

As peças H20, foco do estudo, são uma das principais causadoras dos gastos com indenização. Do ponto de vista técnico, não há nenhum tipo de questionamento quanto a desempenho dessas peças, de modo que elas atingem todos os objetivos que se buscam quando se trata de escoramento de lajes, como leveza e capacidade de suporte.

O grande problema são os danos que o processo de forma e desforma das lajes causam nas vigas de madeira, H20. Esses danos vão gerar condenações do material por parte da empresa que loca esse equipamento. Geralmente, as vigas H20 são as peças que mais contribuem para os altos gastos com indenizações.

1.2. Formação do problema

Até pouco tempo atrás, as estruturas de concreto armado eram moldadas utilizando apenas os projetos de forma sem qualquer ajuda de um projeto de produção específico. Além disso, chapas de madeira e escoras de eucalipto eram utilizadas sem nenhum planejamento prévio gerando quase sempre, muito desperdício.

Tendo em vista essa dificuldade das obras e visando um aumento de produtividade e redução de custos, empresas especializadas surgiram propondo métodos de

escoramento de lajes diferentes dos tradicionais (uso de madeira bruta) visando oferecer maior racionalização para obras de construção.

Junto com os métodos de escoramento inovadores, essas empresas especializadas criaram equipamentos novos, que atuam facilitando a forma de deforma de pilares, vigas e lajes. Esses equipamentos chamaram a atenção das grandes construtoras que passaram a locar esse material com o objetivo de aumentar a velocidade de sua produção.

A viga de madeira H20, em especial, é fundamental para o sucesso de muitos dos métodos criados, pois ela é uma peça leve e de fácil manuseio que serve de apoio para a forma das lajes. Porém, por ser um equipamento feito de um material mais frágil, ele costuma se danificar com frequência. De um modo geral, esses danos não são suficientes para fazer com que a peça fique inutilizada. Mesmo com algumas lascas, o material ainda pode ser utilizado para o escoramento da estrutura.

O problema surge quando a obra acaba e é preciso devolver o material locado. As empresas que alugam esse equipamento têm critérios rigorosos quanto à aceitação ou não dessas peças. Se o material devolvido for condenado pela empresa locatária, é pago uma indenização com o valor de compra do equipamento novo.

Apesar de ser muito difícil devolver todo o material alugado em perfeitas condições, as vigas H20, em especial, são peças que tem extrapolado a quantidade aceitável de condenações, gerando grandes gastos com indenizações, podendo ultrapassar o valor orçado inicialmente para esse equipamento.

1.3. Objetivos do projeto

As grandes construtoras têm utilizado, com frequência, os sistemas de forma racionalizados visando um aumento de produtividade. No projeto será destacada a atuação das vigas H20 em dois desses sistemas: a mesa voadora e o método convencional, com o objetivo de analisar o comportamento destas vigas de madeira nos sistemas de escoramento citados e descobrir como cada um deles pode influenciar no desgaste destas peças. Além disso, serão mostrados outros métodos de forma já existente no mercado nacional.

O objetivo principal deste trabalho é discutir a viabilidade financeira quanto ao uso das vigas H20 apresentando detalhes sobre o material, dados técnicos, critérios que levam a condenação das peças por parte das empresas locadoras do equipamento, vantagens e desvantagens e a forma de contratação desse material dando foco nos contratos, métodos de gestão do equipamento na obra e também na possiblidade de compra das H20 antes do inicio da obra, ao invés do aluguel.

1.4. Metodologia aplicada

O presente estudo é uma pesquisa sobre uma peça especifica utilizada em muitos dos sistemas de formas de estrutura de concreto atualmente, as vigas de madeira H20. Foram utilizados como base para o estudo, pesquisas em artigo, livros, apostilas e teses sem restrição de período de publicação.

Primeiro, deu-se foco na importância dos sistemas formas e o seu papel dentro das grandes construções realizadas pelas maiores construtoras que atuam hoje no mercado brasileiro.

Feito isso, as vigas H20 foram estudado com mais ênfase, destacando suas características e suas vantagens e desvantagens em dois dos principais sistemas construtivos, a mesa voadora e o método convencional.

O estudo de caso utilizou-se da comparação para confrontar esses dois sistemas citados para duas edificações com mesmas características a fim de descobrir o comportamento da H20 em cada uma delas, tanto na questão da quantidade de danos quanto nos custos com indenizações.

Através do estudo de caso, será proposto outro método de contratação das vigas H20. A possibilidade de compra das peças é abordada com ênfase pelo autor tendo em vista o alto gasto com indenizações. Assim, o aluguel mais custo com as condenações e a compra desse equipamento serão comparadas de modo a se achar um ponto onde os dois gastos são iguais e com isso tomar a melhor decisão.

Será proposta uma equação que tem como objetivo ajudar na decisão entre compra ou aluguel das vigas H20 antes do inicio da obra. O resultado obtido será uma estimativa do quanto esse equipamento pode ser danificado sem que opção de compra se torne mais viável que o aluguel junto com as indenizações.

Também será proposto um método para estimar a quantidade de danos nas H20 em uma obra qualquer que faz uso de um dos métodos citados, fazendo com que seja possível uma tomada de decisão mesmo antes do início da obra.

1.5. Estrutura do trabalho

No primeiro capítulo foram apresentados os motivos que levaram a realização deste estudo destacando o surgimento do problema das vigas de madeira H20, o objetivo que se pretende alcançar e como será feito para soluciona-lo.

No capítulo 2 será feito um breve histórico dos sistemas de formas para a construção civil destacando a sua importância e como ele influenciou as grandes construtoras no seu modo de produzir suas estruturas de concreto. Também é falado sobre os dois principais sistemas de escoramento de laje no Brasil, o método convencional e a mesa voadora ressaltando as principais diferenças de cada método.

Ainda neste capítulo, será apresentada a peça foco deste estudo, a viga de madeira H20 e será feito uma descrição técnica sobre suas dimensões, como é produzida além de valores de capacidade de sustentação. Serão destacadas suas vantagens e desvantagens frente a estruturas semelhantes como os perfis metálicos I. Será apresentado também, um estudo sobre os danos que levam as empresas locatária a condenar o material.

No capítulo 3 pretende-se mostrar algumas opções para as construtoras de gerenciamento de equipamento para reduzir os custos com as indenizações das vigas H20 como o leasing. Serão mostradas informações importantes que devem constar nos contratos a fim de diminuir esses custos.

O estudo de caso será apresentado no capítulo 4. Nesse capítulo será estudada uma obra que utilizou tanto a mesa voadora como o método convencional em suas estruturas. Será feito uma análise dos danos de cada um dos métodos assim como uma análise dos custos que cada um proporcionou a obra. E então, será apresentada a opção de compra das H20 antes do inicio da obra e seu estudo de viabilidade.

For fim, será feita as considerações finais sobre o projeto, ressaltando as conclusões que foram tiradas ao longo do estudo.

2. H20 E OS SISTEMAS DE FORMAS

2.1. Histórico

Hoje, no Brasil, a opção mais utilizada na confecção de estruturas é o concreto armado. Para a sua execução, é necessária a presença de um molde que garanta as suas formas e dimensões até que o concreto fresco lançado atinja uma resistência de suporte mínima. Para isso, alguns engenheiros começaram a se dedicar exclusivamente a estudar soluções para moldar esse material da melhor forma possível.

No final dos anos 1960, o engenheiro Toshio Ueno (1) começou a incorporar o conceito de racionalização ao uso do sistema de formas de madeira visando à otimização dos custos através da melhoria da produtividade e o menor consumo de matéria prima com aumento do reaproveitamento.

Todas as peças de madeira que compõe a forma passaram a ser pré-fabricadas já na sua posição definitiva junto com um desenho específico e definindo-se uma sequência de montagem, passo a passo, considerando todos os detalhes de seus encontros.

Outra mudança no sistema foi a utilização de escoras de metal estrategicamente distribuídas para permitir a retirada de boa parte das formas ainda em período de cura do concreto, por volta de 3 a 5 dias. Além disso, a criação de todo um sistema de escoramento, por empresas especializadas, utilizando peças de fácil montagem e desmontagem, garantiu mais rapidez ao processo.

Em poucos anos, a produtividade aumentou significativamente graças à redução do retrabalho na montagem das formas. Percebeu-se ainda, uma otimização do uso dos materiais e redução do tempo de ciclo de uma laje.

2.2. Importância do sistema de formas

Para o engenheiro Paulo Assahi (2), a forma é a única responsável pela geometria dos elementos estruturais.

Destaca-se a importância de um sistema de formas industrializado tendo em vista que muitas das patologias encontradas em edifícios entregues pelas construtoras podem ter tido início na montagem das formas.

Trincas na alvenaria e até mesmo na estrutura pode ser consequência causada pela má fabricação e até utilização do sistema em si. A execução correta das formas é de extrema importância quando se busca uma boa qualidade de obra, já que o desempenho dos demais subsistemas depende basicamente do prumo, alinhamento, nível e esquadro das peças estruturais.

Além disso, a estrutura sempre faz parte do caminho crítico dos cronogramas físicos de uma obra. Afirma-se (2) que execução da estrutura consome, aproximadamente, 50% do prazo total de execução, onde a forma é responsável por 60% deste, fazendo com que ela consuma 30% do prazo total do empreendimento. Percebe-se que as formas possuem um papel fundamental no cumprimento dos prazos impostos pela obra, representando 30% do caminho crítico do cronograma. Soma-se a isso, ao fato dela ser a primeira atividade a ser realizada na obra, fazendo com que ela estabeleça um ritmo de execução dos demais subsistemas.

A participação das formas (3) na composição dos custos da estrutura de concreto armado de uma edificação de múltiplos pavimentos varia entre 30 e 60%. Essa variação deve-se a fatores como o tipo de sistema de forma adotado, o número de reaproveitamento do material, a produtividade da mão-de-obra e ao prazo imposto.

Um sistema mal executado tem potencial para gerar altos custos indiretos como correção da estrutura além de aumentar os gastos com os subsistemas seguintes devido à falta de qualidade geométrica. Afirma-se (2) que “otimizar a forma deve significar 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.”

Também deve ser considerada, a quantidade de reaproveitamentos das formas. Como elas não fazem parte da estrutura definitiva, como o concreto e o aço, foi sugerido (4) o conceito de “Amortização dos custos da forma”. O alto custo inicial de certos materiais é diluído, tendo em vista o grande número de utilização obtido por ela, como por exemplo, formas metálicas.

2.3. Definição

A forma (2) é um molde provisório que serve para dar ao concreto fresco a geometria e textura desejada, e de cimbramento, todos os elementos que servem para sustentá-lo até que atinja resistência suficiente para auto suportar os esforços que lhe são submetidos. O sistema de formas (3) é um conjunto de componentes que visa atender as seguintes funções:

- Moldar o concreto;
- Conter o concreto fresco e sustentá-lo até que tenha resistência suficiente para se sustentar por si só;
- Proporcionar à superfície do concreto a textura requerida;
- Servir de suporte para o posicionamento da armação, permitindo a colocação de espaçadores para garantir os cobrimentos;
- Servir de suporte para o posicionamento de elementos das instalações e outros itens embutidos;
- Servir de estrutura provisória para as atividades de armação e concretagem, devendo resistir às cargas provenientes do seu peso próprio, além das de serviço, tais como pessoas, equipamentos e materiais;
- Proteger o concreto novo contra choques mecânicos;
- Limitar a perda de água do concreto, facilitando a cura.

Nos próximos itens serão descritos os elementos constituintes do sistema de forma convencional para maiores detalhes.

2.3.1. Pilares

Logo após a transferência dos eixos, do pavimento inferior para o pavimento em que se está sendo montando a forma, locam-se os gastalhos. Esta é a primeira etapa da

montagem das formas do pilar. Depois disso, é montada a armadura dos pilares e em seguida são colocadas as grades e os painéis do pilar. Os pilares também são travados com barras de ancoragem e vigas de travamento para garantir que a geometria durante a concretagem, resistindo ao empuxo do concreto (5). O sistema completo pode ser visto na figura 1 que se segue.

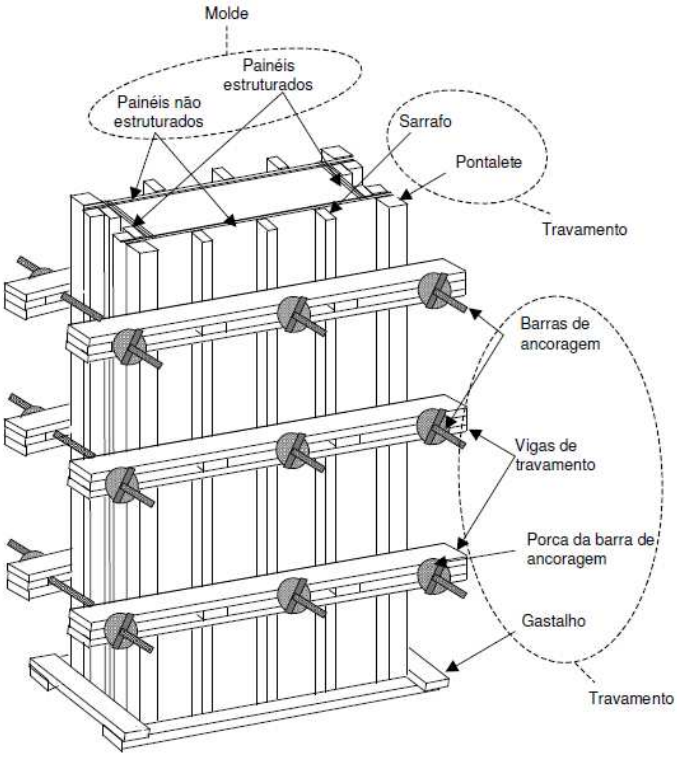


Figura 1 - Formas para um pilar (3)

2.3.2. Vigas

Quando todos os pilares estiverem amarrados, travado e aprumados, começa-se a montagem das vigas. São posicionados os elementos que servirão de escoramento como escoras, torres os garfos. São lançados os painéis que servirão como fundo de viga a partir das cabeças dos pilares apoiando nos elementos de escoramento. Logo depois, lançam-se os painéis laterais das vigas ajustando-os aos painéis de fundo. Os painéis das vigas, assim como os dos pilares, também são travados com barras de ancoragem. A figura 2 apresenta uma vista da forma da viga. Já a figura 3, um exemplo do escoramento completo das vigas.

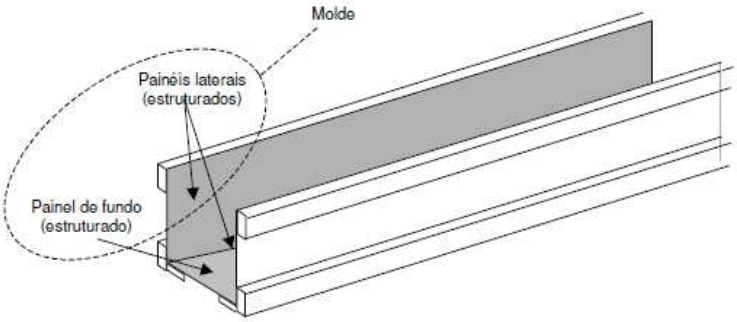


Figura 2 - Forma para uma viga (3)

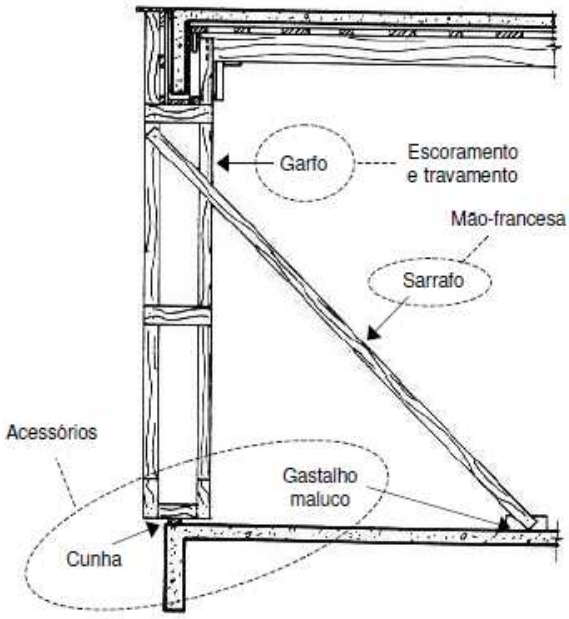


Figura 3 - Corte de forma para uma viga (3)

2.3.3. Laje

Hoje, é possível perceber que o mercado oferece diversos tipos de sistemas de formas visando sempre o aumento da produtividade e da qualidade da laje produzida. O sistema mais empregado atualmente (6) é o sistema tramado, pois adapta bem as estruturas reticuladas. Porém, ainda há os sistemas modulares, onde os painéis se apoiam diretamente nas escoras, sendo bastante interessante para estruturas com laje plana.

Nos dois próximos itens será mostrada a evolução dos diversos tipos de formas para laje disponíveis e a atuação das H20 em cada uma delas.

2.3.3.1. Laje Convencional

Para materializar a forma de uma laje convencional, primeiro é preciso posicionar os elementos verticais que servirão de escoramento como escoras e/ou torres. Depois, colocam-se os elementos horizontais onde se apoiarão os painéis que irá dar forma a laje. Esses elementos horizontais são conhecidos como vigamento ou barrote e se apoiam nas escoras através de forcados. Um esquema dos elementos da laje montados pode ser visto na figura 4.

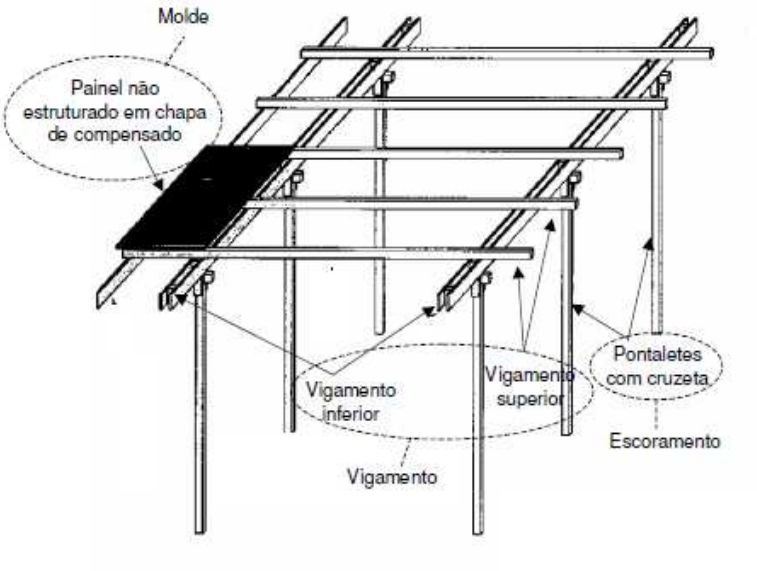


Figura 4 - Forma para uma laje (3)

Na figura 5, observam-se com detalhes, as H20 servindo de elementos horizontais formando de uma trama de madeira. Na figura 6, pode-se visto como o funcionamento do forcado sustentando a viga H20.

Figura 5 - Elementos Horizontais e Verticais (5)

Figura 6 - Detalhe do Forcado e H20 (5).

Em obras de pequeno porte, é comum encontrar peças roliças de madeira, como Eucalipto, servindo de escoramento para a laje. Devido a uma necessidade de se desenvolver novos métodos construtivos que atendam a qualidade desejada em prazos cada vez menores, as grandes construtoras estão adotando cada vez mais elementos industrializados como as escoras de metal.

2.3.3.2. Sistema mesa voadora

A mesa voadora (7) é um sistema que une a forma da laje e o escoramento em uma estrutura monolítica, chamadas de mesas, possibilitando a desforma e a transferência do conjunto inteiro para a próxima laje a ser concretada, possibilitando ciclos de alta produtividade. Indicada para obras com cronograma curto, porém com muitas repetições na sua concepção estrutural.

As mesas são compostas de pelos elementos de escoramento vertical como as escoras, forcados e placas de ligação já ligadas aos elementos horizontais, as H20, sendo estas, já unidas aos painéis que darão forma a laje.

Para se usar o sistema de mesas voadoras, com eficiência, é preciso seguir alguns pré-requisitos como um pé direito constante para apoio sobre a laje, a necessidade de uma grua instalada na obra, já que é ela que faz a movimentação vertical das mesas.

Além disso, é preciso treinar a equipe de mão-de-obra, já que há poucos profissionais no mercado com que saibam operar o sistema.

Pode-se ver o funcionamento do transporte da mesa para o pavimento seguinte, na figura 7.

Figura 7 - Funcionamento do transporte vertical da mesa voadora (Fonte: Manual do fabricante do fabricante DOKA)

Esse sistema permite uma adaptação para o sistema convencional de formas, o que é interessante para o Brasil já que é incomum projetos de armação que não incluam vigas na sua concepção.

2.3.3.3. Sistema modulares

Observou-se (6) que são poucas empresas que propõe soluções para formas de viga, voltando a maior parte das atenções para a laje, pois na Europa é comum a utilização de concreto de alta resistência à compressão e onde as Normas preveem lajes mais espessas do que as que são adotadas aqui. Somando-se a isso, ficou constatado o grande consumo de produtividade dos carpinteiros somente com as vigas. A solução

foi a eliminação das vigas dos projetos de forma e armação e como consequência, o surgimento de sistemas modulares de altíssima produtividade.

Um exemplo desse sistema é o *Skydeck*, da empresa de formas Peri. Segundo site da empresa Peri (8), o sistema de forcado de caída permite desformar à laje no próximo dia após a concretagem (dependendo da espessura da laje e da resistência do concreto utilizado). O forcado de caída é libertado com a ajuda de um martelo, fazendo com que a forma baixe. Os painéis podem ser facilmente separados do concreto e imediatamente utilizados no próximo ciclo, reduzindo a quantidade de material necessário. A grande vantagem está na redução do número de escoras necessárias - apenas uma escora é necessária por cada área de laje de 3,65 m² para espessuras até 40 cm. Isto permite poupar tempo e simplificar o transporte dos materiais pela obra. Além disso, os elementos do sistema são feitos em alumínio onde nenhum componente do sistema excede os 15 kg. Graças ao reduzido peso dos elementos, o *Skydeck* permite a fácil montagem e desforma. Na figura 8 pode-se notar o sistema completo montado.

Figura 8 - Laje com o Sistema Skydeck armado (8).

Outro exemplo de sistemas avançados de formas para laje é o Sistema Mills Deck Light da Mills (9). Esse sistema é composto por painéis modulares estruturados em alumínio e revestido com chapa compensada plastificada. Os painéis são sustentados por escoras com cabeças especiais drop-head que permitem a desforma dos painéis

mantendo-se a laje escorada. Tal mecanismo permite a retirada de toda a forma dos vãos de laje, mantendo-se as escoras de reescoramento, logo após sua execução, dando maior rapidez nos ciclos de concretagem.

Dentre as vantagens do sistema destaca-se a economia de mão de obra na sua montagem, desmontagem e no transporte e ainda pode ser adaptado a quaisquer geometrias e permitindo até a conjugação com os sistemas convencionais.

Embora não haja viga de madeira H20 nesse sistema em si, o conceito drop-head já é utilizado em outros sistemas mistos com vigamento de madeira e alumínio.

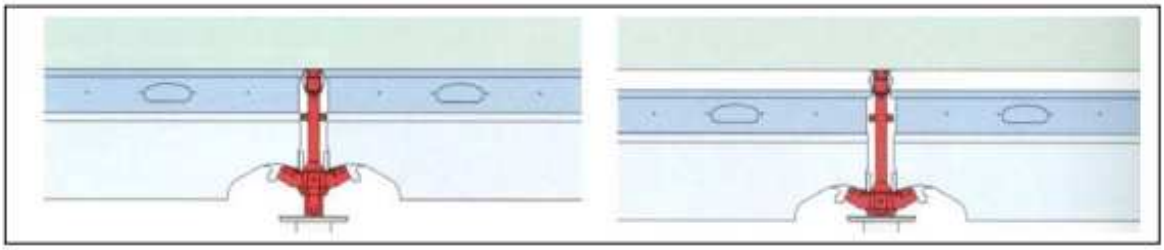


Figura 9 - Funcionamento do sistema Drop Head (10).

A figura 9 mostra o detalhe do funcionamento do sistema Drop Head. À esquerda mostra o sistema armado, ou seja, o drop head montado. À direita, ele foi desarmado, fazendo com que as vigas que sustentam as formas da laje desçam alguns centímetros, se soltando do concreto (10).

2.4. A viga de madeira H20

2.4.1. Definição

A viga H20 é um elemento de madeira industrializado em forma de perfil “I” que sustenta os painéis que vão dar forma a laje. São conhecidas por este nome por que originalmente, elas possuíam altura de 20 cm. Na figura 10 é mostrado, como exemplo, um modelo padrão de viga H20.

Figura 10 - Modelo de H20 usada em obra (Fonte: Site www.doka.com).

2.4.2. Dados técnicos

Cada empresa, visando o seu sistema de escoramento, produz sua própria viga H20, respeitando as suas próprias necessidades, de modo que elas são diferentes entre si. Serão listados alguns dados sobre as vigas H20 produzida pela *Brasvigas* (11).

A viga H20 é composta por duas mesas, no eixo horizontal, e uma alma, no eixo vertical. Além disso, elas podem ter um rebite une a mesa à alma, garantindo uma boa integridade ao material (12).

Para as **abas** pode-se destacar que são feitas de madeira de pícea-europeia seleta da classe S10 segundo a norma SIN 4074. As suas **s**eções transversais são de madeira maciça unida mediante o uso da técnica de sambladura e colagem segundo a norma DIN 68140-1 e são **a**plainada e chanfrada em aproximadamente 4 mm.

Sobre as **almas** destaca-se que são feitas de laminados de madeira maciça de três camadas, colada. São contraplacado com camadas externas verticais.

Para a **dimensão** da viga HT20 Plus para a sustentação de formas aplica-se a autorização de número Z-9.1-146, emitida pelo órgão inspetor apropriado, sobretudo no que diz respeito às normas DIN 1052-1 e DIN 4421 - armações de suporte; cálculos, construção e modelo. Seu Módulo de elasticidade E é igual a 11.000 N/mm². Já o Módulo de elasticidade transversal G é de 600 N/mm².

Uma seção típica de H20 usada em obras convencionais pode ser observada na figura 11.

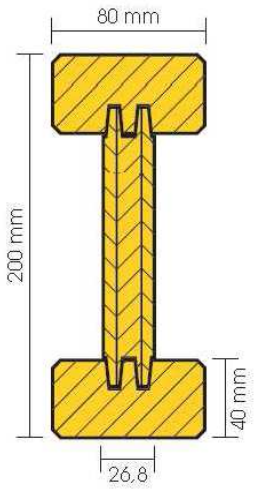


Figura 11 - Seção da H20 da Brasvigas (11).

Entre os **Comprimentos** padrões em que as H20 podem ser encontradas destacam-se 2,45 / 2,90 / 3,30 / 3,60 / 3,90 / 4,50 / 4,90 / 5,90 metros. O valor máximo que pode ser feito é de 10 metros.

2.4.3. Vantagens e Desvantagens

Uma das principais vantagens da H20, que chama atenção das grandes construtoras para seu uso, é a facilidade para montar e manusear a viga. Algumas empresas possuem seus próprios sistemas de montagem de forma como o Dokaflex, da Doka. Sendo assim, a H20 da própria Doka já vem com marcações nas mesas da viga para dar ainda mais velocidade a esse processo de montagem. O fato de ser um produto industrializado ainda contribui para um alinhamento perfeito das mesas e alma. Também contam com uma alta estabilidade dimensional e inercia para ajudar ainda mais na forma.

Um fator importantíssimo a ser considerado é o seu baixo peso comparado com vigas de metal. Segundo o site CG Sistemas (13), por exemplo, sua H20 pesa de 5 a 6 Kg por metro linear. Comparando com a viga metálica da Mills (14), ela pode pesar até 19,7 Kg por metro linear. Ainda assim, a H20 de madeira possui uma boa capacidade de carga não perdendo em nada comparada com a viga metálica. Enquanto a maioria

das H20 do mercado possuem Momento admissível de cerca de 5 KN.m, as vigas metálicas variam de 4 a 10 KN.m.

Em cronogramas apertados, essas características passam a ser um diferencial, já que a desforma e o transporte para o pavimento superior será em uma velocidade mais elevada.

Financeiramente, a viga H20 é muito vantajosa, pois possui um custo de locação baixo, e ainda pode ser encontrada em diversos tamanhos e versões, ou seja, ela pode se adequar em qualquer tipo e condições de obra.

O fato de uma viga ser de madeira, ao invés de metal, pode fazer da peça, uma desvantagem. A madeira, por si só, é um material mais frágil que o metal, podendo gerar uma quantidade de danos significativa que inviabilizaria seu uso, já que em caso de condenação, é pago o valor de compra da peça.

Pode-se notar que sua utilização é altamente recomendada em qualquer tipo de obra devido as suas diversas qualidades. Porém, a ressalva a ser feita fica por conta dos custos com danos. Determinados tipo de sistemas de formas possuem um processo de montagem e desmontagem que agridem mais ou menos esse material. Logo, é preciso fazer um estudo detalhado de como será feito esse processo antes de decidir como utilizar essas peças.

2.4.4. Uso da H20 em sistemas com Mesa Voadora

Entre as vantagens do uso da mesa voadora (7) pode-se destacar a redução do prazo executivo da obra com menor equipe de mão de obra e uma ótima agilidade no processo de forma e desforma de grandes áreas, liberando logo para a armação. Porém, sua grande vantagem está no fato de não necessitar montagem e desmontagem do sistema de escoramento a cada concretagem. Isso reduz a quantidade de mão de obra e ainda evita danos na H20.

Como é possível observar, o painel da laje sobe já pregado na H20, não havendo, portanto desforma entre esses dois materiais. Boa parte dos danos causados nas H20 é gerada na hora de pregar e despregar a viga no painel da laje. Portanto a quantidade de danos causadas na H20 pelo sistema é muito baixa, sendo ideal para locação do material.

A figura 12 mostra a desforma e transporte horizontal de uma mesa. Nota-se que H20 continuam fixadas aos painéis da laje e também a trama inferior de elementos de cimbramento.

Figura 12 - Aparelho para transporte horizontal da mesa voadora (12).

2.4.5. Uso da H20 em sistemas com Método Convencional de execução

O método convencional de forma de laje é o mais empregado atualmente, e assim como a mesa voadora, esse sistema também pode ser caracterizado por uma trama de vigamento inferior e superior onde o inferior se apoia em forcados que estão ligados as escoras. Destaca-se (3) que esse sistema é versátil e de fácil adaptação às estruturas reticuladas e em situação em que as vigas inibem um melhor aproveitamento de sistemas modulares.

A diferença entre os sistemas está basicamente no método de desforma. Diferente da mesa voadora, nesse método, todas as peças constituintes do sistema são separadas entre si, antes de ser transportado para o pavimento seguinte. Isso quer dizer que as

escoras são desconectadas das vigas H20 e essas por sua vez, são arrancadas dos painéis da laje, que estão presas à laje graças às propriedades colantes do concreto.

A retirada dessas H20 do painel da laje, nem sempre é feita com o cuidado que se preza. Geralmente esse tipo de desforma é feita com uso de pé de cabra onde se dá uma pancada na junção da viga de madeira e painel. Depois que é criado um espaço entre esses dois materiais, a viga de madeira é puxada até que se solte por completo. Além do impacto causado pela pancada do pé de cabra, ainda temos o impacto provocado pela queda da H20 no chão. Pode-se ver a atuação de um carpinteiro desformando uma laje na figura 13.

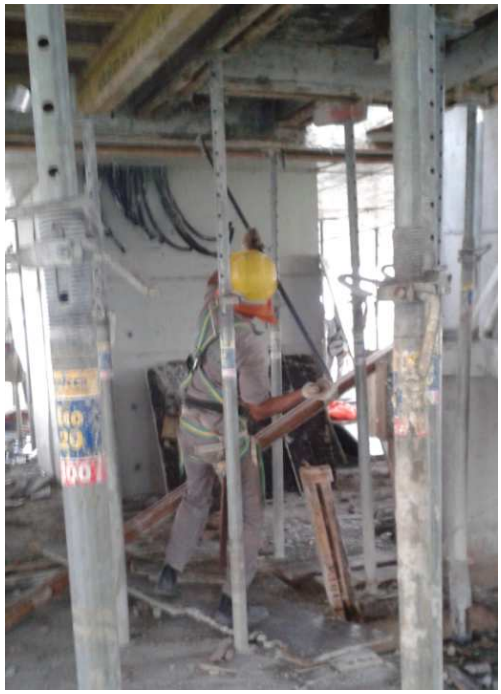


Figura 13 - Carpinteiro fazendo a desforma com pé de cabra (Fonte: Foto tirada pelo próprio autor)

A princípio, a execução pelo sistema convencional de forma danifica mais as H20 do que qualquer outro. Porém, temos que ressaltar que esses danos raramente impedem que uma viga de madeira deixe de ser usada. Uma H20 contendo uma lasca na sua mesa ou nas pontas pode ainda ser usada perfeitamente no processo de forma da laje. Entretanto, essa mesma lasca pode ser julgada pela empresa dona do material como dano irreparável e então condenar a viga. São pouquíssimos danos que fazem com que torne a peça totalmente inutilizada, todavia, empresas locatárias costumam utilizar excesso de rigor quanto ao julgamento dos danos do material.

Normalmente, os contratos com as empresas locatárias de material de escoramento são de aluguel. No fim da obra, ainda existe um custo extra, com as indenizações das peças, que é igual ao valor de compra, pelos danos causados aos materiais. Tendo em vista que quanto a desempenho, a H20 é excelente, é preciso estudar se o melhor para esse sistema realmente é o aluguel. A compra das vigas no inicio da obra pode ser uma boa solução evitando assim, o gasto com o aluguel das peças durante todo o período de obra.

Figura 14 - Exemplo de H20 sendo usada mesmo condenada (Fonte: Foto tirada pelo próprio autor)

A figura 14 mostra uma H20 de 4,90 m, que possivelmente será condenada pela empresa locadora do equipamento, ainda sendo perfeitamente utilizada na trama de uma laje.

2.5. Estudo dos Danos nas H20

Durante a forma de desforma das lajes, as H20 podem sofrer diversos tipos de danos possíveis que, mais tarde, serão julgadas pela empresa locatária, onde será feita uma avaliação do material. As empresas, de um modo geral, possuem um critério de avaliação, bem estabelecido, de aceitação ou reprovação. À frente, serão mostrados

alguns desses critérios de uma empresa especialista em material de escoramento, a Doka.

2.5.1. Critérios que condenam a H20

Segundo o Manual de orientação para avaliação de avarias em vigas Doka H20 (12), alguns itens são cobrados referentes a serviços de conservação, como a presença de concreto, pregos e parafusos, que apesar de terem sua utilização permitida, precisam ser retirados.

A Doka também possui alguns critérios de condição técnica que condenam, automaticamente, as H20 usadas, gerando um “laudo de devolução” onde são cobrados valores referentes à venda do equipamento avariado.

Entre esses critérios, destacam-se os rasgos transversais e diagonais, em função da ruptura das fibras da madeira ou com larguras maiores que 2 mm e comprimento maior que 500 mm ao longo da mesa, conforme pode-se observar na figura 15.

Figura 15 - H20 com ruptura transversal das fibras (12).

Avarias na alma, como exemplificado na figura 16 também condenam o equipamento pela empresa locatária.

Figura 16 - H20 com furo (12).

Consideram-se como dano irreversível, as avarias no rebite da viga. A figura 17, mostra com clareza esse tipo de dano que pode afetar a integridade das H20.

Figura 17 - H20 com avaria no rebite (12).

Além dos danos citados, furação na mesa e na alma das peças, salvo se a furação for derivada de algum sistema Doka, são condenadas pela empresa locatária do equipamento. A figura 18 mostra um exemplo de furos proibidos.

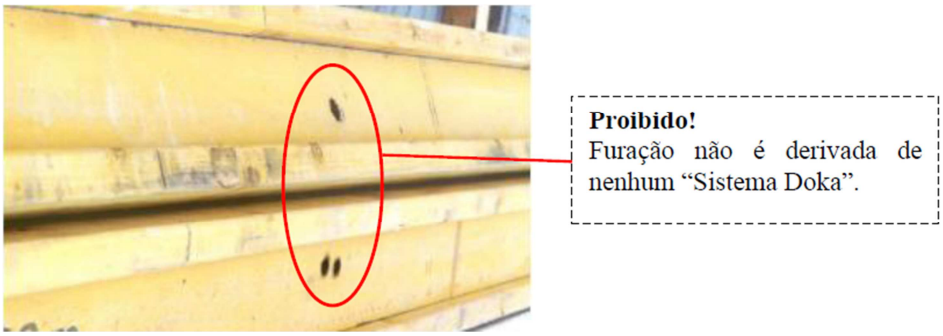


Figura 18 - H20 com furos que não são derivados do sistema DOKA (12).

Lascas laterais maiores que 10 mm de largura e 500 mm de comprimento ao longo da mesa. Pode-se observar na figura 19, as lascas proibidas pela empresa.

Figura 19 - H20 com lascas laterais (Fonte: Foto tirada pelo próprio autor)

Lascas diagonais maiores que 25 mm de largura e 500 mm de comprimento ao longo da mesa. Na figura 20, observa-se esquematicamente o posicionamento das lascas citadas.

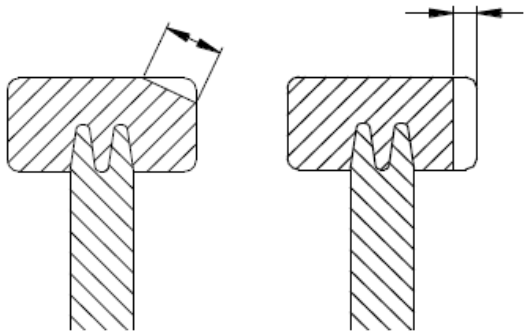


Figura 20 - Esquema de H20 com lascas diagonais (Fonte: Manual de Recebimento de material da DOKA)

2.5.2. Danos mais comuns

Em uma obra, onde se utiliza o sistema convencional de forma, é possível perceber que a maioria dos danos encontrados são lascas na mesa das H20. Devido a prazos apertados, a desforma e transporte desse material para o pavimento superior nem sempre são feita com o cuidado que se deve. Para a retirada da viga de madeira, que ainda esta pregada ao painel da laje concretada, costuma se usar um pé de cabra para retira-lo da laje. Essa pancada dada pelo carpinteiro provoca lascas nas peças que, como visto, pode condenar o material.

Um segundo tipo de dano, que condena muita H20 e aparece com certa frequência são os buracos na mesa e/ou alma. Alguns furos são feitos nos painéis das lajes para a passagem de tubulações e podem atingir a peça, que está logo a baixo. Essa viga quando for devolvido, fatalmente, será condenada. Porém, essa é uma peça que ainda pode ser usada, e costuma ser, sem problema nenhum, no restante da obra. Uma amostra do dano descrito pode ser visto na figura que se segue.

Figura 21 - H20 com furos advindos de furações na laje (Fonte: Foto tirada pelo próprio autor)

H20 cortadas ao meio, ou em estado critico de utilização também costumam ser encontradas em um canteiro de obra. Todavia, geralmente, o estado dessas peças está associado ao uso errado do material, ou seja, um uso que não tem como objetivo a forma da laje. Podem-se achar muitos dessas vigas sendo utilizadas como pontaletes de barras de aço, ou servido de apoio para alguma máquina, como masseiras. Uma correta fiscalização e armazenamento facilmente evita esse tipo de uso, e consequentemente, esse custo de indenização devido ao dano criado. A figura 22, mostra uma H20 danificada como descrito.

Figura 22 - H20 cortada ao meio (Fonte: Foto tirado pelo próprio autor)

3. GERENCIAMENTO DO SISTEMA DE FORMAS

3.1. Introdução

Sabendo da importância que a participação do sistema de formas possui nos custos das obras, as grandes construtoras costumam recorrer a empresas especializadas que locam equipamentos visando mais economia e produtividade. Muitas delas são seduzidas pelo baixo preço de locação por metro quadrado, não ficando atento a outros custos que podem surgir como o de limpeza e os de indenização.

Essas cobranças, devido a danos no material locado, costumam ser muito elevadas e acabam surpreendendo negativamente a obra gerando então, um desgaste entre fornecedora e construtora. Afirma-se (15) que, além de arcar com a perda de material, as construtoras que estão pagando pela depreciação natural do equipamento, pois as locadoras não assumem avarias comuns provocadas pelo tempo de uso dos equipamentos. As vigas H20 são um exemplo de peças que por serem feitas de um material mais frágil, exigem certa atenção na hora da formulação de um contrato.

Cada empresa tem sua própria política de preços, mas no geral, o custo de indenização de uma peça qualquer, por dano irreparável, é o preço comercial de venda do material em questão. As indenizações são cobradas em três situações particulares. A primeira é quando ocorre uma devolução de peças que ainda podem ser restauradas, como uma escora amassada que pode ser concertada. Também é cobrado quando o material devolvido está sujo, de concreto por exemplo. E por último, quando há um desgaste nas peças que não podem ser reparadas.

Dependendo da obra, esses gastos com peças danificadas podem ultrapassar o valor orçado para esse equipamento. Logo antes da assinatura dos contratos, é preciso fazer um estudo de como o material de forma adquirido será utilizado e como será entregue, visando evitar possíveis gastos imprevistos com indenização.

Uma solução possível a ser adotada é a mudança da forma como alguns desses equipamentos são adquiridos. Para as vigas de madeira H20, por exemplo, mudar de aluguel para a compra antes do inicio da obra, pode ser uma saída razoável, se comprovado previamente que esse é um material onde uma porcentagem significativa dele irá se danificar com sua utilização. Essa compra de equipamento antes do

começo da construção evitaria o gasto com o aluguel desse material durante o período de obra já que o custo de indenização é o preço de compra das peças.

Um esquema do que foi dito é mostrado nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 – Esquematização do gasto com aluguel

Gasto com Aluguel	
Início da Obra	-
Durante a Obra	Valor do Aluguel
Fim da Obra	Valor da Compra

Tabela 2 - Esquematização do gasto com Compra

Gasto com Compra	
Início da Obra	Valor da Compra
Durante a Obra	-
Fim da Obra	-

Porém, mudar a forma de contratação, de aluguel para compra, desses materiais mais frágeis pode ser uma solução radical demais, dependendo da situação. Nem todas as obras possuem um orçamento inicial que sustente esse tipo de gasto e, além disso, muitas construtoras não dispõem de depósitos de armazenagem de material, para guarda esse equipamento depois que a obra acaba. Algumas peças como travamentos e forcados podem gerar altos gastos com indenizações, porém, não são altos suficientes para que se justifiquem sua compra no começo da obra, sendo mais viável alugar e pagar a indenização.

Portanto, para casos como esses, a possibilidade de compra já é praticamente descartada. Sendo assim, é preciso haver muita atenção e negociação na formulação dos contratos com as empresas de equipamentos de forma para evitar possíveis prejuízos no futuro.

Figura 23 - Exemplo de material (Forcado) danificado que ainda pode ser restaurado (12).

3.2. Opções para o contrato de equipamentos

No contrato de locação de formas é preciso ir além das formalidades como razão social, CNPJ entre outros, também é preciso incluir no seu escopo, detalhes sobre o fornecimento e retirada do material. É preciso (16) constar nos contratos, os preços unitários de locação das peças, os preços de indenização de material faltante, inutilizado e danificado e também os procedimentos de conferência. Além disso, é preciso incluir as formas de cobrança da taxa de limpeza dos equipamentos e valores de frete.

É importante (17) que as construtoras, ao solicitar um orçamento, informem o cronograma do empreendimento, e dados importantes como ciclo de concretagem e tempo de cura, datas do descimbramento e a necessidade de reescoramento. Essas informações serão usadas para formulação de projetos de forma e escoramento da empresa locatária evitando assim, superdimensionamento desnecessário. Além disso, é preciso que esses projetos não tenham ônus adicional no contrato.

Certas medidas podem ser tomadas para evitar prejuízos com a locação de equipamentos de forma, como as vigas H20. Algumas locadoras (17), como a Pashal, oferecem um seguro de perda de equipamentos, cobrado de acordo com o tipo e local de obra, quantidade de peças e prazo de execução. Essa é uma possibilidade que pode ser negociada antes da assinatura dos contratos.

Um item (17) que também pode causar desgaste na relação construtora-locadora diz respeito à assistência técnica. Muitas das empresas oferecem esse tipo de consultoria, porém, elas cobram para isso. Durante a formulação dos contratos, é preciso negociar a não cobrança desse tipo de serviço. Caso não seja possível, é preciso descriminar no contrato os custos com essas assistências, bem como transporte e hospedagem.

As grandes construtoras devem exigir das locadoras, treinamentos para equipe que irá montar e desmontar as formas da obra, até por que, muitas vezes são implantadas sistemas de formas desconhecidos pela maioria dos trabalhadores fazendo com que aumente a necessidade de palestras para eventuais esclarecimentos e treinamentos.

O *Grupo Tensor* (18), locadora de equipamento, coloca em seus contratos uma cláusula que obriga a si próprio a fazer uma visitação às obras duas vezes por mês, sem custos a empresa contratante, visando à inspeção dos equipamentos e eventuais erros de utilização. Graças a esse item no contrato será possível identificar, com antecedência, se um equipamento que está sofrendo avarias em excesso, sendo possível buscar uma solução sem qualquer susto com futuras indenizações.

3.2.1. Leasing de equipamentos

Uma opção menos conservadora para a contratação de equipamentos de forma é a utilização de leasing ou arrendamento mercantil. *Leasing* (19) é uma operação na qual uma empresa, no caso, a locadora de equipamentos, transfere o direito de usufruto de determinado bem de sua propriedade à outra, o arrendatário (a obra), por um prazo contratual pré-estabelecido, em troca do recebimento de prestações periódicas.

Esse método de contrato (19) se baseia na concepção de que o que importa para uma empresa é a utilização de um material e não a propriedade desse bem. Após a entrega do bem, a empresa arrendatária deverá cumprir com as obrigações assumidas no contrato entre elas, o pagamento das parcelas referente às contraprestações, os valores convencionados a título de valor residual, seguros entre outros.

A grande diferença entre *leasing*, o aluguel tradicional e um financiamento qualquer (20) esta no fato de que no primeiro, o bem é propriedade da empresa que fez o *leasing*, que concede o direito de uso do bem por determinado prazo e condições previamente acertados entre as partes, existindo a possibilidade de aquisição do bem

ao final do contrato. O bem permanece registrado no nome do proprietário apenas com o apontamento do arrendatário. Já no aluguel o bem é cedido pelo locador (proprietário) ao locatário (usuário) com base num contrato pré-definido. Por último, no financiamento, o usuário (adquirente) compra o bem com recursos de terceiros (bancos ou financeiras), passando a ter o direito de posse e uso do mesmo.

Existem dois tipos de *leasing*, o financeiro e o operacional. No primeiro (19), a arrendatária tem a intenção de ficar com o bem ao término do acordo, exercendo a opção de compra pelo valor previsto no contrato. O arrendante recebe 100% do valor do equipamento arrendado. Caso, o arrendatário não exerça seu poder de compra, o bem será vendido e a diferença apurada entre o valor da venda e o valor residual garantido pode ser devolvida ao arrendatário, caso seja maior. Se for a menor, o arrendatário ressarce a arrendante.

No *leasing* operacional (19), a arrendatária, a princípio, não tem a intenção de adquirir o bem ao final do contrato. Assim, após a utilização do bem pelo prazo estabelecido e cumprido todas as suas obrigações, a arrendatária poderá ao final do contrato ter as seguintes opções: devolver o bem à arrendadora, prorrogar o prazo do contrato ou exercer a opção de compra do bem pelo seu valor de mercado, à época de tal opção. A manutenção, a assistência técnica e os serviços correlatos à operacionalidade do bem arrendado podem ser de responsabilidade da arrendadora ou da arrendatária, e conforme previsão contratual.

O papel do arrendatária fica a cargo das obras e seria feito um *leasing* das vigas H20. Na prática, se optado pelo leasing financeiro, seria como comprar as vigas de madeira H20 parceladamente e depois não optar pela compra, podendo ainda receber uma compensação pela venda posterior ao uso. É o modelo ideal para construções onde a previsão de danos no material é grande e cuja construtora não pretende ficar com o equipamento devido a não disponibilidade de armazenagem após o término da obra.

O *leasing* operacional pode ser uma saída também. Se for colocado nos contratos que será pago um valor de indenização previamente combinado, é possível evitar os grandes gastos com indenizações como as que são pagas atualmente. Com isso, a responsabilidade sobre o desgaste natural das H20 e resto do sistema de forma é transferida para a própria empresa locadora do material.

3.3. Alternativas para a gestão dos equipamentos

Tendo em vista que as empresas locadoras de equipamentos são muito inflexíveis quanto a contratos e que geralmente só se percebe esse problema desgaste das peças durante a obra, quando os contratos já estão assinados, é possível adotar uma série de medidas que visam à minimização de avarias nos equipamentos locados.

É dito (15) que, quando se trabalha com mão de obra própria, pode-se adotar uma politica de premiação aos colaboradores em caso indenização zero. Com base nisso, é preciso fazer com que os mestres de obra, encarregados e a equipe de carpintaria saibam da importância que se deve dar a esses equipamentos de forma, em especial, os mais frágeis como H20 e cubetas de fibra de vidro.

Essa pode ser uma solução interessante, pois não há necessidade de mudanças contratuais e podem ser adotadas a qualquer momento na obra. Certamente, essa é uma alternativa que não resolverá o problema, mas se usado como uma forma preventiva é possível minimizar os prejuízos com indenização.

É preciso envolver profissionais experientes na checagem desses equipamentos tanto na retirada quanto na descarga e também, durante sua utilização. Afirma-se (21) que está mais que provado que a economia gerada pela não indenização equivale, no mínimo, a cinco vezes o valor do salário do profissional exclusivamente dedicado a essa conferência.

3.4. Logística de canteiro de obra

Uma boa parte das peças que são perdidos ou danificados em um canteiro se deve ao fato de não haver um bom controle sobre o equipamento da obra, no que diz respeito à armazenagem e logística do próprio canteiro.

Alguns materiais são extremamente danificados graças ao seu uso inequívoco, como por exemplo, H20 sendo usados como pernas de masseiras ou até mesmo como pontaletes de barras de aço. Certamente, para esses equipamentos terem sido usados dessa forma significa que os operários simplesmente acharam essas peças pela obra, como pode-se observar na figura 24.

Figura 24 - H20 sendo usada como pontaletes de escoras metálicas (Fonte: Foto tirada pelo autor)

Desta forma, uma logística preparada para o canteiro de obra se faz necessário, visando o aumento do controle de utilização de material e diminuição de danos causados por uso errôneo dos equipamentos.

Um bom projeto logístico acrescenta inúmeras vantagens à obra, como por exemplo, um controle sobre a quantidade certa de material nos pavimentos. Isso se aplica principalmente sobre peças de forma evitando que haja falta ou excessos na laje. Outra vantagem (21) é à disposição do produto no momento da utilização evitando a perda de tempo e produtividade das equipes com a procura de material no canteiro, problema muito comum com H20, tripés e forcados.

4. ESTUDO DE CASO

O objetivo deste estudo de caso é comparar o comportamento das vigas de madeira H20 em dois métodos executivos de formas diferentes em relação a quantidades de danos e custos de um modo geral. Os métodos estudados são o do sistema convencional e da mesa voadora, em uma obra de multipavimentos da Construtora X. O empreendimento é composto por oito edifícios, onde os dois primeiros foram executados usando a mesa, outros dois pelo método convencional e o restante ainda estão em execução, na presente data, também pelo método convencional.

Essa pesquisa é fruto da observação do autor que atuou como estagiário na execução dos edifícios citados do empreendimento, realizando o controle de material de forma incluindo a entrada e saída, previsões e controle de custos, o que permitiu uma observação de perto dos problemas citados ao longo do trabalho.

4.1. Apresentação da Obra

A obra A estudada é composta por oito edifícios em concreto armado com sistema estrutural reticulado, apresentando pequena quantidade de vigas, apenas na periferia dos edifícios e numa pequena parte do centro do bloco incluindo os poços dos elevadores e escada.

Cada prédio conta com 22 pavimentos, sendo um subsolo, um térreo, um pavimento de uso comum (PUC), quatorze pavimentos tipo I, três pavimentos tipo II, cobertura e telhado. Os pavimentos tipo I se diferem do tipo II apenas pela varanda, que no tipo II tem suas dimensões aumentadas e são arredondadas.

Os oito edifícios são padronizados e possuem apenas duas tipologias: uma para os blocos ímpares e outra para os blocos pares, sendo que são idênticos entre si. O empreendimento foi dividido em 4 fases d execução com 2 edifícios cada. A fase 1, que contava com os Blocos 1 e 2 foram executados pelo método das mesas voadoras por um sistema de formas de madeira com escoramento metálico. Já fase 2, com os blocos 3 e 4 foi empregado o método convencional do mesmo sistema.

4.1.1. As quantidades de H20 da Obra

Serão apresentadas as quantidades de H20 de projeto de ambos os blocos de cada fase. Também é calculada a quantidade de metro linear de H20 acumulada durante a execução de cada bloco, pela seguinte fórmula:

$$\mathbf{mL = Quantidade\ de\ H20\ \times Tamanho\ da\ H20} \qquad \textbf{(Eq. 1)}$$

As tabelas 3 e 4 mostram as quantidades de H20 de projeto usadas na Fase 1 (Mesa Voadora) para cada bloco.

Tabela 3- Quantidade de H20 por pavimento para o Bloco 1 da Fase 1

Vigas / Pavimento	Subsolo	Térreo	PUC	Tipo I	Tipo II	17° Pav	Cobertura	CXCM	mL
VIGA DOKA H20P ECO 1.25 m	10	6	92	39	39	49	45	0	1032,5
VIGA DOKA H20P TOP 1.50 m	0	0	0	0	0	0	0	28	42,0
VIGA DOKA H20P TOP 1.80 m	221	159	461	0	0	94	231	14	2124,0
VIGA DOKA H20P TOP 2.12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
VIGA DOKA H20P TOP 2.45 m	39	26	87	459	459	327	34	4	19259,5
VIGA DOKA H20P TOP 2.90 m	16	12	61	56	56	116	59	28	3445,2
VIGA DOKA H20P TOP 3.30 m	17	12	88	13	13	13	21	5	1201,2
VIGA DOKA H20P TOP 3.90 m	30	15	94	176	176	144	41	0	12246,0
VIGA DOKA H20P TOP 4.50 m	8	47	70	12	12	20	28	0	1642,5
VIGA DOKA H20P TOP 4.90 m	32	7	171	32	32	8	40	0	3773,0
VIGA DOKA H20P TOP 5.90 m	244	129	162	0	0	0	38	4	3404,3
								mL Total:	48170,2

Tabela 4 - Quantidade de H20 por pavimento para o Bloco 2 da Fase 1

Vigas / Pavimento	Subsolo	Térreo	PUC	Tipo I	Tipo II	17° Pav	Cobertura	CXCM	mL
VIGA DOKA H20P ECO 1.25 m	10	10	61	8	8	8	181	16	517,5
VIGA DOKA H20P TOP 1.50 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
VIGA DOKA H20P TOP 1.80 m	249	140	274	111	111	119	155	39	4953,6
VIGA DOKA H20P TOP 2.12 m	0	0	0	96	96	0	0	0	3256,3
VIGA DOKA H20P TOP 2.45 m	21	17	37	254	254	129	71	0	10630,6
VIGA DOKA H20P TOP 2.90 m	52	92	81	0	0	56	32	1	910,6
VIGA DOKA H20P TOP 3.30 m	41	141	49	162	162	140	20	20	9909,9
VIGA DOKA H20P TOP 3.90 m	94	23	134	82	82	69	17	4	6446,7
VIGA DOKA H20P TOP 4.50 m	71	61	184	38	38	18	72	0	4563,0
VIGA DOKA H20P TOP 4.90 m	175	4	67	45	45	40	12	0	4988,2
VIGA DOKA H20P TOP 5.90 m	20	8	65	4	4	26	31	4	1286,2
								mL Total:	47462,6

A quantidade total de metros lineares usados na fase 1, mesa voadora, foi de 95.632,70.

As tabelas 5 e 6 mostram as quantidades de H20 de projeto usadas na Fase 2 (Método Convencional) para cada bloco.

Tabela 5 - Quantidade de H20 por pavimento para o Bloco 3 da Fase 2

Vigas / Pavimento	Subsolo	Térreo	PUC	Tipo I	Tipo II	17° Pav	Cobertura	CXCM	mL
VIGA DOKA H20P ECO 1.25 m	7	0	16	158	113	64	45	28	3191,3
VIGA DOKA H20P TOP 1.50 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
VIGA DOKA H20P TOP 1.80 m	227	210	425	44	68	92	231	14	3555,0
VIGA DOKA H20P TOP 2.12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
VIGA DOKA H20P TOP 2.45 m	53	20	29	41	57	56	34	4	2205,0
VIGA DOKA H20P TOP 2.90 m	32	30	187	16	16	32	59	28	1809,6
VIGA DOKA H20P TOP 3.30 m	40	66	91	5	0	18	21	5	1009,8
VIGA DOKA H20P TOP 3.90 m	37	32	76	308	311	4	41	0	19995,3
VIGA DOKA H20P TOP 4.50 m	58	1	213	4	4	264	28	0	2826,0
VIGA DOKA H20P TOP 4.90 m	36	26	80	12	12	0	40	0	1832,6
VIGA DOKA H20P TOP 5.90 m	233	104	56	52	52	62	38	4	7841,1
								mL Total:	44265,7

Tabela 6 - Quantidade de H20 por pavimento para o Bloco 4 da Fase 2

Vigas / Pavimento	Subsolo	Térreo	PUC	Tipo I	Tipo II	17° Pav	Cobertura	CXCM	mL
VIGA DOKA H20P ECO 1.25 m	23	10	63	47	15	30	181	16	1223,8
VIGA DOKA H20P TOP 1.50 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
VIGA DOKA H20P TOP 1.80 m	250	169	366	106	132	259	155	39	5421,6
VIGA DOKA H20P TOP 2.12 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
VIGA DOKA H20P TOP 2.45 m	36	37	40	36	36	61	71	0	2011,5
VIGA DOKA H20P TOP 2.90 m	33	87	76	12	12	62	32	1	1400,7
VIGA DOKA H20P TOP 3.30 m	14	144	47	11	13	33	20	20	1518,0
VIGA DOKA H20P TOP 3.90 m	67	21	145	31	35	26	17	4	3073,2
VIGA DOKA H20P TOP 4.50 m	43	60	194	145	141	114	72	0	12559,5
VIGA DOKA H20P TOP 4.90 m	177	11	67	45	45	52	12	0	5091,1
VIGA DOKA H20P TOP 5.90 m	31	8	73	71	71	128	31	4	8324,9
								mL Total:	40624,2

A quantidade total de metros lineares usados na fase 2, método convencional, foi de 84.889,90.

Pode-se notar que apesar do Bloco 1 ser igual ao Bloco 3 e o mesmo acontecer com os Blocos 2 e 4, eles possuem quantidades diferentes, e consequentemente metro linear de H20 diferentes, devido ao uso de sistemas de forma diferentes.

Vale ressaltar que foi locado apenas um jogo de H20 para cada bloco, para ser usado durante toda a construção do prédio por que logo depois da concretagem, é feita a desforma e essas H20 são usadas no pavimento seguinte. O metro linear descrito nas tabelas 3 e 4 é acumulado já que uma mesma H20 pode ter participado da construção de todas as lajes.

4.1.2. Os custos das H20 da Obra

O preço cobrado, por unidade, pelas vigas H20 esta listado na tabela 5. O preço por metro linear é por volta de R$ 48,94. A exceção fica pelas vigas ECO, que possuem um preço menor devido ao fato de ser uma viga reciclada de um material danificado e das peças com 1,50m e 2,12m que foram feitos especialmente para essa obra, sendo cobrado então o tamanho da 1,80m e 2,45m respectivamente.

Tabela 7 - Os preços das H20

Vigas	Preço
VIGA DOKA H20P ECO 1.25 m	R$ 48,06
VIGA DOKA H20P TOP 1.50 m	R$ 88,24
VIGA DOKA H20P TOP 1.80 m	R$ 88,24
VIGA DOKA H20P TOP 2.12 m	R$ 119,75
VIGA DOKA H20P TOP 2.45 m	R$ 119,75
VIGA DOKA H20P TOP 2.90 m	R$ 141,74
VIGA DOKA H20P TOP 3.30 m	R$ 161,47
VIGA DOKA H20P TOP 3.90 m	R$ 190,89
VIGA DOKA H20P TOP 4.50 m	R$ 220,30
VIGA DOKA H20P TOP 4.90 m	R$ 239,85
VIGA DOKA H20P TOP 5.90 m	R$ 288,82

4.2. Análise de Danos

No item 4.2 será realizado um comparativo entre a quantidade de H20 utilizada, em metro linear, e a quantidade de H20 condenada pela empresa locatária do material,

também em metro linear, para cada um dos sistemas de forma utilizados. Essa análise tem como objetivo determinar qual método construtivo danifica mais as vigas de madeira e, além disso, criar uma relação entre a quantidade de H20 devolvida e a quantidade de H20 condenada.

É preciso lembrar que nem todas as H20 utilizadas nos blocos foram devolvidas logo após o término de sua execução, algumas delas foram levadas para a utilização em outra situação fora do contexto apresentado, fazendo com que a quantidade de vigas devolvidas seja diferente da quantidade locada. Porém, casa fase terminou em uma época diferente da obra, descartando assim, a possibilidade de mistura de material de métodos diferentes. Devido a circunstâncias da obra, é impossível saber quantas vigas realmente foram utilizadas em cada fase e por isso, será comparada a quantidade de vigas Devolvidas com a quantidade de vigas Danificadas de cada método construtivo.

Em outros casos, que serão citados mais tarde, será considerado que a quantidade de material utilizado em cada fase como igual à quantidade de H20 devolvida.

A tabela 8 mostra a relação entre a quantidade de H20 devolvida e danificada para a mesa voadora, na fase 1.

Tabela 8 - Relação entre a quantidade de H20 devolvida e danificada para a Fase 1

	Quantidade H20 devolvida		Quantidade H20 danificada	
	Unidades	mL	Unidades	mL
VIGA DOKA H20P ECO 1.25 m	1	1,25	0	0,00
VIGA DOKA H20P TOP 1.50 m	0	0,00	0	0,00
VIGA DOKA H20P TOP 1.80 m	217	390,60	110	198,00
VIGA DOKA H20P TOP 2.12 m	0	0,00	0	0,00
VIGA DOKA H20P TOP 2.45 m	596	1460,20	238	583,10
VIGA DOKA H20P TOP 2.90 m	26	75,40	16	46,40
VIGA DOKA H20P TOP 3.30 m	119	392,70	47	155,10
VIGA DOKA H20P TOP 3.90 m	155	604,50	16	62,40
VIGA DOKA H20P TOP 4.50 m	30	135,00	20	90,00
VIGA DOKA H20P TOP 4.90 m	12	58,80	7	34,30
VIGA DOKA H20P TOP 5.90 m	66	389,40	18	106,20
	Total	3507,85	Total	1275,50

Para os 3.507,85 metros lineares devolvidos, na fase 1 utilizando a mesa voadora, 1.275,50 foram condenados pela empresa locatária. Isso significa que 36% do equipamento foram danificados irreparavelmente e é preciso pagar indenização.

Já para o método convencional, na fase 2, a relação entre a quantidade de H20 devolvida e danificada é mostrada na tabela 9.

Tabela 9 - Relação entre a quantidade de H20 devolvida e danificada para a Fase 2

	Quant H20 devolvida		Quant H20 danificada	
	Unidades	mL	Unidades	mL
VIGA DOKA H20P ECO 1.25 m	1	1,25	0	0
VIGA DOKA H20P TOP 1.50 m	0	0	0	0
VIGA DOKA H20P TOP 1.80 m	134	241,2	76	136,8
VIGA DOKA H20P TOP 2.12 m	0	0	0	0
VIGA DOKA H20P TOP 2.45 m	67	164,15	29	71,05
VIGA DOKA H20P TOP 2.90 m	23	66,7	17	49,3
VIGA DOKA H20P TOP 3.30 m	49	161,7	41	135,3
VIGA DOKA H20P TOP 3.90 m	208	811,2	135	526,5
VIGA DOKA H20P TOP 4.50 m	192	864	156	702
VIGA DOKA H20P TOP 4.90 m	107	524,3	74	362,6
VIGA DOKA H20P TOP 5.90 m	139	820,1	74	436,6
	Total	3654,6	Total	2420,15

Para os 3.654,60 metros lineares devolvidos, na fase 2 utilizando o método convencional, 2.420,15 foram condenados pela empresa locatária. Isso significa que 66% do equipamento foram danificados irreparavelmente e também é preciso pagar indenização.

Nas tabelas 8 e 9, viu-se que 36% das H20 devolvidas pelo método da mesa voadora, foram pagas indenizações e que 66% para o método convencional. Isso mostra que se tratando de forma convencional, o processo de desgaste do equipamento é muito mais acelerado que na utilização da mesa voadora.

4.3. Análise de Custo Geral

Devido ao fato de só existirem duas tipologias de prédios nesse empreendimento, uma para os ímpares e outra para os pares, foram feitos apenas dois tipos de contratos de escoramento. Um para os blocos ímpares e outro para os blocos pares. O custo de

escoramento e reescoramento foi feito estimado com base na metragem quadrada da laje. A tabela 10 mostra o valor dos contratos para cada bloco.

Tabela 10 - Valor de contrato para cada Bloco

Blocos	Valor Contratado
Bloco 1	R$ 100.908,94
Bloco 2	R$ 91.422,57
Bloco 3	R$ 100.908,94
Bloco 4	R$ 91.422,57

Com base nos preços e na quantidade de peças danificadas já mostradas, será calculado o custo com indenização somente de H20. Nesses custos não estão presentes o valores cobrados com limpeza e nem indenizações com outros equipamentos como escoras e travamentos.

A empresa em questão cobra de custos de indenização o mesmo preço do equipamento novo, pois ela entende que estas são peças que não poderão ser alugadas para outra obra. Portanto, o custo com as indenizações é calculado da seguinte forma:

$$\textbf{Custo de Indenização} = \textbf{Qtdade de H20 danificada} \times \textbf{Preço da H20} \qquad \textbf{(Eq. 2)}$$

Foi desenvolvida, pela empresa locatária, uma peça reciclada das peças danificadas devolvidas chamada de ECO que possuem 1,25m. Ao ser feita essa devolução de equipamento, é feita uma contagem de quantos metros lineares de peças condenadas podem ser reaproveitados para transformação em peças ECO. Graças a isso, essa empresa locadora de equipamentos dá um desconto referente a essa transformação. O custo da peça ECO é de R$ 38,44 por metro linear. Logo o desconto dado é a quantidade de metro linear aproveitado vezes esse preço.

$$\textbf{Desconto} = \textbf{Qtdade de H20 reaproveitada } (\textbf{mL}) \times \textbf{R\$ } 38,44 \qquad \textbf{(Eq. 3)}$$

A tabela 11 mostra a quantidade de H20 em que a empresa locatária julgou condenada para utilização e o cálculo dos custos de indenização correspondente de cada item, para a Fase 1, onde foi utilizado a mesa voadora, na obra:

Tabela 11 - Quantidade e custo com as peças danificadas para Fase 1

		Quantidade H20 danificada	
	Preço	Quantidade H20 danificada	Custo de Indenização
VIGA DOKA H20P ECO 1.25 m	R$ 48,06	0	R$ -
VIGA DOKA H20P TOP 1.50 m	R$ 88,24	0	R$ -
VIGA DOKA H20P TOP 1.80 m	R$ 88,24	110	R$ 9.706,40
VIGA DOKA H20P TOP 2.12 m	R$ 119,75	0	R$ -
VIGA DOKA H20P TOP 2.45 m	R$ 119,75	238	R$ 28.500,50
VIGA DOKA H20P TOP 2.90 m	R$ 141,74	16	R$ 2.267,84
VIGA DOKA H20P TOP 3.30 m	R$ 161,47	47	R$ 7.589,09
VIGA DOKA H20P TOP 3.90 m	R$ 190,89	16	R$ 3.054,24
VIGA DOKA H20P TOP 4.50 m	R$ 220,30	20	R$ 4.406,00
VIGA DOKA H20P TOP 4.90 m	R$ 239,85	7	R$ 1.678,95
VIGA DOKA H20P TOP 5.90 m	R$ 288,82	18	R$ 5.198,76
		Total	R$ 62.401,78

A empresa em questão conseguiu aproveitar 477,5 metros lineares de H20 danificada gerando um desconto nos custos de indenização de R$ 18.355,10. Logo o valor pago de indenização na fase 1 foi de R$ 44.046,68.

Nota-se que o valor pago pela fase 1, apenas com indenização das H20 representa 22,9% do valor contratado para todo o escoramento dos prédios.

O mesmo cálculo com os custos de indenização de acordo com o número de H20 condenada pela empresa locatária, para a Fase 2, onde se utilizou o método convencional, pode ser visto na tabela 12.

Tabela 12 - Quantidade e custo com as peças danificadas para a Fase 2

		Quant H20 danificada	
	Preço	Quantidade H20 danificada	Custo de Indenização
VIGA DOKA H20P ECO 1.25 m	R$ 48,06	0	R$ -
VIGA DOKA H20P TOP 1.50 m	R$ 88,24	0	R$ -
VIGA DOKA H20P TOP 1.80 m	R$ 88,24	76	R$ 6.706,24
VIGA DOKA H20P TOP 2.12 m	R$ 119,75	0	R$ -
VIGA DOKA H20P TOP 2.45 m	R$ 119,75	29	R$ 3.472,75
VIGA DOKA H20P TOP 2.90 m	R$ 141,74	17	R$ 2.409,58
VIGA DOKA H20P TOP 3.30 m	R$ 161,47	41	R$ 6.620,27
VIGA DOKA H20P TOP 3.90 m	R$ 190,89	135	R$ 25.770,15
VIGA DOKA H20P TOP 4.50 m	R$ 220,30	156	R$ 34.366,80
VIGA DOKA H20P TOP 4.90 m	R$ 239,85	74	R$ 17.748,90
VIGA DOKA H20P TOP 5.90 m	R$ 288,82	74	R$ 21.372,68
		Total	R$ 118.467,37

Para a Fase 2, também foi gerado um desconto de R$ 46.368,25 com a transformação de 1.206,25 metros lineares de H20 danificada em H20 ECO. Portanto, o valor pago de indenização na fase 2 foi de R$ 72.099,12. Esse número representa quase 62% do valor contratado para todo o escoramento da fase.

Pode-se perceber também que o valor pago pela Fase 2 é 60% maior que o valor da pago pela Fase 1, mesmo tendo sido devolvidos uma quantidade, em metro linear de H20, semelhante, 3507,85 mL pela primeira contra 3654,60 mL pela segunda.

Apesar disso, em ambos os casos, os valores pagos somente com indenização de H20 são altos demais quando se compara com os valores contratados. Isso mostra que os contratos feitos não estavam de acordo com realidade da obra em questão, pois é possível notar que houve falha na previsão dos danos dos equipamentos locados e isso acarretou em um estouro de orçamento.

Outra falha identificada foi a utilização do mesmo contrato feito para fase 1, mesa voadora, como base para a contratação dos equipamentos para a Fase 2, método convencional. Apesar das fases possuírem a mesma tipologia, o método construtivo é diferente gerando danos diferentes e consequentemente custos diferentes.

Pode-se concluir que métodos construtivos diferentes danificam os equipamentos de forma de modo diferente. Também foi mostrado que a mesa voadora desgasta menos as H20 do que o método convencional. E que para evitar aditivos com indenização é preciso pesquisar sobres os métodos a serem adotados na obra e buscar fazer previsões sobre os danos nas peças.

Uma alternativa para o problema das H20, é a compra desse material antes do início da obra, ao invés da locação, como será visto no próximo item, tendo em vista que a maioria do material é condenada apenas pelos critérios da empresa locatária, pois ainda podem ser perfeitamente utilizável nas obras.

4.4. Viabilidade de Compra das H20

Como já foi ressaltado durante este trabalho, uma solução possível ao problema dos gastos excessivos com danos das H20 pode ser a compra desse equipamento antes do começo da obra.

Antes, é preciso destacar que para se estudar a possibilidade de compra desse material, já se concluiu que, do ponto de vista técnico, as H20 são os melhores materiais para a obra em questão. Não faz sentido comprar um equipamento se existe outro no mercado que também atende as necessidades da obra.

Quando se aluga equipamentos de forma, na verdade estão sendo gerados dois custos: um com aluguel e outro com indenização. Quando de compra esse material, só se gasta o próprio valor de compra. Tendo em vista que o valor de compra é muito superior ao valor de aluguel e que o valor de indenização é igual ao de compra, quando se tem pequenas quantidades de material avariado, a indenização é baixa, logo é muito mais vantajoso alugar. Porém, como já foi dito, em muitas obras, a quantidade de material danificado é alta, gerando altos custos com indenizações. É preciso calcular o ponto de equilíbrio onde tanto faz alugar quanto comprar o material, para se tomar a melhor decisão.

O objetivo do presente estudo é achar esse ponto de equilíbrio para a obra citada, tanto para a mesa voadora quanto para o método convencional. A partir desse conceito, será possível dizer quando será mais vantajoso comprar o equipamento e quando será melhor alugar.

4.4.1. Definições

Com relação aos custos com H20, pode-se dividir a obra em três partes: O Custo no Início da Obra ($C_{início}$), o Custo Durante a Obra ($C_{Durantes}$) e o Custo no Fim da Obra (C_{Fim}).

O Custo no Início da Obra (CInício) é valor gasto logo no começo da obra, pode se comparar com os gastos com material tipo areia e cimento. No caso das H20, é o valor gasto logo com o equipamento para se começar a fazer a forma da primeira laje. O Custo Durante a Obra (CDurante) é o quanto se gasta mensalmente para manter o equipamento na obra. É um custo semelhante ao salário dos funcionários. Já o Custo no Fim da Obra (CFim) é o pagamento de uma quantia logo após o final da construção, a indenização em si.

Pode-se definir também, as seguintes variáveis:

- $\boldsymbol{Q}$*: Quantidade de H20 necessária para realização da Obr.*
- $\boldsymbol{P_{aluguel}}$*: Gasto com aluguel das H20, por metro linear.*
- $\boldsymbol{Q_{indeniz}}$*: Quantidade de H20 condenadas pela empresa locatária.*
- $\boldsymbol{P_{compra}}$*: Gasto com compra das H20, por metro linear.*

4.4.2. Relação entre Aluguel e Compra

Para o caso do ALUGUEL, temos que:

- *Custo no Início da Obra ($C_{Início}$) : 0*
- *Custo Durante a Obra ($C_{Durante}$) :* $\boldsymbol{Aluguel\ das\ H20s\ em\ si = Q \times P_{aluguel}}$
- *Custo no Fim da Obra (C_{Fim}):* $\boldsymbol{Custo\ com\ indenizações = Q_{indeniz} \times P_{compra}}$

Pode-se definir que:

$$\boldsymbol{Total\ Aluguel = Q \times P_{aluguel} + Q_{indeniz} \times P_{compra}} \qquad \textbf{(Eq. 4)}$$

Já foi dito anteriormente, existe uma relação entre a Quantidade de H20 condenadas pela empresa locatária ($Q_{indeniz}$) e a *Quantidade de H20 necessária para realização da Obra (Q).* Chamando de "$\boldsymbol{q}$" esta relação, observa-se que:

$$\boldsymbol{q = \frac{Q_{indeniz}}{Q}} \qquad \textbf{(Eq. 5)}$$

O mesmo acontece para o *Gasto com compra das H20 (P_{compra})* e o *Gasto com aluguel das H20 ($P_{aluguel}$).* Chamando de "$\boldsymbol{p}$" essa relação.

$$\boldsymbol{p = \frac{P_{compra}}{P_{aluguel}}} \qquad \textbf{(Eq. 6)}$$

Portanto, substituindo os valores de $\boldsymbol{Q_{indeniz}}$ e os de $\boldsymbol{P_{aluguel}}$, das equações 5 e 6 na equação 4, encontra-se que:

$$\boldsymbol{Total\ Aluguel = Q \times P_{aluguel} + q \times Q \times P_{aluguel} \times p}$$

$$\boldsymbol{Total\ Aluguel = Q \times P_{aluguel} (1 + q \times p)} \qquad \textbf{(Eq. 7)}$$

Para o caso da COMPRA:

- *Custo no Início da Obra ($C_{Início}$) =* $\boldsymbol{Custo\ de\ compra\ das\ H20s = Q \times P_{compra}}$
- *Custo Durante a Obra ($C_{Durante}$) = 0*
- *Custo no Fim da Obra (C_{Fim})= 0*

Logo, pode-se definir que:

$$\boldsymbol{Total\ Compra} = \boldsymbol{Q} \times \boldsymbol{P_{compra}}$$

$$\boldsymbol{Total\ Compra} = \boldsymbol{Q} \times \boldsymbol{P_{aluguel}} \times \boldsymbol{p} \qquad \textbf{(Eq. 8)}$$

O ponto de equilíbrio é encontrado quando o *Total Aluguel*, equação7, for igual ao *Total Compra*, equação 8.

$$\boldsymbol{Total\ Aluguel} = \boldsymbol{Total\ Compra}$$

$$\boldsymbol{Q} \times \boldsymbol{P_{aluguel}} (\mathbf{1} + \boldsymbol{q} \times \boldsymbol{p}) = \boldsymbol{Q} \times \boldsymbol{P_{aluguel}} \times \boldsymbol{p}$$

Cortando as parcelas iguais, tem-se que:

$$(\mathbf{1} + \boldsymbol{q} \times \boldsymbol{p}) = \boldsymbol{p}$$

Isolando "$\boldsymbol{q}$", encontra-se o ponto de equilíbrio "$\boldsymbol{q}$".

$$\boldsymbol{q} = \frac{(\boldsymbol{p} - \mathbf{1})}{\boldsymbol{p}} \qquad \textbf{(Eq. 9)}$$

A relação, apresentada na equação 9, mostra que a partir de um índice de custos compra/locação "p" pode-se achar um índice de danos "q" onde representa a transição entre a compra e o aluguel do equipamento. Em uma obra onde o índice de danificação seja menor que o "q" encontrado, significa que é mais vantajoso alugar as peças. Em um empreendimento onde se tem um índice de danos maior que o "q" estimado, é mais lucrativo comprar as H20.

4.4.3. Relação entre Aluguel e Compra da Obra A

O item a 4.4.3 estudará a relação desenvolvida, a equação 9, para a obra citada no começo deste capítulo. Como foi dito, o preço de compra das H20, por metro linear acordado foi de R$ 48,94. O aluguel das peças era 1,75% do valor de compra por mês, para todo material de forma. Ambas as fases duraram por volta de 8 meses, desde o Subsolo até a Caixa D'água. Então tem-se que:

$$\boldsymbol{P_{aluguel} = 1,75\% \, / mês \times R\$\, 48,94 \times 8\, meses = R\$\, 6,85 \, / \, mL}$$

Logo, podemos calcular, pela equação 6, a relação "$\boldsymbol{p}$" entre o *Custo de compra das H20* ($\boldsymbol{P_{compra}}$) e o *Custo de aluguel das H20* ($\boldsymbol{P_{aluguel}}$)*:*

$$\boldsymbol{p = \frac{P_{compra}}{P_{aluguel}} = \frac{48,94}{6,85} = 7,14}$$

Agora, calculando a relação "$\boldsymbol{q}$", pela equação 9, entre a Quantidade de H20 condenadas ($\boldsymbol{Q_{indeniz}}$) e a *Quantidade de H20 necessária para realização da Obra* ($\boldsymbol{Q}$)*, acha-se:*

$$\boldsymbol{q = \frac{(7,14 - 1)}{7,14} = 0,86 = 86\%}$$

Isso significa que quando a perda atingir 86% tanto para Fase 1 quanto para a Fase 2, o custo de aluguel mais a indenização será igual ao custo de compra. Ou seja, para valores de perda abaixo disso, é mais vantajoso alugar o material. Acima, é melhor comprar. Como a perda da Fase 1, mesa voadora, foi de 36% e da Fase 2, método convencional, foi de 66%, em ambos os casos, sai mais barato alugar e pagar a indenização posteriormente.

Para provar a relação feita, será feito uma análise dos custos de aluguel, indenização e de compra de cada fase, para se descobrir qual porcentagem de condenação iguala o custo de aluguel com o de compra. Novamente, vale ressaltar que para simplificação

dos dados, será considerado que a quantidade de material devolvido é exatamente igual à quantidade de equipamento necessário para fazer a forma do edifício.

A tabela 13 apresenta o Custo com o Aluguel da fase 1, conde se usou a mesa voadora, durante os 8 meses de obra com 1,75% de taxa de aluguel sobre o valor de compra, conforme dito anteriormente. Além disso, informa o valor de compra do equipamento e o custo necessário para comprar o material.

Tabela 13 - Custo com aluguel da Fase 1, mesa voadora

	Preço	Unidades	Custo de Aluguel	Custo de Compra
VIGA DOKA H20P ECO 1.25 m	R$ 48,06	1	R$ 6,73	R$ 48,06
VIGA DOKA H20P TOP 1.50 m	R$ 88,24	0	R$ -	R$ -
VIGA DOKA H20P TOP 1.80 m	R$ 88,24	217	R$ 2.680,73	R$ 19.148,08
VIGA DOKA H20P TOP 2.12 m	R$ 119,75	0	R$ -	R$ -
VIGA DOKA H20P TOP 2.45 m	R$ 119,75	596	R$ 9.991,94	R$ 71.371,00
VIGA DOKA H20P TOP 2.90 m	R$ 141,74	26	R$ 515,93	R$ 3.685,24
VIGA DOKA H20P TOP 3.30 m	R$ 161,47	119	R$ 2.690,09	R$ 19.214,93
VIGA DOKA H20P TOP 3.90 m	R$ 190,89	155	R$ 4.142,31	R$ 29.587,95
VIGA DOKA H20P TOP 4.50 m	R$ 220,30	30	R$ 925,26	R$ 6.609,00
VIGA DOKA H20P TOP 4.90 m	R$ 239,85	12	R$ 402,95	R$ 2.878,20
VIGA DOKA H20P TOP 5.90 m	R$ 288,82	66	R$ 2.668,70	R$ 19.062,12
		Total	R$ 24.024,64	R$ 171.604,58

A tabela 14 aponta em qual intervalo de porcentagem de indenização, o Custo de Aluguel mais Indenização ultrapassa o custo de compra.

Tabela 14 - Comparação do Custo de Aluguel + Indenização com o Custo de Compra para as diversas taxas de Condenação para Fase 1

Custo de Alguel	% de Condenação	Custo de Indenização	Custo de Aluguel + Indenização	Custo de Compra
R$ 24.024,64	0%	R$ -	R$ 24.024,64	R$ 171.604,58
	10%	R$ 17.160,46	R$ 41.185,10	
	20%	R$ 34.320,92	R$ 58.345,56	
	30%	R$ 51.481,37	R$ 75.506,02	
	40%	R$ 68.641,83	R$ 92.666,47	
	50%	R$ 85.802,29	R$ 109.826,93	
	60%	R$ 102.962,75	R$ 126.987,39	
	70%	R$ 120.123,21	R$ 144.147,85	
	80%	R$ 137.283,66	R$ 161.308,31	
	90%	R$ 154.444,12	R$ 178.468,76	
	100%	R$ 171.604,58	R$ 195.629,22	

Pode-se perceber que o valor achado está entre 80 e 90%, bem como foi previsto o índice "q", calculado, que era de 86%.

Para Fase 2, também foi feito o mesmo processo de cálculos utilizado para a Fase 1, como pode-se observar na tabela 15. Também foi calculado, o encontro entre o Custo de Aluguel mais Indenização com o Custo de Compra, como pode ser vista na tabela 16 logo após.

Tabela 15 - Custo com aluguel da Fase 2, método convencional

	Preço	Unidades	Custo de Aluguel	Custo de Compra
VIGA DOKA H20P ECO 1.25 m	R$ 48,06	1	R$ 6,73	R$ 48,06
VIGA DOKA H20P TOP 1.50 m	R$ 88,24	0	R$ -	R$ -
VIGA DOKA H20P TOP 1.80 m	R$ 88,24	134	R$ 1.655,38	R$ 11.824,16
VIGA DOKA H20P TOP 2.12 m	R$ 119,75	0	R$ -	R$ -
VIGA DOKA H20P TOP 2.45 m	R$ 119,75	67	R$ 1.123,26	R$ 8.023,25
VIGA DOKA H20P TOP 2.90 m	R$ 141,74	23	R$ 456,40	R$ 3.260,02
VIGA DOKA H20P TOP 3.30 m	R$ 161,47	49	R$ 1.107,68	R$ 7.912,03
VIGA DOKA H20P TOP 3.90 m	R$ 190,89	208	R$ 5.558,72	R$ 39.705,12
VIGA DOKA H20P TOP 4.50 m	R$ 220,30	192	R$ 5.921,66	R$ 42.297,60
VIGA DOKA H20P TOP 4.90 m	R$ 239,85	107	R$ 3.592,95	R$ 25.663,95
VIGA DOKA H20P TOP 5.90 m	R$ 288,82	139	R$ 5.620,44	R$ 40.145,98
		Total	R$ 25.043,22	R$ 178.880,17

Tabela 16 - Comparação do Custo mais a Indenização com Custo de Compra para as diversas taxas de Condenação para Fase 2

Custo de Alguel	% de Condenação	Custo de Indenização	Custo de Aluguel + Indenização	Custo de Compra
R$ 25.043,22	0%	R$ -	R$ 25.043,22	R$ 178.880,17
	10%	R$ 17.888,02	R$ 42.931,24	
	20%	R$ 35.776,03	R$ 60.819,26	
	30%	R$ 53.664,05	R$ 78.707,27	
	40%	R$ 71.552,07	R$ 96.595,29	
	50%	R$ 89.440,09	R$ 114.483,31	
	60%	R$ 107.328,10	R$ 132.371,33	
	70%	R$ 125.216,12	R$ 150.259,34	
	80%	R$ 143.104,14	R$ 168.147,36	
	90%	R$ 160.992,15	R$ 186.035,38	
	100%	R$ 178.880,17	R$ 203.923,39	

O valor encontrado também está entre 80% e 90%, como foi previsto pelo índice "q".

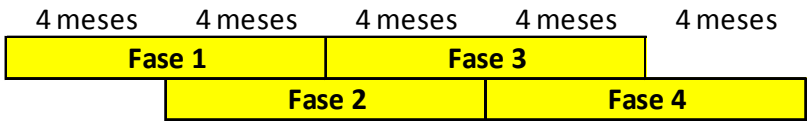
Como em ambos os casos, o valor "q" encontrado, 86%, é menor que o valor de danos calculado, 36% para Fase 1 e 66% para Fase 2, portanto, alugar o material e pagar a indenização após seu uso seria a situação menos dispendiosa.

4.4.4. Relação entre Aluguel e Compra da Obra A como um todo

Lembrando que a situação descrita inicialmente envolve dois ou mais prédios construído ao mesmo tempo. Ou seja, um fator fundamental na tomada da decisão sobre compra ou aluguel das H20 é a quantidade de prédios que será feito ao mesmo tempo, pois isso influi na quantidade de vigas de madeira compradas e/ou locadas de uma vez só. Como já foi falado neste estudo, mesmo com os danos que levam as empresas condenar o material, esse equipamento continua sendo usado na obra, pois se entende que o critério utilizado pelas locatárias é rigoroso demais.

Portanto, em uma situação como esta, onde em um determinado momento, quatro prédios são construídos juntos, é preciso ter um conjunto de H20 para cada uma deles. Se as fases fossem construídas após a anterior ficar pronta, poderia haver o reaproveitamento do equipamento utilizado, sendo necessário apenas um jogo de H20. Obviamente, devido a prazos de entrega, nem sempre isso é possível.

Na obra A, utilizada como estudo de caso, a Fase 3, constituídas dos Blocos 5 e 6, só começaram após o término da Fase 1, dos Blocos 1 e 2. O mesmo aconteceria para a Fase 4, que só começará quando a Fase 2 acabar. Pode-se então, tratar esse empreendimento como duas partes separadas, as Fases 1 e 3 e Fases 2 e 4, pois será necessário um conjunto de H20 para cada parte, para poder atender o cronograma da obra sem nenhuma modificação, como pode-se perceber no esquema 1.



Esquema 1 - Esquematização do cronograma da obra

Para simplificação das contas, será feita a análise dos custos das Fases 2 e 4, por possuírem o mesmo número de H20 necessárias para utilização, lembrando que a Fase 1 foi feita com Mesa Voadora e por isso modificaria o número de vigas de madeira em relação a Fase 3.

Novamente, será considerado que o número de H20 necessária para realização da obra será igual ao número de H20 devolvida. Na tabela 17, mostra-se o detalhe desse quantitativo, para a Fase 2 que será tomada de base para o estudo a seguir.

Tabela 17 - Quantidade de H20 usada na Fase 2

	Unidades
VIGA DOKA H20P ECO 1.25 m	1
VIGA DOKA H20P TOP 1.50 m	0
VIGA DOKA H20P TOP 1.80 m	217
VIGA DOKA H20P TOP 2.12 m	0
VIGA DOKA H20P TOP 2.45 m	596
VIGA DOKA H20P TOP 2.90 m	26
VIGA DOKA H20P TOP 3.30 m	119
VIGA DOKA H20P TOP 3.90 m	155
VIGA DOKA H20P TOP 4.50 m	30
VIGA DOKA H20P TOP 4.90 m	12
VIGA DOKA H20P TOP 5.90 m	66

Se fosse realizada a compra do equipamento descrito, para ambas as fases, a obra teria um gasto de R$ 178.880,17 como se pode perceber na tabela 18.

Tabela 18 - Custo de compra das H20

	Preço	Unidades	Custo
VIGA DOKA H20P ECO 1.25 m	R$ 48,06	1	R$ 48,06
VIGA DOKA H20P TOP 1.50 m	R$ 88,24	0	R$ -
VIGA DOKA H20P TOP 1.80 m	R$ 88,24	134	R$ 11.824,16
VIGA DOKA H20P TOP 2.12 m	R$ 119,75	0	R$ -
VIGA DOKA H20P TOP 2.45 m	R$ 119,75	67	R$ 8.023,25
VIGA DOKA H20P TOP 2.90 m	R$ 141,74	23	R$ 3.260,02
VIGA DOKA H20P TOP 3.30 m	R$ 161,47	49	R$ 7.912,03
VIGA DOKA H20P TOP 3.90 m	R$ 190,89	208	R$ 39.705,12
VIGA DOKA H20P TOP 4.50 m	R$ 220,30	192	R$ 42.297,60
VIGA DOKA H20P TOP 4.90 m	R$ 239,85	107	R$ 25.663,95
VIGA DOKA H20P TOP 5.90 m	R$ 288,82	139	R$ 40.145,98
		Total	R$ 178.880,17

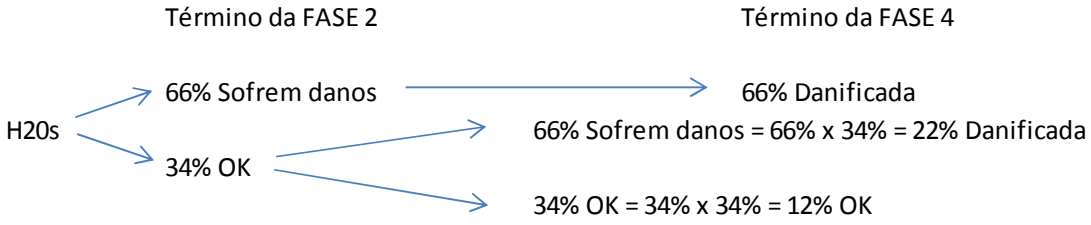
Nota-se que o custo de compra continua igual para a comparação feita com a Fase 2, anteriormente, pois entende-se que depois de sua utilização nesta fase, esse conjunto de material vai inteiro para a Fase 4.

O aluguel das peças continua 1,75% do valor de compra por mês, e agora o prazo para realização do empreendimento é de 16 meses, portanto, a tabela 19 mostra os gastos com aluguel durante esse período.

Tabela 19 - Custo de aluguel das H20

	Unidades	Custo	
VIGA DOKA H20P ECO 1.25 m	1	R$	13,46
VIGA DOKA H20P TOP 1.50 m	0	R$	-
VIGA DOKA H20P TOP 1.80 m	134	R$	3.310,76
VIGA DOKA H20P TOP 2.12 m	0	R$	-
VIGA DOKA H20P TOP 2.45 m	67	R$	2.246,51
VIGA DOKA H20P TOP 2.90 m	23	R$	912,81
VIGA DOKA H20P TOP 3.30 m	49	R$	2.215,37
VIGA DOKA H20P TOP 3.90 m	208	R$	11.117,43
VIGA DOKA H20P TOP 4.50 m	192	R$	11.843,33
VIGA DOKA H20P TOP 4.90 m	107	R$	7.185,91
VIGA DOKA H20P TOP 5.90 m	139	R$	11.240,87
	Total	R$	50.086,45

Para estimar a quantidade de peças a serem pagas com a indenização será feita uma análise linear do caso. Foi calculada uma taxa de 66% de danos, quando se termina uma fase. Pode-se dizer que para a construção dos blocos, danifica-se 66% das peças que começaram em perfeito estado. Logo, para terminar a Fase 4, será adotado uma taxa de 66% de danos nas peças que ainda estão boas, vindas das Fase 2. As que estavam condenadas, obviamente, continuarão condenadas. O esquema 2 mostra os detalhes dessa aproximação.



Esquema 2 - Esquematização da previsão dos danos nas H20

Portanto, para terminar as Fases 2 e 4, a obra terá um total de 88% de H20 Condenadas e apenas 12% de peças Boas. Na prática, com bases nas observações do presente autor, o mais provável é que 100% das H20 sejam condenadas.

Adotando 88% de H20 danificadas ao final das Fases 2 e 4, a obra terá um gasto de R$ 157.249,15 com as indenizações, somente de H20, dando um total de R$ 207.335,60 como pode-se ver na tabela 20.

Tabela 20 – Estimativo da quantidade de H20 danificada e seu custo de indenização

	Unidades Usadas	Unidades Danificadas	Custo	
VIGA DOKA H20P ECO 1.25 m	1	1	R$	48,06
VIGA DOKA H20P TOP 1.50 m	0	0	R$	-
VIGA DOKA H20P TOP 1.80 m	134	118	R$	10.412,32
VIGA DOKA H20P TOP 2.12 m	0	0	R$	-
VIGA DOKA H20P TOP 2.45 m	67	59	R$	7.065,25
VIGA DOKA H20P TOP 2.90 m	23	20	R$	2.834,80
VIGA DOKA H20P TOP 3.30 m	49	43	R$	6.943,21
VIGA DOKA H20P TOP 3.90 m	208	183	R$	34.932,87
VIGA DOKA H20P TOP 4.50 m	192	169	R$	37.230,70
VIGA DOKA H20P TOP 4.90 m	107	94	R$	22.545,90
VIGA DOKA H20P TOP 5.90 m	139	122	R$	35.236,04
		Total	R$	157.249,15

Conclui-se que, nesse caso, considerando a obra como um todo, o gasto total é o custo de Aluguel, R$ 50.086,45 mais a Indenização, R$ 157.249,15, resultando em um total de R$ 207.335,60. Esse valor é mais caro do que a compra do material em si, R$ 178.880,17, no inicio da obra. Portanto seria menos dispendioso, aproximadamente 14%, comprar o equipamento com antecedência.

Para calcular o ponto de equilíbrio entre custo de compra e locação para a situação da obra como um todo, como foi feito, é preciso descobrir o índice "q" entre a Quantidade de H20 condenadas pela empresa locatária $(Q_{indeniz})$ e a Quantidade de H20 necessária para realização da Obra (Q) para a obra como um todo.

Relembrando os dados, já citados, preço de compra das H20, por metro linear é de R$ 48,94. O aluguel das peças é 1,75% do valor de compra por mês e o tempo estimando que as Fases 2 e 4 terminem é por volta de 16 meses.

Portanto, tem-se que:

$$\boldsymbol{P_{aluguel}} = \mathbf{1,75\%}\ /\boldsymbol{m}\hat{\boldsymbol{e}}\boldsymbol{s} \times \boldsymbol{R}\$\ \mathbf{48,94} \times \mathbf{16}\ \boldsymbol{meses} = \boldsymbol{R}\$\ \mathbf{13,70}\ /\ \boldsymbol{mL}$$

Calculando pela equação 6, a relação entre o *Preço de compra das H20* ($\boldsymbol{P_{compra}}$), e o *Preço de aluguel das H20* ($\boldsymbol{P_{aluguel}}$), tem-se que:

$$\boldsymbol{p} = \frac{\boldsymbol{P_{compra}}}{\boldsymbol{P_{aluguel}}} = \frac{\mathbf{48,94}}{\mathbf{13,70}} = \mathbf{3,57}$$

A relação "$\boldsymbol{q}$" entre a *Quantidade de H20 condenadas* ($\boldsymbol{Q_{indeniz}}$) e a *Quantidade de H20 necessária para realização da Obra* ($\boldsymbol{Q}$), pela equação 5, é de:

$$\boldsymbol{q} = \frac{(\mathbf{3,57} - \mathbf{1})}{\mathbf{3,57}} = \mathbf{0,72} = \mathbf{72\%}$$

Conclui-se que quando os danos atingir 72% para construção das Fases 2 e 4, o custo de aluguel mais a indenização será igual ao custo de compra. Logo, para valores de perda menores do que este, é mais vantajoso alugar o material. Acima, é melhor comprar. Como o índice de condenação é de 88%, conforme estimado, seria melhor **comprar** o equipamento antes da obra.

4.4.5. Previsão da quantidade de H20 danificada

Após se estimar o ponto de equilíbrio "q" entre compra e aluguel das H20, é preciso fazer uma previsão de um valor que represente a quantidade de material que irá se danificar durante a obra. Após isso, pode-se fazer a comparação com o índice "q" e assim tomar a melhor decisão.

Cada laje de um prédio possui uma quantidade de metros quadrados de forma necessária para molda-la. Se for dividido a metragem linear de H20 danificada pelo total de metros quadrados de forma de cada fase, da obra estudada, é possível obter

uma taxa de danificação das H20 para cada metro quadrado de forma feito. Essa taxa de danificação será chamada de "t".

Como já foi mostrada pelas tabelas 6 e 7, a metragem linear de H20 condenada para cada método construtivo é de 1.275,50 para a mesa voadora e de 2.420,15 para o método convencional.

A tabela 21 mostra a metragem quadrada de forma dos blocos impares e blocos pares e o total que representa cada uma das fases.

Tabela 21 - Área de forma de cada pavimento de cada tipo de bloco

Pavimento	Bloco Impar (m²)	Bloco Par (m²)
Térreo	830,20	812,58
PUC	552,37	340,05
Teto do PUC	666,79	594,71
Tipo I (x12)	660,77	590,98
Tipo II (x2)	673,69	600,27
Piso da Cobertura	605,96	488,13
Teto da Cobertura	390,80	339,03
Total de cada Bloco	12322,74	10866,80
Total de cada Fase	23189,54	

Para a mesa voadora, a taxa de condenação "t" é de:

$$t_{mesa\ voadora} = \frac{1.275,50}{23.189,54} = 0,055\ mL\ de\ H20\ /\ m^2\ de\ fôrma\ feita$$

Já para o método convencional, a taxa de condenação é de:

$$t_{método\ convencional} = \frac{2.420,15}{23.189,54} = 0,104\ mL\ de\ H20\ /\ m^2\ de\ fôrma\ feita$$

Pode-se dizer que a obra **A** usada como estudo de caso, é uma obra padrão para o uso do método convencional. Sendo assim, o valor encontrado para a taxa de condenação do método convencional, pode ser usado por outras obras que fazem uso desse mesmo método. Porém, o mesmo não acontece para a mesa voadora.

O presente autor acredita que esta obra não tenha todas as características necessárias para a utilização da mesa. Graças a isso, o seu uso foi prejudicado não sendo possível obter todos os resultados que se esperava como alta produtividade. Por isso, em uma obra perfeita para o uso da mesa, o valor real para a taxa de condenação na utilização desse método deve ser mais baixo do que o valor encontrado.

Para estimar a porcentagem de H20 danificada em obra qualquer, basta calcular a quantidade de H20 danificada e depois dividir pela quantidade total de H20 utilizada na obra, em metro linear.

Acha-se a quantidade de H20 danificada, multiplicando a área acumulada de forma da obra por uma taxa "$\boldsymbol{t}$" correspondente, levando em conta o método utilizado nesse empreendimento.

$$\boldsymbol{Quantidade\ de\ H20\ danificada} = \boldsymbol{t}\ \times \boldsymbol{\text{Área de fôrma acumulada}} \qquad \textbf{(Eq. 10)}$$

Sendo "$\boldsymbol{t}$" igual a 0,055 para a mesa voadora e 0,104 para o método convencional.

Então, a previsão da porcentagem de H20 danificada, "$\boldsymbol{q_{estimado}}$" fica sendo:

$$\boldsymbol{q_{estimado}} = \frac{\boldsymbol{t} \times \boldsymbol{\text{Área de fôrma acumulada}}}{\boldsymbol{Total\ de\ H20\ utilizada}} \qquad \textbf{(Eq. 11)}$$

Feito essa estimativa, pode-se fazer a comparação com o índice "$\mathbf{q}$". Se o valor calculado para "$\boldsymbol{q_{estimado}}$" for **maior** que o "$\mathbf{q}$", então é mais lucrativo **comprar** as H20 antes do início da obra. Caso ele seja **menor**, é melhor **alugar** o material.

A seguir, será calculado o "$\boldsymbol{q_{estimado}}$" para a obra A, fase 2 e 4, usada como estudo de caso. O índice "$\boldsymbol{q}$"**,** calculado no item anterior, deu 72%.

Como já foi dito, foi usado nas fases 2 e 4 o método convencional de formas. Portanto, a taxa de condenação "$\boldsymbol{t}$" correspondente será de 0,104. Na tabela 21, foi calculada a área de forma para uma fase. Logo, para duas fases, a área de forma será duas vezes o valor encontrado na tabela gerando um total de 46.379,08 m². Na tabela 9, no item 4.2, pode-se obter o total de H20 utilizada para a fase 2. É preciso lembrar que a fase 4 só começará após o término da fase 2, pois o conjunto de equipamento utilizado

nessa fase será o mesmo utilizado na fase anterior. Portanto, o total de H20 utilizada será de 3.654,60 metros lineares.

$$q_{estimado} = \frac{\mathbf{0,104} \times \mathbf{46.379,08}}{\mathbf{3.654,60}} = \mathbf{1,32} = \mathbf{132}\%$$

O valor encontrado para "$q_{estimado}$" acima de 100% significa que existe mais lajes para ser feito do que a capacidade de aguentar avarias das H20. Ou seja, além de todas as vigas ficarem danificadas, algumas que já estavam com danos foram novamente avariado.

Para casos como esse, adota-se "$q_{estimado}$" como sendo 100%. Conforme já foi dito, pelas observações do presente autor, esse valor para a quantidade de H20 condenado é o mais provável para o final da obra.

Como o índice "q", calculado para a obra A, foi de 72% e o "$q_{estimado}$" é maior que 100%, pode-se dizer que seria melhor comprar as H20 antes do início da obra, pois todas as H20 teriam que ser indenizadas e só não valeria a pena comprar se somente 72% das avariados.

4.4.6. Conclusão entre Aluguel e Compra das H20 para a Obra

O estudo de caso da obra A mostra que a decisão de locar as vigas de madeira H20 para escoramento das lajes pode gerar grandes quantidades de aditivos por causa de danos não previstos no material. Sabendo que a substituição das H20 de madeira por outro equipamento está fora de cogitação devido as suas boas características técnicas como leveza e fácil utilização, a compra desse equipamento em especial pode ser uma solução para se evitar gastos excessivos não previstos no orçamento.

Entre os fatores que precisam ser analisados para a tomada de decisão entre compra ou aluguel está o **tempo de obra**, já que esse fator influencia diretamente no gasto com aluguel. Quanto maior a duração da obra, maior o custo com *locação* e por outro lado, o custo com a *compra* não muda, pois este último fator, não depende do tempo.

O **tamanho da obra** pode ser considerado um segundo fator a ser estudado. Quanto maior a obra, mais vezes um mesmo jogo de equipamento será usado, beneficiando a *compra* do equipamento, já que as vigas de madeira H20 são peças que, apesar de danificar fácil, mesmo com danos, podem ser muitas vezes reutilizadas. Em obras pequenas, com poucos prédios, não será possível fazer uso dessa reutilização em grande quantidade.

Mas o fator mais decisivo certamente é a escolha do **método construtivo**. Como foi mostrado, alguns sistemas de forma danificam as vigas H20 mais do que outros. É preciso fazer um estudo da obra em questão e estimar a porcentagem de danos das vigas de madeira, com base em obras semelhantes.

Obras que utilizam o método convencional danificam mais as H20 quando se comparado com mesa voadora, devido ao próprio método de desforma. Pode-se então, estimar a porcentagem de danos nas H20, "$\boldsymbol{q_{estimado}}$", utilizando a equação 11 mostrada no item 4.4.5.

Graças a essa estimativa, é possível comparar o valor encontrado com o índice "$\mathbf{q}$" calculado pela equação 9, no item 4.4.2 e então tomar a melhor decisão. Se o "$\boldsymbol{q_{estimado}}$" for maior que o "$\mathbf{q}$", então é melhor comprar o material. Caso contrário, é melhor alugar.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho dissertou sobre a importância dos sistemas de formas e como ela pode influenciar o cronograma e os custos de uma obra. Foram descritos os elementos constituintes do método convencional e avaliado as vantagens e desvantagens das mesas voadoras. Outros sistemas também foram apresentados como Skydeck e as Dropheads.

Nesse contexto, o presente estudo focou em um elemento específico usado tanto nas mesas voadoras como no método convencional, as vigas H20. Foram mostrados dados técnicos como dimensões, tipos de madeira usados para confecção entre outros e como o seu uso pode melhorar o desempenho e a produtividade de uma obra além de descrever o seu funcionamento para ambos os métodos de forma.

Sobre as H20, foram listadas as principais causas de avarias no material além dos critérios de condenação das peças, segundo uma das principais empresas de locação deste equipamento, e como isso pode influenciar negativamente o orçamento das obras.

O presente trabalho sugeriu possibilidades para se evitar os gastos com indenizações de H20, quando se loca esse material. As opções vão desde a compra desse equipamento e até uma gestão especializada do material passando por uma logística do próprio canteiro de obra. A utilização em um funcionário específico para acompanhar o uso desse material também pode ser viável e é um caso a ser estudado pelas construtoras. Além disso, foram acenadas opções para a forma de contratação desse material especifico através de contratos e exigências que devem ser feitas pelas construtoras.

Também se alertou as construtoras para um estudo mais aprofundado sobre a possibilidade de leasing das H20s. Esse é um assunto que pode ser mais explorado tanto pelas empresas que contratam sistemas de formas, quanto para novos temas de monografias.

O estudo de caso apresentado aprofundou o conhecimento sobre o comportamento das H20 em dois métodos executivos diferentes, o método convencional e a mesa voadora. Após a análise dos dados, foi possível reparar que a quantidade de danos nas vigas de madeira produzida pelos sistemas de formas é diferente quando se utiliza métodos diferentes, mesmo em edificações iguais. Ainda nesse contexto, descobriu-se

que a mesa voadora danifica menos as H20 do que o método convencional, graças ao sistema de desforma de cada uma.

O estudo alerta para as falhas de contratação do sistema de forma, comum em diversas obras quando se opta pela locação do material, como a falta de previsão de um orçamento para indenização de materiais e equipamentos alugados. A utilização de mesmos valores de contrato tanto para mesas voadoras quanto para o sistema convencional é outra falha comum, que deve ser evitado.

Foi analisada a viabilidade de compra das H20 antes do início da obra de modo a evitar o gasto com locação de equipamento, já em que em certas situações, a quantidade de material condenado chega a 100% do equipamento. Para isso, o presente autor propõe uma equação em que se calcula o ponto de equilíbrio entre compra e aluguel, onde acima de valor encontrado é melhor a compra e abaixo é melhor o aluguel.

O presente autor também propõe uma equação junto com índices que visam estimar a quantidade de H20 danificada para o método convencional e para a mesa voadora, fazendo com que seja possível a comparação com o ponto de equilíbrio entre aluguel e compra.

Por fim, recomenda-se que as grandes construtoras prestem mais atenção nos gastos com os equipamentos de formas em geral. Busquem a utilização de métodos de escoramento de lajes mais sofisticados que o método convencional, pois já há boas alternativas no mercado. Aconselha-se também, que as escolas técnicas e empresas de projetos de armação evitem o uso de vigas nos seus trabalhos para estimular a utilização de novos métodos de forma, como a própria mesa voadora, que cada vez mais aceleram as obras e diminuem os custos.

6. BIBLIOGRAFIA

1. *Projetista de fôrma.* **Téchne.** 149, São Paulo : PINI, 2009.

2. **Assahi, Paulo Nobuyoshi.** Sistema de Fôrma para Estruturas de Concreto. *Boletim Técnico.* São Paulo : s.n.

3. **Araújo, Luis Otávio Cocito de.** Tecnologia e Gestão de Sistemas Construtivos de Edifícios. *Apostila da Disciplina de Tecnologia de Produção de Edificações em Concreto Armado.* São Carlos : Universidade Federal de São Carlos, 2004.

4. **Maranhão, George Magalhães.** Formas para Concreto: Subsídios para a Otimização do Projeto Segundo a NBR7190/97. *Dissertação de Mestrado.* São Carlos : Universidade de São Paulo, 2000.

5. **RJZ Cyrela.** *Procedimento executivo de montagem e desmontagem de formas.* Rio de Janeiro : s.n., 2009.

6. **Araújo, Luis Otávio Cocito de.** Execução de Estruturas de Concreto Armado. *Apostila de Apoio as Aulas de Construção Civil I.* Rio de Janeiro : s.n., 2008.

7. **Shinyashiki, Robert.** Seminário Racionalização de Estruturas de Concreto Moldadas no Local com Engenharia de Fôrmas e Escoramentos. *Seimnário.* s.l. : Associação Brasileira das Empresas de Sistemas de Fôrmas e Escoramentos.

8. **Peri.** Skydeck - Forma e escoramento modular para laje. *Peri.* [Online] [Citado em: 19 de Julho de 2013.] http://www.peri.de/br/pt/produtos.cfm/fuseaction/showproduct/product_ID/44/app_id/4.cfm.

9. **Mills.** Formas para escoramento - Mills Deck Light. *Mills.* [Online] [Citado em: 19 de Julho de 2013.] http://www.mills.com.br/node/210.

10. —. Sistemas de escoramento - Alumills. *Mills.* [Online] [Citado em: 18 de Maio de 2013.] http://www.mills.com.br/produtos-e-servicos/construcao/escoramentos/alumills.

11. **Brasviga.** Detalhes técnicos - vigas H20. *Brasvigas.* [Online] [Citado em: 30 de Maio de 2013.] http://www.brasviga.com.br/vigash20_detalhes_tecnicos/0/0/DETALHES+TECNICOS+VIGAS+H20.html.

12. **Doka.** Manual de Recebimento de Equipamento. *Doka.* [Online] [Citado em: 18 de Maio de 2013.] http://www.doka.com.

13. **CG Sistemas.** Vigas de Escoramento H20. [Online] [Citado em: 01 de Julho de 2013.] http://www.cgsistemas.ind.br/downloads/h20.pdf.

14. **Mills.** Sistemas de Escoramento - Vigas Metálicas - Viga Aluma 140. [Online] [Citado em: 01 de Julho de 2013.] http://www.mills.com.br/node/221.

15. *Devolução sem punição.* **Glogowsky, André.** 161, São Paulo : PINI, Agosto de 2010.

16. **Possenti, Claudio.** Seminário gestão e controle de equipamento. *ABRASFE - Associação Brasileira das Empresas de Fôrmas e Escoramento.* [Online] [Citado em: 25 de Julho de 2013.] http://www.abrasfe.org.br/arquivos.aspx.

17. *Devolução sem punição.* **Téchne.** 161, São Paulo : PINI, 2010.

18. **Grupo Tensor.** Contrato de locação de bens e móveis. *Site do Grupo Tensor.* [Online] [Citado em: 21 de Julho de 2013.] http://www.grupotensor.com/equipamentos/elevadores/download.asp.

19. **Global Capital.** Leasing - Arrensamento Mercantil. *Site da Global Capital.* [Online] [Citado em: 20 de Agosto de 2013.] http://globalcn.com.br/BR/leasing2.php.

20. **Estabilidade Financeira.** Leasing x Financiamento, quais as diferenças? *Site Estabilidade Financeira.* [Online] [Citado em: 9 de Agosto de 2013.] http://estabilidadefinanceira.wordpress.com/2009/09/09/diferenca-entre-leasing-e-financiamento/.

21. *Devolução sem punição.* **Aquino, Hebert.** 161, São Paulo : PINI, 2010.