

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA



LEONARDO AUGUSTO ZUCHI

**SUGESTÕES DE MELHORIAS NO PROCESSO DE
EXECUÇÃO DA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO**

Florianópolis,
2015.

LEONARDO AUGUSTO ZUCHI

**SUGESTÕES DE MELHORIAS NO PROCESSO DE
EXECUÇÃO DA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil, da Universidade
Federal de Santa Catarina, como
parte dos requisitos para obtenção
do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Antônio Edésio Jungles, Dr.
Coorientadora: Rúbia Bernadete Pereira dos Santos, Msc.

Florianópolis,
2015.

LEONARDO AUGUSTO ZUCHI

**SUGESTÕES DE MELHORIAS NO PROCESSO DE
EXECUÇÃO DA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de “Engenheiro Civil”, e aprovado em sua forma final pelo Programa de Graduação em Engenharia Civil.

Florianópolis, 03 de dezembro de 2015.

Banca Examinadora:



Prof. Dr. Antônio Edésio Jungles
Universidade Federal de Santa Catarina
Orientador

Prof. Dr. Norberto Hochheim
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Msc. Jamil José Salim Neto
Universidade Federal de Santa Catarina

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

Zuchi, Leonardo Augusto
Sugestões de Melhorias no Processo de Execução da
Estrutura de Concreto Armado / Leonardo Augusto Zuchi ;
orientador, Antônio Edésio Jungles ; coorientadora, Rúbia
Bernadete Pereira dos Santos. - Florianópolis, SC, 2015.
104 p.

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

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Filosofia Lean Construction. 3.
Descrição do Processo de Execução da Estrutura de Concreto
Armado. 4. Cálculo de Produtividade Utilizando a Razão
Unitária de Produção. I. Jungles, Antônio Edésio . II. dos
Santos, Rúbia Bernadete Pereira. III. Universidade Federal
de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Civil. IV. Título.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Célio Alcione Zuchi e Letícia Spindler Zuchi que nunca mediram esforços para me apoiar em todos os momentos de dificuldade e que garantiram a mim uma educação ética e humana. Sem vocês nada disso seria possível.

À minha namorada, Julie Cypriani Santos que sempre esteve ao meu lado nos momentos de dúvidas e incertezas durante a realização deste trabalho, dando-me forças para encontrar as soluções dos problemas. Muito obrigado pelo carinho e compreensão.

Aos meus amigos, Rodolfo Martins Moura Silva, Suede Steil Kuhn e Nik Angelo Imhof, futuros colegas de profissão que sempre estiveram solícitos para me auxiliar durante a graduação e no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Edésio e à Rúbia por disponibilizarem seu tempo para orientar a execução desta pesquisa. Espero que este trabalho atinja as suas expectativas.

RESUMO

Para promover o desenvolvimento do mercado da construção civil brasileira, são necessárias melhorias nos processos de produção adotados atualmente, devido ao excesso de desperdício de mão de obra ainda existentes. Considerando que o modelo tradicional de produção na construção civil apresenta diversas limitações por não considerar atividades de fluxo no processo, surge uma nova filosofia de gestão de obras baseada na produção enxuta, que visa a eliminar todas as atividades que não agregam valor ao produto. Este novo modelo, conhecido como *Lean Construction*, apresenta ferramentas que facilitam a localização e a eliminação de perdas existentes na construção. Tendo em vista o grande potencial para resolver os problemas de desperdícios existentes na construção civil, é extremamente válida a realização de estudos que testem a aplicação deste modelo em obras brasileiras. Este trabalho tem como principal objetivo sugerir mudanças no processo de execução da estrutura de concreto armado de um edifício, que resultem no aumento da sua produtividade. Para ser possível propor melhorias fundamentadas no modelo da construção enxuta foi elaborada uma descrição do processo produtivo em questão. Além de ser feita a caracterização do canteiro de obras, foram descritos os subprocessos integrantes da execução da estrutura e foram calculadas as produtividades para cada um deles em cinco pavimentos tipo. Através da utilização da Razão Unitária de Produção como indicador de produtividade, foram obtidos resultados que demonstraram possíveis fatores que diminuiriam a eficiência do processo durante os ciclos analisados. Após serem obtidas diversas informações que caracterizaram a execução da estrutura, foi possível propor diversas melhorias fundamentadas em princípios do *Lean Construction* que reduzirão a quantidade de deslocamentos, tempos de espera e outras operações que não agregam valor ao produto.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Modelo de Conversão	17
Figura 2 - Produção Enxuta	19
Figura 3 - Razões Unitárias de Produção.	25
Figura 4- Empreendimento	31
Figura 5 - Canteiro - 1º pavimento.	32
Figura 6 - Canteiro - 2º pavimento	32
Figura 7 - Central de Armação	34
Figura 8 - Central de carpintaria.....	35
Figura 9 - Vista Canteiro de Obras	37
Figura 10 - Fluxograma Passagem do Eixo de Referência e Localção dos Pilares	40
Figura 11 - Localção dos Pilares	40
Figura 12 - Fluxo de recursos durante o processo de Corte e Dobra das armaduras	42
Figura 13 - Fluxograma Processo de Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras dos Pilares	43
Figura 14 - Detalhes Formas dos Pilares	44
Figura 15 - Montagem das Formas dos Pilares	45
Figura 16 - Fluxograma Montagem dos Painéis dos Pilares	46
Figura 17 - Fluxograma Montagem das Formas das Vigas	47
Figura 18 - Colocação das Longarinas.	48
Figura 19 - Fluxograma Colocação das Longarinas.	48
Figura 20 - Colocação do Assoalho da Laje	49
Figura 21 - Fluxograma Colocação do Assoalho	50
Figura 22 - Fluxograma Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras das Vigas	52
Figura 23 - Amarração das Vigas	53
Figura 24 - Fluxograma Amarração das Vigas.....	53
Figura 25 - Fluxograma Desforma e Montagem das Formas da Escada	54
Figura 26 - Montagem das Armaduras Positivas da Laje	56
Figura 27 - Montagem das Armaduras Negativas	57
Figura 28 - Fluxograma Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras da Laje	57
Figura 29- Eletrodutos Embutidos na Laje	58
Figura 30 - Fluxograma Colocação dos Eletrodutos Embutidos na Laje.....	59
Figura 31 - Montagem das Formas dos Rebaixos	60
Figura 32 – Fluxograma Montagem das Formas dos Rebaixos..	60

Figura 33 - Ajustes Finais Antes da Concretagem	61
Figura 34 - Fluxograma Concretagem	63
Figura 35 - Concretagem	63
Figura 36- Fluxograma Desforma dos Pilares	65
Figura 37 - Fluxograma Desforma das Vigas.....	66
Figura 38 - Fluxograma Desforma da Laje.....	67
Figura 39 - Projeto de Longarinas	76
Figura 40 - Condutor de Entulhos	90
Figura 41 - Bandeja Secundária.....	92
Figura 42 – Diluição Inadequada do Desmoldante.....	94
Figura 43 - Projeto Assoalho da Laje	95
Figura 44 - Estribos Inteligentes.....	97
Figura 45 - Sugestão Layout Canteiro Térreo	98
Figura 46 - Barras de Aço Estocadas.....	99
Figura 47 - Projeto Estrutural Degradado.....	100
Tabela 1 - Coleta de Dados.....	27
Tabela 2 - Tabela de Produtividade.....	28
Tabela 3 – Quadro de Áreas do Edifício.	30
Tabela 4 - Transferência do Eixo de Referência e Locação dos Pilares.....	68
Tabela 5- Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras dos Pilares	70
Tabela 6 - Montagem das Formas dos Pilares	71
Tabela 7 - Montagem das Formas das Vigas.....	73
Tabela 8 - Colocação das Longarinas.....	74
Tabela 9 - Colocação do Assoalho da Laje	76
Tabela 10 - Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras das Vigas	78
Tabela 11 - Amarração dos Painéis das Vigas com Arames	79
Tabela 12 - Desforma e Montagem das Formas da Escada.....	81
Tabela 13 - Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras da Laje.....	82
Tabela 14 - Colocação dos Eletrodutos Embutidos na Laje	83
Tabela 15 - Montagem das Formas dos Rebaixos	85
Tabela 16 - Ajustes Finais das Formas Antes da Concretagem..	86
Tabela 17 – Desforma	87

SUMÁRIO

1.	Introdução	13
1.1.	Motivação	13
1.2.	Justificativa	13
1.3.	Objetivos	15
1.3.1.	Objetivo Geral.....	15
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	15
2.	Fundamentação Teórica	16
2.1.	Lean Production	16
2.2.	Modelos de Produção na Construção Civil	17
2.2.1.	Modelo Tradicional.....	17
2.2.2.	Modelo Lean Construction.....	19
2.3.	Medição de Produtividade Com o Uso da Razão Unitária de Produção.....	24
3.	Método do Trabalho.....	27
3.1.	Coleta e Organização dos Dados.....	27
3.2.	Descrição do Processo	27
3.3.	Cálculo de Produtividade	28
3.4.	Sugestão de Melhorias	29
3.5.	Limatações da Pesquisa	29
4.	Descrição do Produto	30
4.1.	Descrição da Edificação.....	30
4.2.	Descrição do Canteiro de Obras.....	31
4.2.1.	Acesso e Fluxo de Caminhões e Carretas.....	33
4.2.2.	Transporte Vertical de Materiais e Pessoas.....	33
4.2.3.	Transporte Horizontal de Materiais	34
4.2.4.	Central de Armação	34
4.2.5.	Central de Carpintaria	35

4.2.6.	Depósito de Materiais e Ferramentas	35
4.2.7.	Escritório.....	37
4.2.8.	Áreas de Vivência	37
4.2.9.	Resíduos da Construção	38
5.	Descrição do Processo.....	39
5.1.	Transferência do Eixo de Referência e Locação dos Pilares	39
5.2.	Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras dos Pilares	41
5.3.	Montagem das Formas dos Pilares.....	43
5.4.	Montagem das Formas das Vigas	46
5.5.	Colocação das Longarinas.....	47
5.6.	Colocação do Assoalho da Laje	49
5.7.	Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras das Vigas	50
5.8.	Amarração das Vigas com Arames	52
5.9.	Desforma e Montagem das Formas da Escada.....	54
5.10.	Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras da Laje	55
5.11.	Colocação dos Eletrodutos Embutidos na Laje	58
5.12.	Montagem das Formas dos Rebaixos.....	59
5.13.	Ajustes Finais nas Formas Antes da Concretagem ..	60
5.14.	Concretagem	61
5.15.	Desformas	64
5.15.1.	Desforma dos Pilares	64
5.15.2.	Desforma das Vigas	65
5.15.3.	Desforma da Laje.....	66
6.	Cálculo de Produtividade	68
6.1.	Transferência do Eixo de Referência e Locação dos Pilares	68

6.2.	Corte, Dobra Transporte e Montagem das Armaduras dos Pilares	70
6.3.	Montagem das Formas dos Pilares.....	71
6.4.	Montagem das Formas das Vigas	73
6.5.	Colocação das Longarinas.....	74
6.6.	Colocação do Assoalho da Laje	76
6.7.	Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras das Vigas	78
6.8.	Amarração dos Painéis das Vigas com Arames	79
6.9.	Desforma e Montagem das Formas da Escada.....	81
6.10.	Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras da Laje	82
6.11.	Colocação dos Eletrodutos Embutidos na Laje	83
6.12.	Montagem das Formas dos Rebaixos.....	85
6.13.	Ajustes Finais nas Formas Antes da Concretagem ..	86
6.14.	Concretagem	87
6.15.	Desforma.....	87
7.	Sugestão de Melhorias	89
7.1.	Atividades em Geral.....	89
7.1.1.	Apresentar Indicadores de Desempenho aos Operários	89
7.1.2.	Utilizar Equipamentos de Comunicação Móvel.....	89
7.1.3.	Adotar Condutores de Entulho para Transporte de Resíduos	89
7.1.4.	Realizar a Compatibilização de Projetos.....	90
7.1.5.	Promover a Motivação dos Funcionários.....	91
7.2.	Atividades de Carpintaria.....	91
7.2.1.	Redimensionar a Equipe de Locação dos Pilares.....	91
7.2.2.	Mudar o Processo de Instalação da Bandeja Secundária	92
7.2.3.	Utilizar as Mesmas Equipes em Todos os Ciclos	93

7.2.4.	Controlar a Diluição do Desmoldante.....	93
7.2.5.	Realizar a Desforma de Maneira Adequada.....	94
7.2.6.	Marcar as Longarinas com as suas Medidas	94
7.2.7.	Utilizar Dois Projetos para Facilitar o Transporte das Madeiras do Assoalho.....	95
7.3.	Atividades de Armação.....	96
7.3.1.	Comprar Barras de Aço Cortadas e Dobradas	96
7.3.2.	Utilizar Estribos Inteligentes.....	96
7.3.3.	Mudar o Local de Depósito das Barras de Aço.....	97
7.3.4.	Reduzir a Quantidade de Barras de Aço Estocadas .	98
7.3.5.	Conferir as Armaduras Antes de Transportá-las para o Local de Montagem Definitiva	99
7.3.6.	Utilizar Sistemas Mais Efetivos para o Transporte das Armaduras	99
7.3.7.	Fornecer um Número Maior de Projetos de Armaduras para os Armadores.....	100
8.	Considerações Finais.....	101
8.1.	Conclusões.....	101
8.2.	Recomendações para Trabalhos Futuros.....	101
9.	Referências Bibliográficas	103

1. INTRODUÇÃO

1.1. MOTIVAÇÃO

Analisando o cenário atual da economia brasileira, onde as indústrias estão objetivando ao máximo a redução de seus custos, devido à crise financeira nacional, a indústria da construção civil necessita eliminar o excesso de desperdício de recursos existentes na execução de seus processos produtivos.

Os desperdícios ou perdas existentes em uma obra podem ser de recursos materiais ou humanos, entretanto, muitas vezes as construtoras brasileiras direcionam todos os seus esforços para reduzir a quantidade de perda de recursos materiais e negligenciam a quantidade de mão de obra que é desperdiçada. A falta de conhecimento de engenheiros civis para detectar e eliminar atividades desnecessárias para o processo produtivo geram produtos com custos elevados.

Para garantir a sobrevivência no mercado, as empresas do ramo da construção civil necessitam alterar o seu modelo de análise do processo produtivo, buscando sempre detectar e eliminar as atividades que não agregam valor ao produto.

O modelo tradicional de gestão de recursos na construção se baseia no princípio de considerar a produção apenas como um processo de conversão de matéria-prima em produto, portanto não leva em consideração atividades como esperas e deslocamentos (FORMOSO 2002). Todavia, o tempo utilizado pelos operários para executar essas operações de fluxo é muito representativo para o custo final das obras.

Haja vista as limitações presentes no modelo tradicional de produção na construção civil, surge o *Lean Construction*, modelo de produção derivado da produção enxuta, que analisa a construção de uma maneira global, buscando interferências de uma atividade sobre as outras e objetivando sempre a redução das perdas. (KOSKELA, 1992 apud TONIN, 2012).

1.2. JUSTIFICATIVA

Levando em conta a grande quantidade de desperdícios de mão de obra existentes na indústria da construção civil brasileira, é de grande utilidade a realização de análises em canteiros de obra sob a visão da filosofia *Lean Construction*, buscando detectar possíveis fatores que estão diminuindo a produtividade.

O desenvolvimento e a divulgação de pesquisas sobre a redução de perdas na indústria da construção civil farão com que as empresas atualizem o seu modelo de produção, e conseqüentemente trarão benefícios para sociedade em geral, que terá obras de custo reduzido e com maior eficiência.

Considerando a ideia apresentada, este trabalho ambiciona fornecer propostas de melhorias no sistema produtivo de uma empresa do ramo de construção de edifícios residenciais, através da eliminação de atividades que não agregam valor ao produto. Espera-se, além de auxiliar a construtora a reduzir as perdas existentes nas suas construções, difundir a ideia da utilização do modelo de construção enxuta para o gerenciamento de obras no Brasil.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GERAL

Sugerir melhorias no processo de execução da estrutura de concreto armado.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para que se possa alcançar o objetivo geral estabelecido para o estudo, propõem-se os seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar as operações que fazem parte do processo de execução da estrutura de concreto armado de um pavimento tipo;
- Identificar ações falhas nas operações do processo de execução da estrutura de concreto armado de um pavimento tipo;
- Avaliar a produtividade dos subprocessos que compõem o processo de execução da estrutura de concreto armado dos pavimentos tipo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para serem sugeridas melhorias efetivas para a construtora aplicar no seu processo construtivo, é necessário possuir o conhecimento de ferramentas que facilitem a análise de sua produção e filosofias que definam princípios que aprimorem seu desenvolvimento.

Neste capítulo serão apresentadas as filosofias de produção e qual as suas diferenças quando comparadas com o modelo tradicional de produção na construção civil. Além disso, será apresentada a ferramenta utilizada no Capítulo 6 para o cálculo de produtividade.

2.1. LEAN PRODUCTION

Lean Production é a filosofia de produção originada no Japão na década de 50, a partir do sistema Toyota de produção. O nome *Lean Production* pode ser traduzido para o português como Produção Enxuta. Esse nome foi adotado por pesquisadores, pois refletia a redução de desperdício do sistema Toyota de produção quando comparado com o sistema de produção em massa. (WOMACK, 1991).

Essa filosofia é caracterizada por reduzir os estoques finais e intermediários e garantir agilidade nas atividades de transporte e entrega. (SHINGO, 1996 apud TONIN, 2012). O sistema tem como objetivo reduzir os custos adicionais causados por tarefas que não agregam valor.

O *Lean Production* possui cinco diretrizes que facilitam o seu entendimento, são elas:

- i. **Valor:** Essa diretriz serve como base para todas as demais diretrizes do *Lean Production*, pois define qual o valor do produto o cliente estará disposto a pagar, tendo em vista as características ou serviços associados ao produto (KUREK, 2006 apud TONIN, 2012);
- ii. **Cadeia de Valor:** Identificação e eliminação das atividades que não agregam valor ao produto, como estoques, retrabalhos ou movimentações desnecessárias. Para a formação da cadeia de valor se analisa o processo desde o recebimento da matéria prima até a entrega ao cliente (KUREK, 2006, apud TONIN, 2012);
- iii. **Fluxo:** Garantir que exista uma linha de fluxo contínua no processo produtivo. Deve-se evitar que o produto fique parado em estoques ou que seja transportado desnecessariamente. O

tempo de produção sempre deve ser o mínimo possível (KUREK 2006, apud TONIN 2012);

- iv. **Puxar:** Fazer com que a etapa seguinte do processo puxe a sua antecessora, ou seja, deve-se produzir na quantidade certa somente para atender à demanda (KUREK 2006, apud TONIN, 2012);
- v. **Perfeição:** Garantir sempre a melhoria contínua. Utilizar ferramentas de qualidade para sempre buscar corrigir os problemas do processo produtivo e elevá-lo a máxima eficiência (KUREK, 2006, apud TONIN 2012).

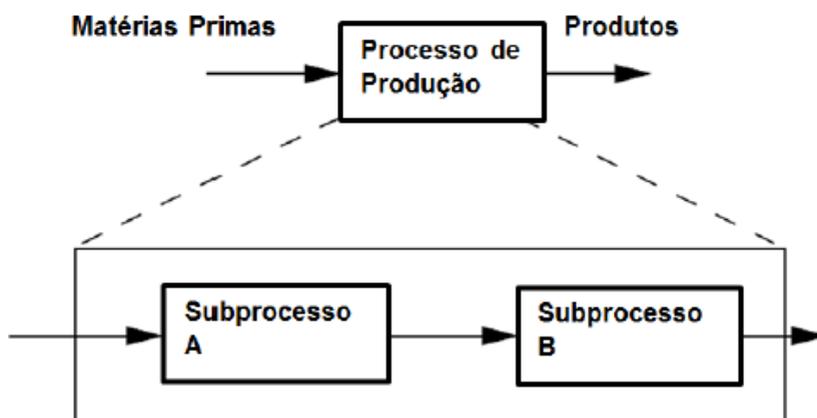
2.2. MODELOS DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.2.1. MODELO TRADICIONAL

O Modelo Tradicional, também conhecido como Modelo de Conversão, define o processo de execução de uma construção como um conjunto de atividades que converte matéria-prima em produto. (ISATTO, 2000).

Além do produto final, que é a obra concluída, são gerados produtos intermediários, como a alvenaria, estrutura e cobertura. Ou seja, existem subprocessos de conversão que geram subprodutos durante o decorrer do processo produtivo, como ilustra a **Figura 1**.

Figura 1 - Modelo de Conversão



Fonte: Koskela (1992, p.13).

De acordo Isatto (2000, p.6) as principais características do Modelo de Conversão são:

- O processo de conversão pode ser dividido em subprocessos, que também são processos de conversão. Por exemplo, a execução de uma estrutura pode ser subdividida em execução de formas, corte, dobra e montagem de armaduras e lançamento do concreto;
- O esforço de minimização do custo total de um processo em geral é focado no esforço de minimização do custo de cada processo separadamente;
- O valor do produto (output) de um subprocesso é associado somente ao custo (ou valor) dos seus insumos.

Analisando as características do Modelo Tradicional percebe-se que não é considerada a interferência de um subprocesso sobre o outro, fazendo com que atividades que não agregam valor sejam negligenciadas no momento do planejamento do processo. Estima-se a maior parte do tempo gasto por operários em canteiros de obra estão em atividades que não agregam valor ao produto (FORMOSO, 2000). Também nota-se a dificuldade de garantir uma linha de fluxo contínua no sistema de produção, já que os subprocessos são estudados separadamente.

Seguindo a ideologia do Modelo Tradicional, o custo do processo pode ser reduzido apenas modificando os insumos, entretanto muitas vezes essa mudança pode trazer resultados insignificantes quando comparados com a eliminação de transportes e depósitos de material ou tempo de espera de alguma equipe (ISATTO, 2000).

Outro problema do Modelo de Conversão é a desconsideração dos requisitos dos clientes finais e internos. Essa deficiência pode ser exemplificada por Isatto (2000, p.8):

(...) pode-se produzir um edifício de apartamentos com grande eficiência, mas que não tem valor de mercado por não atender aos requisitos de potenciais compradores (clientes finais). Da mesma forma, uma equipe de estrutura pode executar o desempenho perfeito da superfície de concreto das lajes, o que, ao invés de facilitar o trabalho das equipes subsequentes (clientes internos), vai dificultá-lo, pois existe a necessidade de aderência entre as lajes e a

argamassa de assentamento do piso a ser colocado.

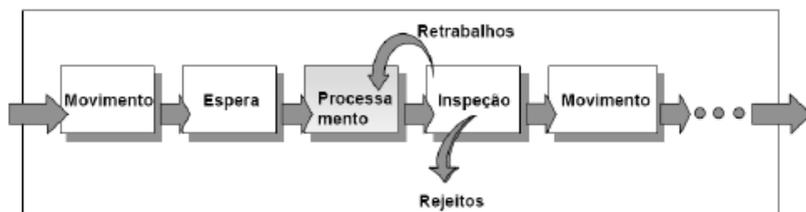
Levando em conta as deficiências existentes nesse modelo foram desenvolvidas pesquisas para adaptar as filosofias de produção já consolidadas em outras indústrias para a construção civil. A partir disso, surge o *Lean Construction* que traz uma visão mais ampla do processo, considerando, além das atividades de conversão, as atividades de fluxo (HONDA, 2011).

2.2.2. MODELO LEAN CONSTRUCTION

Em 1992 Koskela apresenta um documento chamado *Application of the New Production Philosophy to Construction* onde apresenta uma nova abordagem sobre o gerenciamento de construções, incorporando os princípios da produção enxuta no ambiente da construção civil. No ano seguinte à publicação de Koskela foi organizada a primeira reunião sobre o tema, organizada por Greg Howell e Herman Glenn Ballarde a partir disso iniciou a disseminação desse novo modelo de produção da construção civil, também chamado de *Lean Construction* (HONDA, 2011).

O modelo *Lean Construction*, diferentemente do modelo tradicional considera além das atividades de conversão, as atividades que não agregam valor ao produto. O processo de produção é tratado como um fluxo onde o material é processado (conversão), inspecionado, parado e transportado (SHINGO, 1996 apud TONIN, 2012). A **Figura 2** representa graficamente o que foi explicado.

Figura 2 - Produção Enxuta



Fonte: Koskela (1992, p.15).

Outra característica da filosofia, que visa a sanar os problemas no modelo tradicional, é buscar o atendimento aos requisitos dos clientes finais e internos. Tal fator é determinante para identificar e eliminar as atividades que não agregam valor ao produto.

Para auxiliar a aplicação do *Lean Construction*, Koskela (1992) enumerou onze princípios que têm como meta garantir a gestão integrada de processos no canteiro de obras. Cada princípio será citado e analisado separadamente.

i. Redução da Parcela de Atividades que Não Agregam Valor;

O primeiro princípio apresenta a ideia fundamental de todo modelo de produção enxuta, que é a redução das atividades que não agregam valor ao produto.

Segundo experiências, apenas de 3 a 20% das atividades desenvolvidas na indústria da construção civil agregam valor, portanto na maioria das obras existe um grande caminho a percorrer para eliminar a maioria das atividades desnecessárias (KOSKELA, 1992 apud HONDA, 2011)

Sabe-se da existência de atividades que não agregam valor ao produto que são essenciais, como instalação de dispositivos de segurança e treinamento de mão de obra (ISATTO, 2010). Por outro lado, a eliminação de momentos de espera ou deslocamentos desnecessários é imprescindível para diminuir o tempo improdutivo dos operários.

ii. Aumentar o Valor do Produto Através da Consideração das Necessidades dos Clientes;

Tendo estabelecida qual a necessidade dos clientes internos e externos, o processo produtivo deve sempre procurar gerar valor ao produto. Vale lembrar que os clientes internos são os operários da empresa e os clientes externos são os compradores do produto final (imóvel) (TONIN, 2012).

iii. Reduzir a Variabilidade;

Esse princípio é de grande importância, pois a diminuição da variabilidade na produção reduz as atividades que não agregam valor e acelera o ciclo. No canteiro de obras diversas atividades desnecessárias são executadas devido à variabilidade da produção, Isatto (2000, p.14) descreve algumas:

- Interrupção de fluxos de trabalho, causada pela interferência entre equipes. Isso ocorre, quando uma equipe fica parada ou precisa ser deslocada para outra frente de trabalho, em função de atrasos da equipe antecedente. Por exemplo, a equipe de alvenaria foi deslocada para a

execução do chapisco em outra frente de trabalho, pois houve atraso na execução da estrutura.

- Não aceitação de produtos fora de especificação pelo cliente, resultando em retrabalhos ou rejeitos.

Objetivando a redução da variabilidade existente no processo de produção, é importante a implantação de um sistema de gestão de qualidade que controle o processo e o mantenha padronizado. Para se garantir a padronização do processo, os trabalhadores devem ser treinados para que o sequenciamento das tarefas e a disponibilização dos recursos sigam o padrão definido pela empresa. (TONIN, 2012).

iv. Reduzir o Tempo de Ciclo

O tempo de ciclo é definido como o tempo levado para a produção de um produto, nele é contabilizado os tempos de movimentação, esperas, processamento e inspeção.

Alteração do tempo de ciclo pode ser realizada a partir de mudanças tanto na etapa de processamento como nas etapas de fluxo do produto. Além das eliminações de atividades que não agregam valor ao produto, pode-se destacar a redução do lote como fator que reduz o tempo de ciclo. Isatto (2000, p.17) citou algumas ações que aceleram o ciclo em processos produtivos:

- Eliminação de atividades de fluxo que fazem parte do ciclo de produção;
- Concentração do esforço de produção em um menor número de unidades (lotes menores), através do planejamento e controle da produção;
- Mudanças nas relações de precedência entre atividades, eliminando interdependências entre as mesmas de forma que possam ser executadas em paralelo.

Com lotes menores é possível corrigir os problemas existentes nos produtos iniciais, que serão evitados nas próximas unidades, conseqüentemente, evitando desperdícios (TONIN, 2012).

v. Simplificar Através da Redução do Número de Passos ou Partes

O quinto princípio se baseia no fato que quanto maior o número de passos ou partes existentes em um processo produtivo, maior é o tempo gasto com atividades como inspeção e movimentação (BERNARDES, 2010 apud TONIN 2012).

O número de passos pode ser reduzido ao se comprar elementos pré-fabricados ao invés de produzi-los na obra ou utilizar equipes especializadas em diversas tarefas. Também é possível eliminar partes do processo produtivo ao se executar diferentes tarefas em paralelo, resultando em menos interrupções.

vi. Aumentar a Flexibilidade na Execução do Produto

A flexibilidade na execução do produto descrita por Koskela (1992) se refere à facilidade com que a produção consegue se adaptar para atender as exigências dos clientes. Apesar de aparentar que a flexibilidade do processo produtivo venha a retardar a produção, por não seguir a tendência de simplificação, atualmente muitas empresas se beneficiam por utilizar esse princípio (BERNARDES, 2010 apud TONIN, 2012).

É possível garantir a flexibilidade do processo produtivo através dos seguintes conceitos (ISATTO, 2000):

- **Redução do tamanho dos lotes:** quanto menor o tamanho dos lotes mais fácil será a execução de alterações segundo a requisição do cliente;
- **Uso de mão de obra polivalente:** trabalhadores que podem executar atividades flexíveis aos clientes;
- **Customização do produto:** garantir que mesmo próximo a entrega do produto seja possível fazer alterações;
- **Utilização de processos construtivos que permitam a flexibilidade:** optar por processos que permitam mudanças até mesmo após a entrega do produto, como o fechamento em gesso acartonado.

vii. Aumentar a Transparência do Processo

A transparência do processo produtivo é a facilidade de localizar os problemas e conseqüentemente poder corrigi-los. Muitas vezes, atividades que não agregam valor são imperceptíveis ao se analisar o ciclo de produção, por isso deve-se manter o canteiro de obras com o máximo de transparência para detectar os erros e eliminá-los.

Alguns fatores que podem aumentar a transparência do processo são (ISATTO, 2000):

- **Remoção de obstáculos visuais:** divisórias desnecessárias e poluição visual em tapumes;

- **Utilização de dispositivos visuais:** cartazes, placas, sinalização e demarcação de locais;
- **Emprego de indicadores de desempenho:** realizar medições de desempenho e apresenta-las aos operários junto às metas;
- **Implantação do programa 5S:** programa que tem como foco a organização e a limpeza no canteiro de obras.

viii. Focar no Controle do Processo Global

Diferentemente da forma de controle do modelo convencional, no modelo *lean* deve-se focar no controle no processo produtivo como um todo, ao invés de analisar os subprocessos separadamente.

Como o produto da construção civil tem um processamento longo e é formado por inúmeras atividades, muitas vezes é difícil o entendimento do processo de maneira global. Todavia, caso todas as atividades da obra sejam controladas como um todo, os desperdícios são facilmente encontrados.

Para se conseguir focar no controle do processo global é necessária a integração dos diferentes níveis de planejamento buscando discutir sobre os problemas localizados em curto prazo que podem repercutir futuramente (BERNARDES, 2010 apud TONIN, 2012).

ix. Introduzir a Melhoria Contínua ao Processo

A existência de melhoria contínua em um processo de produção depende da aplicação de todos os princípios da *Lean Construction*. Todas as ferramentas para reduzir as perdas devem ser utilizadas ciclo após ciclo de produção buscando sempre corrigir os erros.

Para se garantir a execução do princípio de melhoria contínua é importante existir sistemas de incentivo aos trabalhadores. Entre as principais formas de incentivar a mão de obra podem-se citar as premiações e o estabelecimento de planos de carreira.

x. Manter um Equilíbrio entre Melhorias no Fluxo e Melhorias na Conversão

O décimo princípio define que para um bom planejamento da produção deve se manter um equilíbrio entre as melhorias realizadas em atividades de conversão e atividades de fluxo. Koskela (1992) define da seguinte forma:

(...) as melhorias das conversões e dos fluxos estão intimamente ligadas, visto que

melhores fluxos necessitam de menor capacidade de conversão e requerem menor investimento em equipamentos. Por outro lado, fluxos mais controláveis tornam mais fácil a implementação de novas tecnologias as quais pode trazer uma redução de variabilidade

xi. Benchmarking

O último princípio da lista, não menos importante, se baseia na ideia de buscar conhecimento para melhorar o processo produtivo, tendo como fonte o modelo de produção de empresas de ponta ou de estudos acadêmicos na área.

Um Benchmarking bem feito depende da quantidade de informações de qualidade coletadas e na capacidade dos planejadores do processo em aplicar as novidades, tendo em vista as peculiaridades existentes na empresa em questão. Isatto (2000) descreve os seguintes passos para a aplicação do Benchmarking:

- Conhecer o próprio processo;
- Identificar boas práticas em outras empresas similares
- Entender os princípios por trás destas boas práticas; e
- Adaptar as boas práticas encontradas à realidade da empresa.

2.3. MEDIÇÃO DA PRODUTIVIDADE COM O USO DA RAZÃO UNITÁRIA DE PRODUÇÃO

O aprimoramento de um processo produtivo depende muito da forma como o desempenho da produção é analisado, por isso a medição de produtividade é de grande importância para se executar um bom planejamento. Carraro (1998 apud Souza e Araújo, 2001) cita os seguintes benefícios gerados através do estudo de produtividade em uma obra de construção civil:

- Previsão do consumo de mão de obra;
- Previsão de duração dos serviços;
- Avaliação e comparação dos resultados;
- Desenvolvimento / aperfeiçoamento de métodos construtivos.

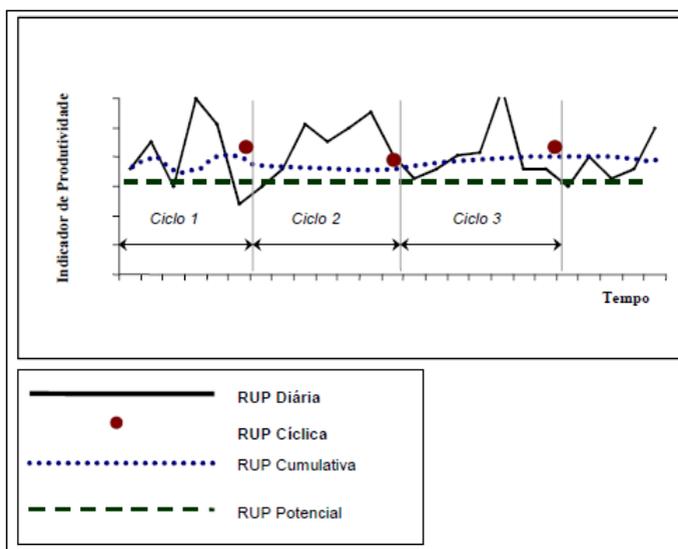
Para realizar uma análise de um processo produtivo é necessária a utilização de um modelo de cálculo de produtividade que represente adequadamente o desempenho da produção. Tendo em vista a grande quantidade de produtos intermediários produzidos dentro de uma obra

de construção civil, foram criadas formas de medição de produtividade que se baseiam nos cálculos de produtividade dos subprocessos.

A Razão Unitária de Produção (RUP) é um indicador de produtividade amplamente utilizado na indústria da construção civil. Esse indicador se baseia em fornecer a razão entre entradas e saídas, expresso como homens-hora despendidos por quantidade de serviço realizado. As RUPs podem ser: (SOUZA; ARAÚJO, 2001)

- Diárias: Homens/Hora por quantidade de serviço realizado em um dia;
- Cumulativa: Homens/Hora por quantidade de serviço realizado no espaço de tempo que compreende do primeiro dia de análise até o último em questão;
- Cíclica: Homens/Hora por quantidade de serviço total realizado para completar um ciclo, por exemplo, execução da montagem das formas de um pavimento;
- Potencial: Mediana das RUPs diárias cujos valores estejam abaixo do valor da RUP cumulativa ao final do período de análise.

Figura 3 - Razões Unitárias de Produção.



Fonte: Souza e Araújo (2001, p.7).

A **Figura 3** apresenta as diferentes RUPs de uma produção fictícia dentro de um espaço de tempo.

É importante para a obtenção de RUPs que condizem com a realidade a correta coleta de dados. Diferentes modos podem ser utilizados para se coletar os dados necessários para o cálculo, como os dados das folhas ponto, observações contínuas ou conversa com os encarregados das atividades analisadas. (SOUZA; ARAÚJO, 2001).

Além da correta coleta de dados é imprescindível apresentar quais equipes serão considerados nos valores de homens/hora utilizados no cálculo. As equipes se distinguem em dois grupos, equipe de produção direta e equipe de produção indireta. A primeira é a equipe que está envolvida diretamente no processamento da atividade, já a segunda é formada por trabalhadores que realizam atividades auxiliares a produção e que estão distante do local onde o serviço final é materializado, como o guincheiro ou o encarregado da obra (SOUZA; ARAÚJO, 2001).

Outro fator que influencia no valor final das RUPs é a quantidade de horas adotada no cálculo. Devem-se considerar integralmente todas as horas trabalháveis, ou seja, todas as horas que o operário estava na obra e que poderia estar trabalhando, incluindo esperas e movimentações. Não são consideradas horas-prêmios no cálculo de produtividade. (SOUZA; ARAÚJO, 2001).

3. MÉTODO DO TRABALHO

Este item descreve os procedimentos metodológicos que foram utilizados no desenvolvimento do estudo de caso, com o objetivo de realizar o trabalho proposto.

3.1. COLETA E ORGANIZAÇÃO DOS DADOS

Todos os dados da obra estudada apresentados neste trabalho foram coletados *in loco* pelo autor através de observações contínuas ou conversas com o mestre de obras. Diariamente eram preenchidas planilhas com as atividades desempenhadas pelos operários nos períodos matutino e vespertino (**Tabela 1**). Foram coletados dados referentes à execução da estrutura do quarto ao oitavo pavimento tipo da obra estudada.

Tabela 1 - Coleta de Dados.

Relatório de Obra - Data / / _____	
Período _____	
Atividade	Operários
Atividade 1 (nº pavimento)	Operário A Operário B
Atividade 2 (nº pavimento)	Operário C Operário D
Atividade 3 (nº pavimento)	Operário E Operário F
Atividade 4 (nº pavimento)	Operário G Operário H
Atividade 5 (nº pavimento)	Operário I Operário j Operário K Operário L
Atividade 6 (nº pavimento)	Operário M Operário N
Atividade 7 (nº pavimento)	Operário O

3.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

A partir das anotações, registros fotográficos e do conhecimento obtido por meio das observações foi desenvolvida a descrição do

processo de execução da estrutura de concreto armado dos pavimentos tipo.

Os subprocessos foram apresentados separadamente, descrevendo as operações integrantes e qual o sequenciamento delas. Também foram descritas algumas características tecnológicas das atividades e o perfil dos profissionais habilitados para realizá-las. O foco deste trabalho foi nas etapas do processo produtivo, portanto não foram caracterizadas de forma minuciosa as técnicas de construção civil adotadas.

Para auxiliar a compreensão do sequenciamento das atividades dos subprocessos foram desenvolvidos fluxogramas que estão apresentados no capítulo de descrição do processo.

3.3. CÁLCULO DE PRODUTIVIDADE

As tabelas geradas na etapa de coleta de dados forneceram um banco de dados sobre a duração de cada atividade e a quantidade de mão de obra despendida para a sua execução.

A partir dos dados, foram geradas tabelas que comparam a produtividade entre os cinco pavimentos tipo analisados, que utilizam a Razão Unitária de Produção como indicador de produtividade. A

Tabela 2 é o modelo da tabela utilizada para apresentar os dados comparativos de produtividade.

Tabela 2 - Tabela de Produtividade.

Pavimento	Subprocesso Analisado				
	H/h - Oficial	H/h - Ajudante	H/h - Total	Qtde.	RUP
4º pvto. tipo					
5º pvto. tipo					
6º pvto. tipo					
7º pvto. tipo					
8º pvto. tipo					

Normalmente na indústria da construção civil se emprega os termos: oficial, meio oficial, ajudante e servente para designar o nível de experiência do trabalhador. Entretanto, devido à dificuldade de diferenciação, nessa pesquisa foi considerado apenas ajudante e oficial.

A quantidade de serviço realizado no processo, coluna indicada pelo nome “Qtde.”, possui diferentes unidades de medida, podendo ser

kg, m ou m², dependendo do tipo de serviço analisado. No capítulo que foram demonstradas as produtividades para os cinco pavimentos tipo são discutidas as quantidades produzidas para cada processo e qual a unidade de medida adotada.

3.4. SUGESTÃO DE MELHORIAS

Utilizando como base a fundamentação teórica e os resultados obtidos por meio do cálculo de produtividade, foram propostas mudanças no processo produtivo que visem a reduzir os desperdícios de mão de obra existente na execução das estruturas dos pavimentos tipo.

3.5. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

A pesquisa realizada para este trabalho apresenta algumas limitações que serão citadas a seguir.

- As quantidades de Homens/Hora utilizadas no cálculo de produtividade podem apresentar alguns erros devidos a diversos fatores que dificultaram a obtenção de dados com grande nível de confiabilidade;
- O trabalho se restringe ao processo de execução de estrutura dos pavimentos tipo, onde as formas são reutilizadas e são feitas reformas apenas se necessário. Para a análise do processo de execução de estruturas de pavimentos diferenciados ou de fundações, devem-se considerar diversas outras atividades não analisadas neste trabalho;
- Algumas atividades com tempo de duração muito curto não foram consideradas na descrição do processo e no cálculo de produtividade, como a instalação de caixas na laje para a passagem das tubulações hidrossanitárias ou a desforma dos rebaixos.

4. DESCRIÇÃO DO PRODUTO

4.1. DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A obra analisada neste trabalho é um edifício residencial de padrão médio localizado no bairro São Luiz em Brusque, de Santa Catarina. A obra teve início em dezembro de 2013 e a construtora responsável definiu a entrega dos apartamentos para dezembro de 2017.

A construção é composta por quatorze pavimentos que seguem a seguinte configuração:

- Pavimento térreo: Hall de entrada e vagas de garagem;
- 2º e 3º pavimentos: Vagas de garagem;
- 4º pavimento: Área de lazer comum do condomínio (piscina, salão de festas e sala de jogos) e vagas de garagem;
- 5º ao 14º pavimento: Pavimentos tipo destinados aos apartamentos.

As áreas dos pavimentos tipo variam no 1º, 9º e 10º pavimentos tipo e no restante seguem o mesmo padrão (741 m²). O quadro de áreas dos pavimentos é representado pela **Tabela 3**.

Tabela 3 – Quadro de Áreas do Edifício.

Pavimento	Área Construída
Térreo	1145,21 m ²
G1	1112,44 m ²
G2	1135,97 m ²
SF/G3	1097,50 m ²
Pavimento Diferenciado (1x)	962,79 m ²
Pavimento Tipo (x7)	5187,42 m ²
9º Pavimento Tipo (1x)	748,00 m ²
10º Pavimento Tipo (1x)	676,33 m ²

O padrão do edifício é de oito apartamentos por andar, todavia os dois últimos pavimentos tipo possuem sete apartamentos cada um. Para o transporte vertical atender os 78 apartamentos do condomínio, serão instalados três elevadores, além da escada.

O acesso ao interior do edifício será feito através do hall de entrada para os pedestres e para os veículos existirão dois acessos que seguirão para as garagens do 1º e 2º pavimento.

O sistema estrutural do edifício é o concreto armado moldado in loco composto por: estacas, vigas, pilares, blocos, lajes maciças e lajes nervuradas. O preenchimento das lajes nervuradas será feito com tijolos cerâmicos furados.

O sistema de vedação do prédio será executado com tijolos cerâmicos furados e apresentará tijolos maciços de concreto celular na região das escadas. As paredes serão chapiscadas, rebocadas e depois pintadas com materiais convencionais.

A **Figura 4** é uma vista do empreendimento em questão.

Figura 4- Empreendimento



4.2. DESCRIÇÃO DO CANTEIRO DE OBRAS

Para iniciar o estudo do processo construtivo é importante se ter o conhecimento sobre o funcionamento do canteiro de obras. O layout do canteiro e as suas peculiaridades são necessários para entender as movimentações dos recursos durante a execução da construção.

Durante a etapa de execução da estrutura dos pavimentos tipo, o canteiro de obra estava organizado no pavimento térreo segundo a **Figura 5** e no segundo pavimento segundo a **Figura 6**.

Figura 5 - Canteiro - 1º pavimento.

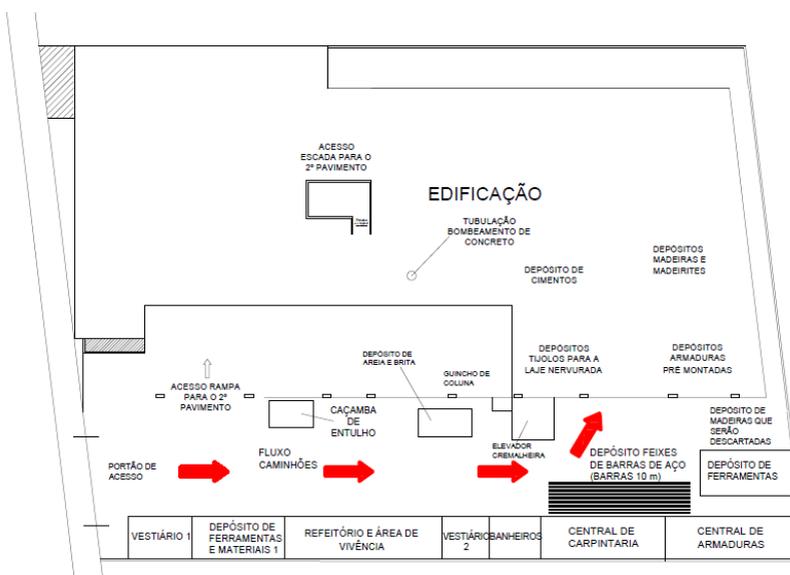
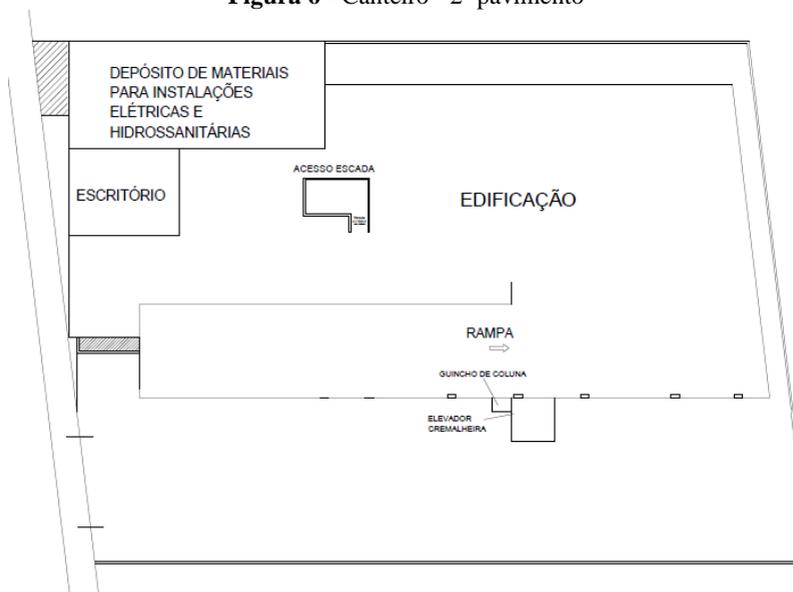


Figura 6 - Canteiro - 2º pavimento



Os elementos do canteiro relacionados com a execução da estrutura dos pavimentos tipo foram analisados separadamente para facilitar a caracterização sobre a sua função durante o processo construtivo.

4.2.1. ACESSO E FLUXO DOS CAMINHÕES E CARRETAS

Na obra estudada, as atividades de entrada e deslocamento de caminhões e carretas no canteiro normalmente são realizadas com facilidade, devido à boa abertura do portão e ao grande espaço interno para as manobras. As dimensões do canteiro permitem, em alguns casos, o descarregamento ou carregamento de dois caminhões simultaneamente.

Durante o processo de concretagem, o caminhão betoneira e o caminhão com a bomba entram ambos dentro do canteiro, evitando assim problemas com a manobra e estacionamento dos caminhões na rua da obra.

O principal problema desta atividade são as barras de aço que ficam depositadas no meio do acesso. Como exemplo, pode-se citar o descarregamento dos tijolos, onde usualmente o motorista estaciona sobre as barras de aço para facilitar o descarregamento dos pallets.

4.2.2. TRANSPORTE VERTICAL DE MATERIAIS E DE PESSOAS

Para o transporte vertical de pessoas é utilizado um elevador de cremalheira com capacidade para quinze pessoas e o mesmo elevador também é utilizado para o transporte de materiais. O elevador é operado internamente por um controlador com treinamento e possui um sensor que impossibilita a sua movimentação caso o limite de peso seja ultrapassado.

Durante a execução da estrutura de concreto armado dos pavimentos tipo, o elevador é utilizado para o transporte de armaduras, tijolos, madeiras, entre outros materiais e ferramentas. Além de auxiliar no transporte de materiais e ferramentas pesados, a velocidade do elevador agiliza os processos, ao reduzir o tempo de transporte.

Para o transporte de armaduras robustas e de grande dimensão é utilizado o guincho de coluna como meio de transporte. O guincho de coluna é instalado apenas quando necessário e é operado por uma pessoa habilitada.

O transporte vertical do concreto no momento da concretagem é realizado com o auxílio de uma tubulação metálica, que devido a diferença de pressão gerada pela bomba, eleva o material até a altura desejada.

4.2.3. TRANSPORTE HORIZONTAL DE MATERIAIS

O transporte horizontal na obra é feito de diferentes modos dependendo do material que está sendo transportado.

Os tijolos são transportados com auxílio de paleteiras, carrinhos de mão e carretões. Enquanto que, o concreto, a argamassa, os resíduos e os outros materiais são transportados por carrinhos de mão.

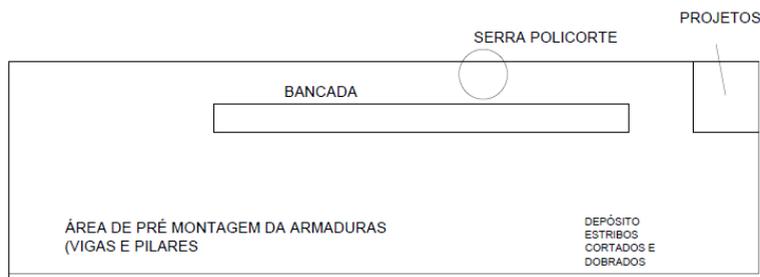
4.2.4. CENTRAL DE ARMAÇÃO

A central de armação é parte integrante no processo de execução da estrutura na obra estudada, pois as barras de aço são cortadas e dobradas na central de armação. A pré-montagem das armaduras dos pilares e vigas também é feita no mesmo local.

Para o corte das barras, a obra conta com uma serra policorte e para a dobra, existe uma bancada com as ferramentas necessárias para esta atividade. Enquanto que, a pré-montagem é realizada ao lado do local de depósito dos estribos dobrados para facilitar a movimentação.

A central de armação possui um espaço para a leitura dos projetos, que é utilizada pelos engenheiros, mestre de obra e armadores. A **Figura 7** demonstra o layout da central de armação.

Figura 7 - Central de Armação



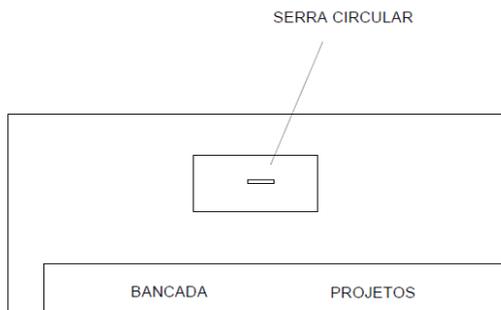
4.2.5. CENTRAL DE CARPINTARIA

Uma das principais atividades para a construção de uma estrutura de concreto é a carpintaria. Na obra analisada a central de carpintaria dispõe de uma serra circular de mesa, para o corte das madeiras, e uma bancada, para a montagem e pregação dos componentes das formas.

Apesar de sua importância, a central de carpintaria é pouco utilizada. Tendo em vista que, as formas foram confeccionadas no primeiro pavimento tipo e são reutilizadas nos demais, assim, ela é utilizada apenas para atividades muito específicas dentro da obra.

Quando são necessárias manutenções das formas dos pavimentos tipos, utilizam-se serras de mão e bancadas improvisadas na própria laje que está sendo executada a estrutura do próximo pavimento. É importante destacar que na obra estudada foi produzido apenas um jogo de formas para a execução do pavimento tipo. O layout da central de carpintaria é demonstrado na **Figura 8**.

Figura 8 - Central de carpintaria



4.2.6. DEPÓSITO DE MATERIAIS E FERRAMENTAS

A obra estudada disponibiliza de um espaço para armazenamento de materiais e ferramentas. A construtora utiliza os locais desta obra, para o depósito de materiais e ferramentas de suas outras obras que não possuem espaço para guardar estes objetos.

Como visto na planta baixa do canteiro, a obra apresenta dois depósitos de ferramentas no pavimento térreo. Um dos depósitos de

ferramentas é um container localizado ao lado da central de armaduras e o outro é uma sala ao lado do refeitório.

As barras de aço são depositadas antes de sua montagem, ao lado da serra policorte na central de armação. Enquanto que, as armaduras pré-montadas são depositadas dentro do edifício no pavimento térreo, aguardando o transporte e sua montagem definitiva.

Os tijolos de preenchimento da laje, são empilhados e amarrados sobre pallets, estes são armazenados dentro do edifício ao lado das armaduras pré-montadas. Ao lado dos tijolos de preenchimento da laje também são depositados os tijolos utilizados para a execução de paredes de alvenaria.

Ao lado da caçamba de entulho, encontram-se a areia e a brita utilizada para a produção de concreto e argamassa dentro da obra. Apesar do concreto utilizado para a estrutura ser usinado, em algumas ocasiões é necessário a produção de concreto na betoneira. Os sacos de cimento estão localizados na parte interna da edificação, no pavimento térreo, próximo ao depósito de tijolos.

Os diversos materiais utilizados para as instalações elétricas e hidrossanitárias são guardados em um depósito construído provisoriamente, no segundo pavimento do edifício (garagem). Neste local existem vários compartimentos com placas informativas sobre o tipo de material que está sendo estocado para facilitar a sua localização.

O depósito de madeira se localiza no pavimento térreo, dentro do edifício e ao lado do local de armazenamento das armaduras pré-montadas. Neste depósito não existe muita organização e as madeiras são dispostas de forma aleatória no local. As madeiras compensadas novas e usadas são empilhadas e aguardam a utilização.

Materiais de dimensões pequenas como pregos, parafusos e arruelas estão depositados no depósito de ferramentas ao lado do refeitório.

A **Figura 9** é uma foto tirada da entrada do canteiro de obras onde é possível localizar os depósitos de ferramentas (container), aço, areia e brita utilizados na obra.

Figura 9 - Vista Canteiro de Obras

4.2.7. ESCRITÓRIO

No segundo pavimento do edifício, ao lado do depósito de materiais, está localizado o escritório da obra. Além das mesas do mestre de obras e do estagiário, no escritório estão armazenados todos os documentos da obra e os projetos que já foram ou que serão utilizados.

O escritório também é utilizado como sala de reuniões para os engenheiros, mestre de obras, operários e demais envolvidos na construção.

4.2.8. ÁREAS DE VIVÊNCIA

O banheiro da obra está localizado no pavimento térreo ao lado do vestiário e possui três vasos sanitários, três lavatórios e dois chuveiros.

Os dois vestiários suportam a quantidade de operários que estão trabalhando e garantem um armário com cadeado para cada trabalhador.

O refeitório está localizado entre o depósito de ferramentas e o vestiário. São servidos buffets para os operários no horário do almoço e o espaço comporta até 30 pessoas. Nos intervalos os operários também utilizam o refeitório.

4.2.9. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

Todas as madeiras que não terão mais serventia para a construção serão depositadas ao lado do depósito de ferramentas (container). Uma vez por mês, as madeiras descartadas são recolhidas e são utilizadas como lenha para outras indústrias.

As barras de aço e arames que não podem mais ser utilizados na obra são armazenados ao lado da central de armação e posteriormente são vendidos.

Os demais resíduos gerados pela obra são depositados na caçamba de entulho, a partir do momento que estiver saturada de resíduos é trocada por uma caçamba vazia.

5. DESCRIÇÃO DO PROCESSO

Para facilitar o entendimento do processo de execução da estrutura de concreto armado de um pavimento tipo, serão descritos os subprocessos separadamente. O início e o fim dos processos foram selecionados de forma a facilitar o cálculo do tempo gasto pelos operários para a sua execução. Abaixo são apresentados os quinze subprocessos.

5.1. TRANSFERÊNCIA DO EIXO DE REFERÊNCIA E LOCAÇÃO DOS PILARES

No dia seguinte à concretagem é iniciado o processo de Transferência do Eixo de Referência da obra e de Locação dos Pilares (**Figura 10**). Inicialmente, um carpinteiro e seu ajudante, com o auxílio de prumos e linhas transferem o eixo de referência para a laje que será executada.

Enquanto se transfere o eixo de referência, outra dupla de operários inicia a fixação das madeiras na laje, estas servirão como base para o posicionamento dos gabaritos.

A dupla que transferiu o eixo de referência inicia a locação dos pilares de acordo com as medidas definidas no projeto. O carpinteiro se desloca diversas vezes até a mesa onde o projeto está localizado e realiza os cálculos para encontrar a distância entre os eixos de referência e os gabaritos dos pilares. São pregados sarrafos em cima das madeiras já fixadas na laje, de forma a delimitar precisamente o local onde os painéis dos pilares serão posicionados.

Os sarrafos utilizados nos gabaritos dos pilares são retirados dos pilares da laje inferior por ajudantes e são imediatamente transportados para o pavimento superior e são depositados ao lado das esperas dos respectivos pilares, como mostrado na **Figura 11**. Caso as madeiras estejam em condições ruins, o carpinteiro que está locando o pilar procura outras madeiras para fazer a substituição.

Figura 10 - Fluxograma Passagem do Eixo de Referência e Locação dos Pilares

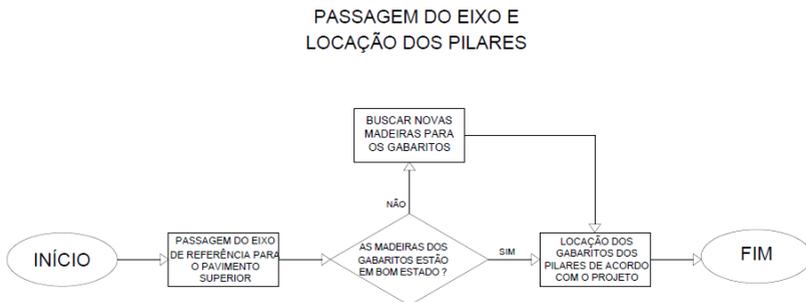


Figura 11 - Locação dos Pilares



5.2. CORTE, DOBRA, TRANSPORTE E MONTAGEM DAS ARMADURAS DOS PILARES

A produção das armaduras dos pilares inicia a partir do momento em que houver disponibilidade de tempo dos armadores presentes na obra. Normalmente a equipe de armação é formada por dois armadores profissionais e um ajudante. O corte e a dobra das barras de aço são realizados na central de armaduras, disposta no canteiro de obras.

O processo de corte dos estribos e barras longitudinais é feito com o auxílio de uma serra policorte, localizada próximo ao depósito das barras de aço. São cortados todos os estribos e depois se faz o dobramento de todos por um mesmo operário.

As barras longitudinais são cortadas e os pilares são pré-montados de acordo com os estribos que já estão prontos. Ou seja, normalmente enquanto um armador dobra os estribos, o outro armador e o ajudante estarão pré-montando os pilares. A partir do momento em que todos os estribos estiverem dobrados o armador que realizava esta atividade passará a ajudar o outro armador e o ajudante na pré-montagem dos pilares.

Os pilares pré-montados são colocados em um local onde aguardarão o momento para serem transportados para o pavimento que estará sendo executado. A **Figura 12** apresenta o processo de corte, dobra e pré-montagem dos pilares, demonstrando qual a movimentação dos operários dentro do canteiro de obras.

Figura 12 - Fluxo de recursos durante o processo de Corte e Dobra das armaduras



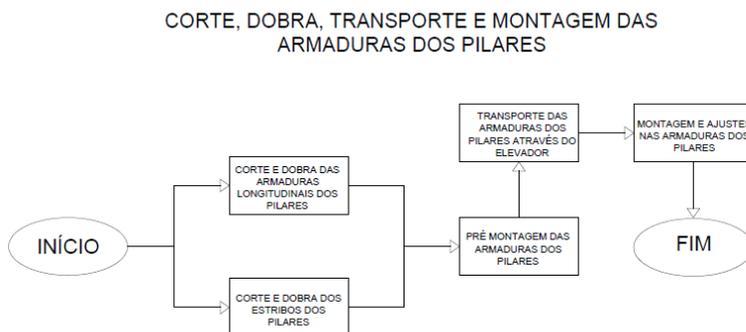
Após a montagem dos gabaritos dos pilares os armadores estão liberados para transportar as armaduras dos pilares para o pavimento onde serão montados definitivamente. Durante as primeiras lajes concretadas as armaduras dos pilares eram erguidas com o auxílio do guincho de coluna, porém após a instalação do elevador de cremalheira

as armaduras dos pilares passaram a ser transportadas dentro do elevador.

No momento de montagem das armaduras dos pilares, as esperas são desentortadas, para estarem posicionadas no local correto para a montagem dos pilares. As armaduras dos pilares são posicionadas e amarradas com arames junto às esperas. O processo termina após a colocação dos espaçadores nas armaduras (**Figura 13**) e então os carpinteiros podem iniciar a montagem dos painéis dos pilares.

É importante lembrar que certos pilares, devido ao tamanho da seção e à grande quantidade de barras pesadas, não são pré-montados, então suas barras de aço e estribos são transportados até o local onde será feita a sua montagem.

Figura 13 - Fluxograma Processo de Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras dos Pilares



5.3. MONTAGEM DAS FORMAS DOS PILARES

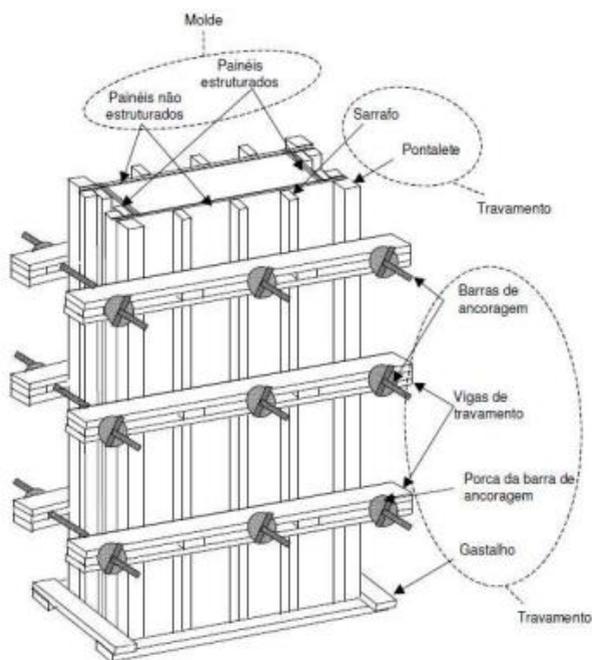
Quando as armaduras dos pilares estiverem posicionadas e os espaçadores colocados, inicia-se o processo de montagem das formas dos pilares. As atividades existentes neste processo são realizadas por duplas, normalmente formadas por um carpinteiro profissional e um ajudante.

Para a montagem das formas dos pilares, são utilizados os painéis desformados da laje anterior. Para tanto, os sarrafos e chapas compensadas são verificados e substituídos, quando danificados.

A substituição dos pedaços de painéis é feita na própria laje com o auxílio de serras circulares de mão. É importante lembrar que antes de colocar os painéis é necessário passar o desmoldante na sua superfície interna.

A próxima atividade, que é realizada por uma dupla distinta, é a colocação dos barrotes, parafusos e a fixação das escoras de prumo. Essa atividade é realizada por uma dupla com menos experiência e logo em seguida será conferida pelos carpinteiros profissionais. Na obra estudada são utilizados como acessórios para garantir o travamento dos pilares, barras de ancoragem que atravessam os pilares dentro de um tubo de PVC com o auxílio de barrotes formados por caibros duplos. De acordo com o a **Figura 14**.

Figura 14 - Detalhes Formas dos Pilares



Fonte: Mesquita (2013. p.8)

Depois de posicionados os parafusos e os barrotes, os operários fixam quatro mãos francesas (escoras de prumo), sendo duas para cada sentido de movimentação do pilar. Os operários fixam uma das pontas da escora na laje e outra no pilar (**Figura 15**).

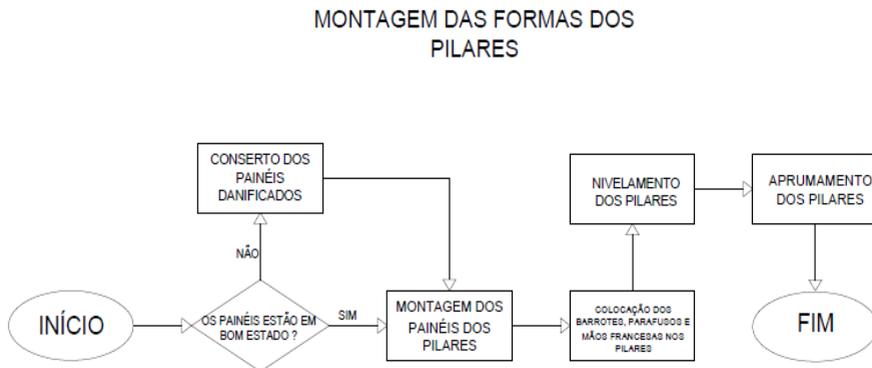
Com todos os acessórios dos pilares colocados, inicia-se o nivelamento. Com um nível de mangueira são verificados os níveis dos pilares e se utiliza o pilar mais alto como referência para levantar os outros. O nível de mangueira indicará quantos centímetros cada pilar deverá ser levantado e a partir dessa medida são colocados calços embaixo dos pilares que são erguidos com o auxílio de alavancas.

Após o nivelamento dos pilares eles são apurados normalmente pela mesma dupla que os nivelou. Com as regulagens existentes nas escoras, os pilares são posicionados de maneira correta para a execução das atividades seguintes. O processo de montagem das formas dos pilares tem seu término no momento em que todos os pilares estão apurados. (**Figura 16**).

Figura 15 - Montagem das Formas dos Pilares



Figura 16 - Fluxograma Montagem dos Painéis dos Pilares

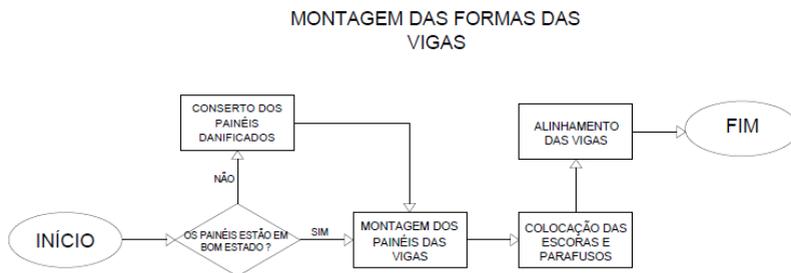


5.4. MONTAGEM DAS FORMAS DAS VIGAS

O processo de montagem das formas das vigas começa após os pilares estarem nivelados e aprumados. Esse processo usualmente é realizado por duas duplas simultâneas, até que se tenha frente para a realização dos processos seguintes.

Semelhantemente ao processo de montagem das formas dos pilares, a montagem das formas das vigas se inicia com a verificação da qualidade dos painéis desformados e realizando as manutenções necessárias. Depois da aplicação do desmoldante nos painéis, é colocado o fundo da viga e as escoras que o suportarão.

Posteriormente são colocadas as laterais das vigas e os parafusos que as travam. Os parafusos das vigas não atravessam por dentro do concreto. A última atividade do processo de montagem das formas das vigas é o alinhamento delas, como se percebe no fluxograma da **Figura 17**. O alinhamento é feito com o auxílio de uma mão francesa de madeira fixada na lateral da viga e na laje e com uma linha para verificar se a viga está no alinhamento correto.

Figura 17 - Fluxograma Montagem das Formas das Vigas

5.5. COLOCAÇÃO DAS LONGARINAS

Estando alinhadas as vigas que delimitam a laje, os carpinteiros podem iniciar o processo de Colocação das Longarinas (**Figura 18**). Inicialmente, uma dupla de carpinteiro se desloca ao pavimento inferior, onde está sendo realizada a desforma, para encontrar as régua que serão usadas como apoio para as longarinas. Verifica-se o estado de conservação das régua para uma possível substituição e depois as pregam nos painéis das vigas. Para garantir o nível correto de todo o comprimento das régua e para garantir o seu apoio, são colocadas escoras de madeiras.

Depois de fixadas as régua, os carpinteiros verificam se as longarinas estão em bom estado e depois de consertá-las, as levam para o pavimento superior. Os buracos deixados na laje como passagem de tubulação hidrossanitária são utilizados para transportar as longarinas.

Um operário se posiciona no pavimento onde está ocorrendo a desforma, outro no pavimento onde estão sendo montados os pilares e outro acima das régua, para fazer a passagem das longarinas. O carpinteiro profissional, que normalmente está no topo, passa as informações dos tamanhos das longarinas e os ajudantes as transportam.

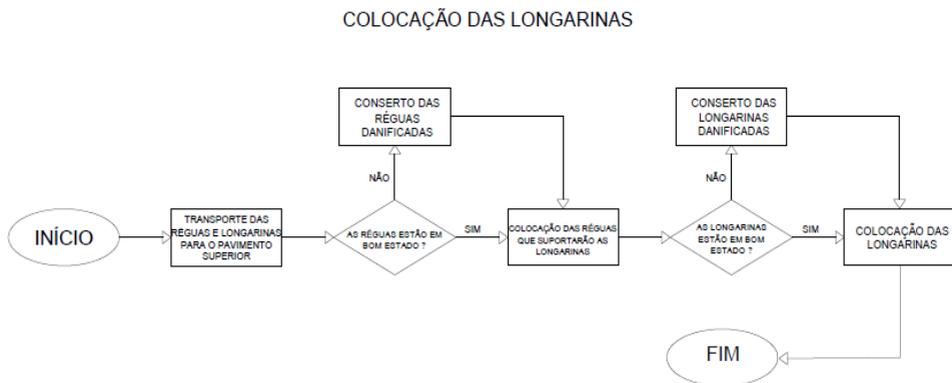
Após isso, um ajudante sobe para ajudar o carpinteiro a posicionar as longarinas, garantindo o espaçamento correto, e pregam-se as longarinas nas régua. Este mesmo processo é executado novamente, colocando as longarinas da segunda camada (**Figura 19**).

Inverte-se a direção das longarinas, diminui-se o espaçamento e pregam-se elas nas longarinas da camada inferior. Enquanto as longarinas são colocadas, um ou dois ajudantes ficam transportando e fixando escoras metálicas sob as longarinas para garantir um apoio seguro.

Figura 18 - Colocação das Longarinas.



Figura 19 - Fluxograma Colocação das Longarinas.



5.6. COLOCAÇÃO DO ASSOALHO DA LAJE

O processo de colocação das madeiras compensadas para o assoalho da laje tem seu início após a colocação das longarinas e de suas escoras que as suportam. Essa atividade é realizada por uma dupla formada por um carpinteiro e seu ajudante (meio oficial). Na obra estudada as madeiras apresentam uma numeração pintada para identificar qual a sua posição dentro da laje.

O carpinteiro, com o auxílio de um projeto de localização das madeiras, informa através da numeração qual a fileira de madeira que ele deseja e os ajudantes que estarão no trabalho de desforma trarão as madeiras até ele através do elevador. De acordo com a sua posição, direção e sentido os operários começam a colocar as madeiras compensadas e as pregam nas longarinas. A **Figura 20** é uma foto tirada no momento do posicionamento das madeiras do assoalho da laje.

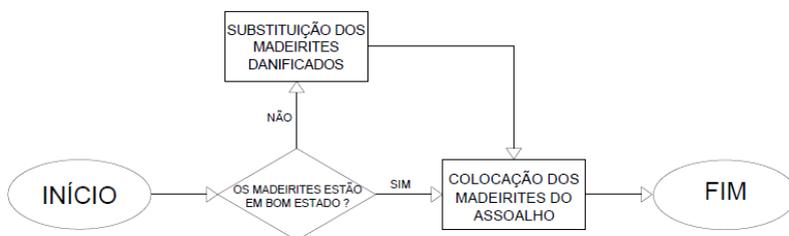
Figura 20 - Colocação do Assoalho da Laje



Caso haja madeiras em condições indesejáveis o guincheiro fornece novos materiais e é feita a substituição (Figura 21). Durante a colocação do assoalho é transportado o eixo de referência para o pavimento da nova laje e se confere todos os encontros do assoalho com pilares e vigas, por isso é um trabalho que exige grande experiência do carpinteiro.

Figura 21 - Fluxograma Colocação do Assoalho

COLOCAÇÃO DOS MADEIRITES DO ASSOALHO DA LAJE



5.7. CORTE, DOBRA, TRANSPORTE E MONTAGEM DAS ARMADURAS DAS VIGAS

A etapa de corte e dobra das armaduras das vigas é realizada de modo semelhante à etapa de corte e dobra das armaduras dos pilares. Além das armaduras das vigas propriamente ditas, neste processo considera-se também atividade de corte, dobra e montagem dos estribos dos pilares nas regiões das vigas, pois eles serão montados no mesmo instante que as vigas e também são cortados e dobrados após a montagem dos pilares.

Diferentemente dos pilares, a maioria das armaduras das vigas, não são completamente amarradas durante a pré-montagem, devido ao excesso de peso e ao comprimento das barras que dificultam o seu transporte. Todo o processo de corte, dobra, pré-montagem e depósitos das armaduras pré-montadas ocorre nos mesmos locais que foram indicados para as armaduras dos pilares.

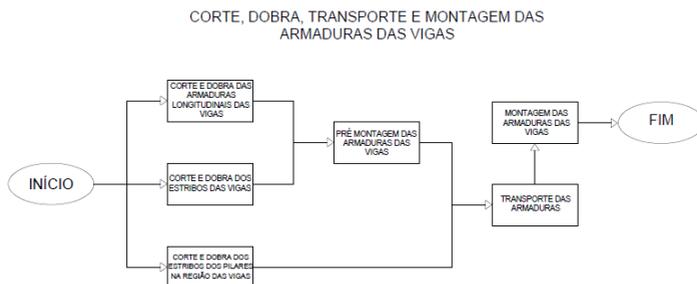
Quase todo o transporte das armaduras das vigas para o local onde serão definitivamente colocadas é feito através do guincho de coluna, entretanto, algumas barras de menor comprimento, tais como os estribos dos pilares na região das vigas, são transportados pelo elevador. Este processo demanda muito mais tempo quando comparado com o transporte das armaduras dos pilares, pois o guincho de coluna é capaz de carregar apenas uma armadura de viga por vez.

Para transportar as armaduras das vigas normalmente a equipe é dividida da seguinte forma: um armador e um ajudante ficam no pavimento térreo, onde as vigas estão pré-montadas para transportá-las e amarrá-las no guincho de coluna. E outro armador fica no pavimento onde as vigas serão montadas junto com o guincheiro e outro ajudante. Quando as vigas chegam no último pavimento, o armador e outro ajudante as posicionam ao lado do local onde elas serão montadas, para não haver problemas para localizá-las na hora da montagem.

A última etapa desse processo é a montagem das armaduras das vigas. Normalmente esta atividade é realizada por uma equipe formada por dois armadores e dois ajudantes. Enquanto os dois armadores e um ajudante vão colocando os estribos dos pilares na região das vigas e as armaduras das vigas, o outro ajudante coloca os espaçadores.

É interessante informar que as lajes dos pavimentos tipo da obra analisada, que possui aproximadamente 740 m², são divididas em duas partes para a montagem das armaduras das vigas. São transportadas e colocadas as vigas que fazem parte de um lado da laje e depois quando estiver assoalhado o outro lado é realizado o mesmo processo (**Figura 22**).

Figura 22 - Fluxograma Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras das Vigas



5.8. AMARRAÇÃO DOS PAINÉIS DAS VIGAS COM ARAMES

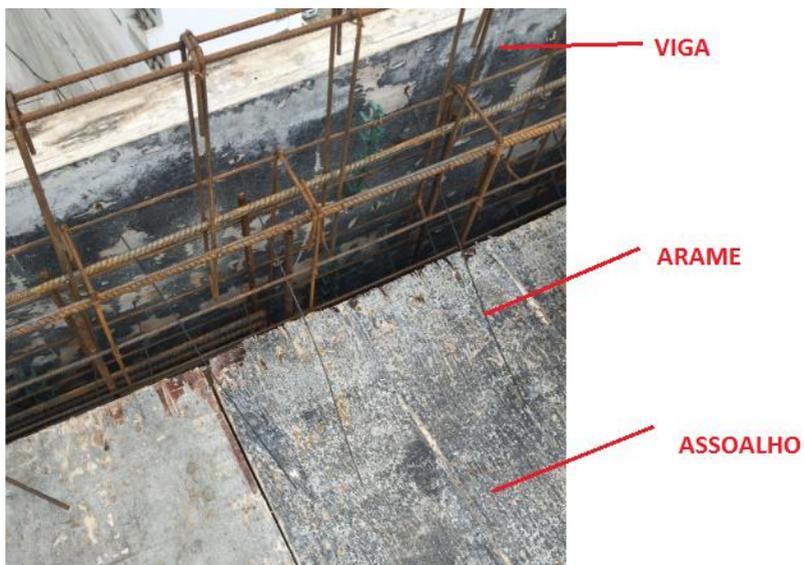
Na obra estudada é realizada uma atividade que visa o fechamento dos painéis das vigas para resistir às tensões resultantes no momento da concretagem. A atividade consiste na amarração de arames que ligam os painéis das vigas ao assoalho da laje (**Figura 23**).

Quando as armaduras das vigas estiverem posicionadas nos seus respectivos lugares é possível iniciar o processo de amarração dos painéis das vigas (

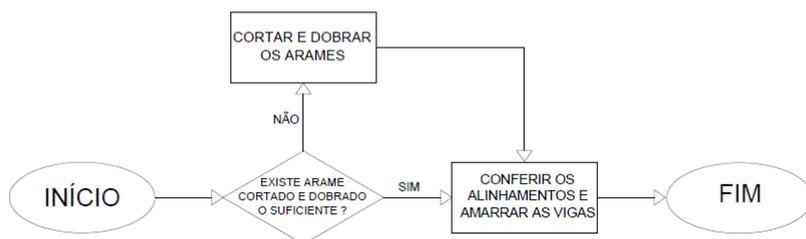
Figura 24). Inicialmente, o carpinteiro e seu ajudante que executarão esse processo verificam se existe arame cortado o suficiente para o serviço, caso não haja, eles descem ao pavimento térreo e entrelaçam dois arames para garantir maior resistência a eles e depois os cortam com os comprimentos necessários para amarrar as vigas.

Os operários, primeiramente, conferem o alinhamento da viga com o auxílio de uma linha de nylon e então atravessam os arames por buracos existentes nos painéis de todas as vigas e no assoalho da laje. Depois começam a dobrar a ponta do arame com o auxílio de um martelo para garantir uma pressão para o interior da viga.

Esse processo é realizado exclusivamente nas vigas de bordo, pois são as vigas com maior probabilidade de ocorrer aberturas no momento da concretagem.

Figura 23 - Amarração das Vigas**Figura 24 - Fluxograma Amarração das Vigas**

AMARRAÇÃO DOS PAINÉIS DAS VIGAS COM ARAMES



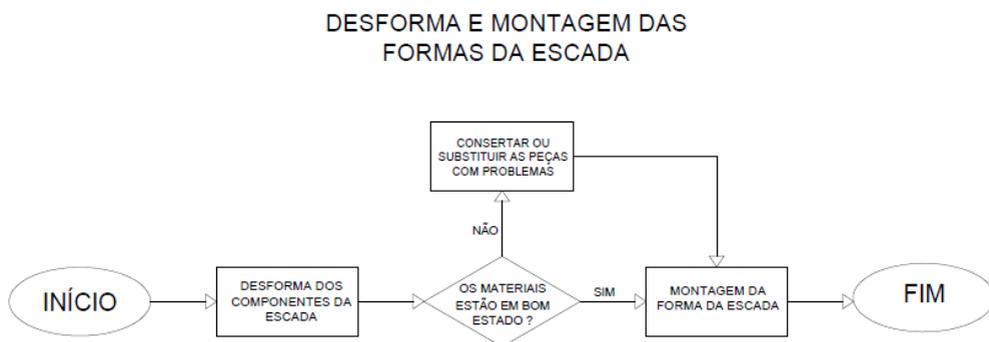
5.9. DESFORMA E MONTAGEM DA FORMA DA ESCADA

Para descrever o processo de montagem da forma da escada (**Figura 25**) é necessário considerar o processo de desforma da escada da laje anterior, pois as duas atividades são realizadas sequencialmente e pelos mesmos operários (um carpinteiro e um ajudante).

Sem contar algumas escoras que são retirados logo após a concretagem, o processo de desforma da escada considera a total retirada dos painéis que compõe a estrutura da escada, bem como seus pilares e vigas. Após a desforma, os painéis são raspados para remover a massa cimentícia que fica retida neles e são reformados caso haja defeitos.

O processo de montagem da escada deve ser executado por carpinteiros com experiência, pois exige precisão da montagem para garantir o encaixe dos painéis. Além de montar os painéis os mesmos operários colocam as escoras que serviram como apoio para a estrutura da escada. Os degraus são colocados apenas depois da montagem da armadura da escada.

Figura 25 - Fluxograma Desforma e Montagem das Formas da Escada



5.10. CORTE, DOBRA TRANSPORTE E MONTAGEM DAS ARMADURAS DA LAJE

Após o término da montagem das armaduras das vigas, normalmente os dois armadores e seu ajudante iniciam a produção das armaduras da laje. No processo de corte, dobra e montagem das armaduras da laje serão consideradas as armaduras positivas, negativas, os capitéis e as armaduras da escada.

O corte e a dobra das armaduras são realizados nos mesmos lugares apresentados no item que explicitava sobre o processo de produção das armaduras dos pilares e das vigas. Os elementos que compõem as armaduras da laje não são pré-montados, portanto são todos montados e amarrados no seu local definitivo.

O transporte das armaduras da laje e dos capitéis é realizado pelo guincho de coluna para as barras muito compridas e pelo elevador para as barras curtas. A distribuição dos operários para a atividade de transporte das armaduras da laje é semelhante ao do transporte das armaduras das vigas.

Enquanto as armaduras são transportadas, um dos armadores inicia a operação de marcação da posição das armaduras no assoalho da laje, para isso ele utiliza um pedaço de gesso para riscar as madeiras nos locais onde as barras devem ser colocadas. São posicionadas as armaduras positivas de acordo com as marcações, em seguida um grupo formado por dois ou mais ajudantes dão continuidade ao processo, amarrando as armaduras e colocando os espaçadores. Depois que um armador estiver terminado de posicionar a armadura negativa, ele e um ajudante, começam a instalação dos capitéis nos pilares. Na **Figura 26** as armaduras da positivas estão sendo posicionadas.

Figura 26 - Montagem das Armaduras Positivas da Laje

Usualmente depois de terminar de posicionar as armaduras positivas e de montar os capitéis, os armadores descem até a central de armação para terminar de produzir as armaduras negativas. Enquanto isso, os ajudantes terminam de amarrar as armaduras positivas. Após o término da passagem das mangueiras e a instalação das caixas de luz pelos eletricitistas, os ajudantes colocam os tijolos que servem de preenchimento para a laje.

Com os tijolos colocados, as armaduras negativas são transportadas, posicionadas e amarradas acima dos tijolos pela mesma equipe que executou a atividade para as armaduras positivas. A **Figura 27** demonstra o momento de colocação das armaduras negativas.

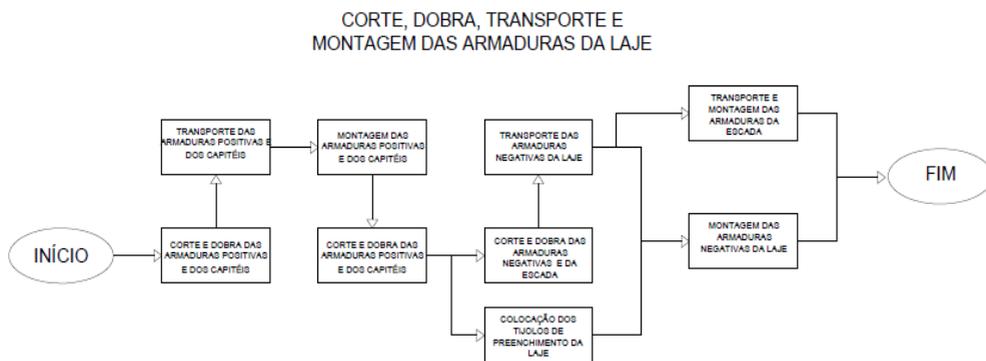
As armaduras da escada são colocadas por apenas um armador e o processo de montagem ocorre quando esse armador termina de posicionar as armaduras negativas para os ajudantes fazerem a amarração.

Da mesma forma como foi informado para as armaduras das vigas, normalmente se divide a laje em duas metades realizando o processo de transporte e montagem inicialmente de uma metade e em outro momento da outra (**Figura 28**).

Figura 27 - Montagem das Armaduras Negativas



Figura 28 - Fluxograma Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras da Laje



5.11. COLOCAÇÃO DOS ELETRODUTOS EMBUTIDOS NA LAJE

Após a montagem completa das armaduras positivas da laje os eletricitas iniciam o processo de colocação dos eletrodutos para a fiação de instalações elétricas e de telecomunicação (**Figura 29**). Esse serviço é executado por um ou dois eletricitas com o auxílio de um ajudante. É importante informar que as caixas de luz onde as mangueiras são instaladas devem ser colocadas e pregadas ainda antes de se posicionar as armaduras positivas da laje, para não haver choque entre as barras de aço e as caixas.

De acordo com o projeto elétrico e de telecomunicação são furados as madeiras compensadas do assoalho e os painéis das vigas no momento da execução do primeiro pavimento tipo. E a partir desses furos os eletricitas passam os eletrodutos que descerão para os apartamentos de todos os pavimentos tipo. Caso haja alguma alteração das madeiras do assoalho, durante a montagem das formas, os eletricitas devem furar novamente no local indicado pelo projeto.

Esse processo deve ser executado com muita atenção, pois pode trazer retrabalhos, principalmente quando serão passadas as fiações elétricas e de telecomunicação. Todos os eletrodutos são transportados pelo guincheiro através do elevador e ficam a disposição do eletricitista e do seu ajudante na laje onde estão sendo instalados.

No término da passagem dos eletrodutos os eletricitas fazem o fechamento das caixas de luz com serragem molhada e depois se pregam as tampas das caixas (**Figura 30**).

Figura 29- Eletrodutos Embutidos na Laje

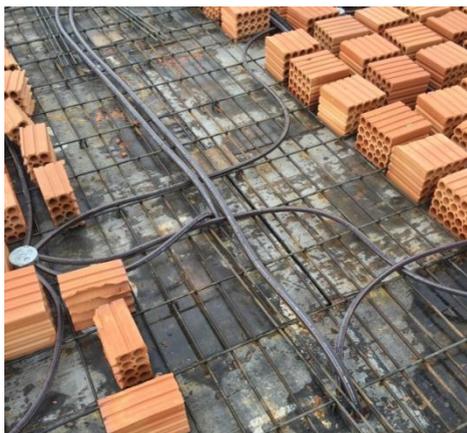
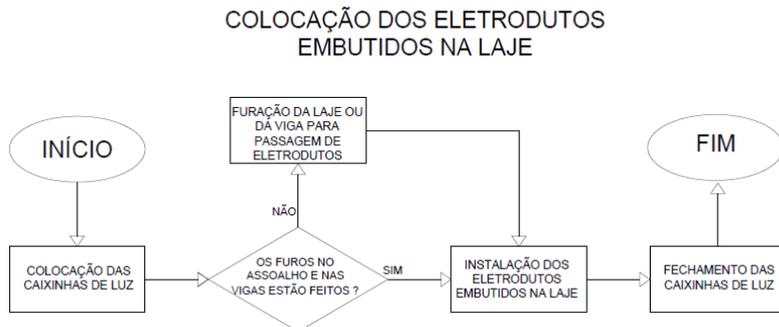


Figura 30 - Fluxograma Colocação dos Eletrodutos Embutidos na Laje



5.12. MONTAGEM DAS FORMAS PARA OS REBAIXOS

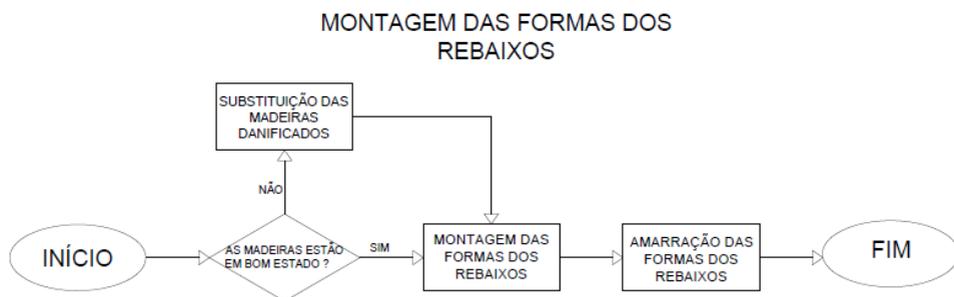
Depois de colocada a armadura negativa é possível iniciar o processo de colocação das formas para os rebaixos. As formas dos rebaixos servem para delimitar os locais onde o nível da laje será mais baixo. Esse serviço é executado por um carpinteiro e o seu ajudante que utilizam corpos de prova de concreto com altura igual à da laje rebaixada, sob os quais são colocados sarrafos para delimitar a área normal e a área com o nível mais baixo, segundo a **Figura 31**.

Para garantir que as formas para o rebaixo permaneçam estáticas no momento da concretagem, amarra-se o sarrafo com arame, ligando ele ao assoalho da laje (**Figura 32**).

Figura 31 - Montagem das Formas dos Rebaixos



Figura 32 – Fluxograma Montagem das Formas dos Rebaixos



5.13. AJUSTES FINAIS NAS FORMAS ANTES DA CONCRETAGEM

Antes da concretagem, um carpinteiro e um ajudante iniciam o processo de ajustes finais nas formas das vigas, pilares e laje (**Figura 33**). Esse processo visa a verificar os alinhamentos e garantir o travamento das formas no momento da concretagem.

As aberturas existentes nas bases dos pilares para a sua limpeza são fechadas e os pilares de grande dimensão são reforçados com amarrações de arame em seu topo. Além disso, são conferidos e apertados todos os parafusos de ancoragem para garantir que não haja nenhuma folga entre os painéis.

As vigas são verificadas quanto o seu fechamento e seus parafusos são apertados. São inspecionadas também as escoras metálicas que suportam as vigas e caso hajam folgas são feitas as regulagens.

Depois que as vigas estão reguladas, os carpinteiros iniciam uma das atividades mais importantes desse processo que é o alinhamento da laje. São amarradas linhas de nylon e são conferidas as alturas das madeiras do assoalho da laje, caso haja diferenças de níveis os carpinteiros regulam a altura das escoras metálicas e garantem o mesmo nível na laje toda.

Figura 33 - Ajustes Finais Antes da Concretagem



5.14. CONCRETAGEM

Na obra analisada, no dia da concretagem (**Figura 34**), todos os operários, exceto os dois armadores e um ajudante, trabalham na laje que será concretada, para ajudar no processo de lançamento e vibração do concreto. Nas concretagens analisadas o número de operários que auxiliam no processo varia de dezessete a dezenove pessoas.

O mestre de obra seleciona a equipe e define quais atividades cada operário irá exercer, utilizando como base de escolha a experiência

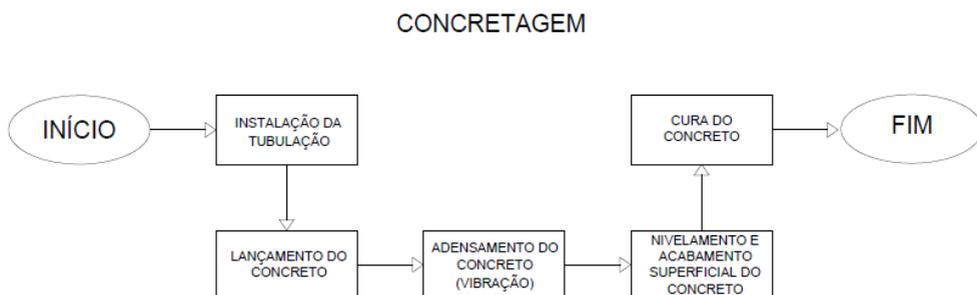
que eles possuem nos serviços (Figura 34). Normalmente a distribuição é feita da seguinte forma:

- Controle da boca da mangueira – um operário;
- Transporte e suporte da mangueira – quatro operários;
- Vibração – dois operários operam os dois mangotes dos vibradores disponíveis na obra e outros dois operários transportam o motor do vibrador;
- Acabamento do concreto – dois operários utilizam o “pé de pato”;
- Conferência de nível com haste metálica – um operário;
- Movimentação do concreto com inchadas ou colheres de pedreiro – dois à quatro operários;
- Conferência do preenchimento dos pilares – um operário;
- Ajustes nos cabos de energia elétrica e serviços em geral – um operário;
- Coordenação do processo – mestre de obras.

É importante citar que na obra estudada os pilares são concretados juntos com as vigas e a laje, e os vibradores utilizados são todos alimentados por energia elétrica (trifásica).

Para a verificação do nível do concreto na laje se utiliza uma haste metálica com uma marcação na altura que garante a espessura correta da laje. Um operário fica colocando a haste metálica no concreto até chegar ao assoalho e neste momento é verificado se o nível está correto.

Durante a concretagem ocorre o ajuste da tubulação e das mangueiras para o lançamento do concreto. O bombista com auxílio de alguns operários instala tubulação e deixam preparado para o concreto ser lançado no ponto mais distante da laje, porém no decorrer do processo alguns pedaços da tubulação são retirados para evitar entupimento da mangueira.

Figura 34 - Fluxograma Concretagem**Figura 35 - Concretagem**

5.15. DESFORMA

5.15.1. DESFORMA DOS PILARES

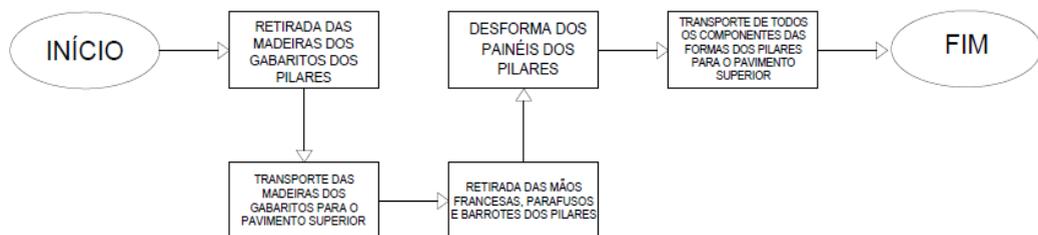
Os processos de desforma de pilares, vigas e laje, na obra estudada, são desempenhados por pessoas com menor conhecimento como ajudantes e serventes. Nota-se também que as equipes são constantemente trocadas, pois os serventes executam diversos serviços pela obra e muitas vezes o operário que na laje passada estava auxiliando um pedreiro agora está na desforma, e vice e versa.

A equipe inicia o processo de desforma dos pilares (**Figura 36**) removendo as madeiras que compõem os gabaritos. Esta atividade pode ser realizada no dia seguinte à concretagem, pois os gabaritos não possuem a função de moldagem ou de suporte dos pilares. São retirados os gabaritos com cuidado e são transportados até o local onde serão montados novamente no pavimento superior, ao lado das armaduras das esperas.

Depois de transportados os gabaritos, os operários iniciam o serviço de retirada das escoras metálicas, dos parafusos de ancoragem e dos barrotes presentes nos pilares. Esses acessórios são colocados de forma organizada ao lado do respectivo pilar, ainda na laje que está sendo desformada.

Passadas 72 horas da concretagem, são desformados os painéis dos pilares e de acordo com o ritmo dos carpinteiros que estão montando os gabaritos no pavimento superior, os painéis e os acessórios dos pilares são transportados para o pavimento superior e posicionados próximos de seus gabaritos.

Diferentemente de como será visto no processo de desforma do assoalho da laje, onde os operários desformam e raspam as madeiras, no processo de desforma dos pilares os painéis são limpos pelos próprios carpinteiros que irão montá-los e não pelos operários responsáveis pela desforma.

Figura 36- Fluxograma Desforma dos Pilares**DESFORMA DOS PILARES****5.15.2. DESFORMA DAS VIGAS**

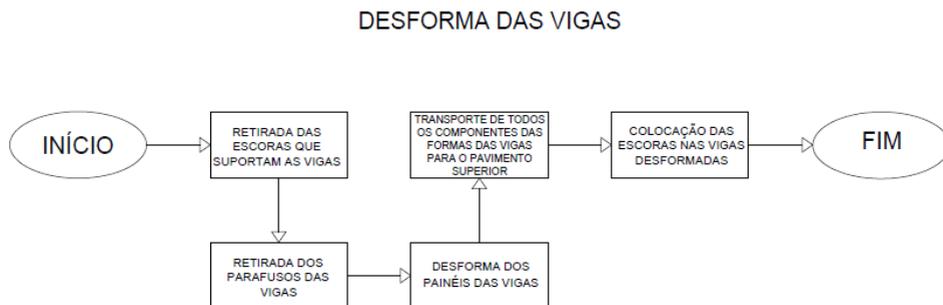
Depois de desformados os pilares, é iniciada a desforma das vigas (**Figura 37**). As atividades desse processo são realizadas pelos mesmos operários citados no processo de desforma dos pilares, podendo variar de acordo com a disponibilidade de serventes.

A primeira atividade a ser desempenhada é cortar os arames das vigas de bordo que foram amarradas. Enquanto alguns operários cortam os arames, outros retiram as escoras metálicas e os parafusos que forçavam o fechamento dos painéis. Esses acessórios são retirados e são colocados próximos das vigas para posteriormente serem transportados juntos dos painéis.

Após a retirada dos acessórios, os painéis das vigas são desformados e, semelhantemente com o que ocorre com os pilares, são transportados para o pavimento superior sem ser feita a limpeza, de acordo com a necessidade dos carpinteiros que estarão montando as vigas. As escoras metálicas e os parafusos são transportados juntos com os painéis das vigas.

O processo termina com a colocação das escoras que permanecerão suportando a viga até o concreto atingir a resistência desejada.

Figura 37 - Fluxograma Desforma das Vigas



5.15.3. DESFORMA DA LAJE

Tendo sido executada a retirada dos painéis das vigas, os operários dão início ao processo de desforma da laje (**Figura 38**). Nesse processo são consideradas as seguintes atividades para a análise:

- Retirada das escoras metálicas e de madeira;
- Retirada das régua e das longarinas;
- Organização das régua, longarinas e escoras;
- Desforma das madeiras do assoalho;
- Limpeza e organização das madeiras compensadas;
- Transporte das madeiras do assoalho;
- Transporte e fixação das escoras na laje que estará sendo executada;
- Colocação das escoras que permaneceram na laje desformada.

A equipe que desempenha o processo de desforma da laje é a mesma já citada para as demais desformas.

Após serem retiradas as escoras, régua e longarinas, organizam-se os materiais, deixando-os separados para a futura reutilização dos carpinteiros na laje superior. Como já citado no tópico **5.5**, são os próprios operários que estão colocando as longarinas que as buscam na laje da desforma.

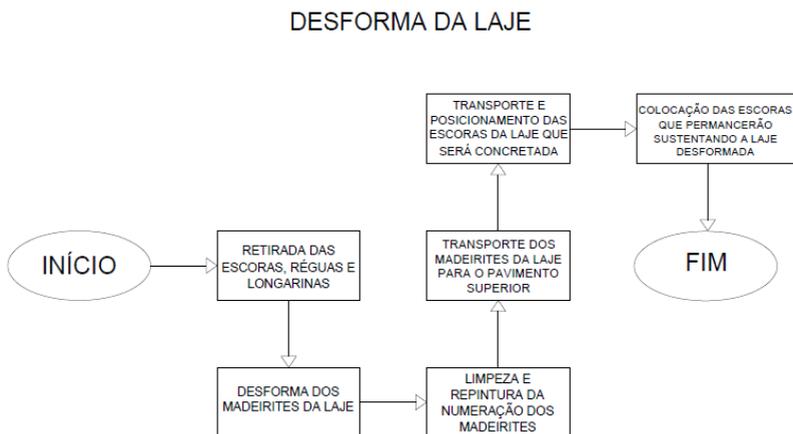
As madeiras compensadas do assoalho da laje são desformados após a retirada das longarinas e são deixados separados para a sua

limpeza. Depois de limpos, são organizados e em seguida transportados até o elevador onde serão enviados para os carpinteiros executarem a sua montagem.

Tendo em vista que a maioria das escoras já foi transportada pelos carpinteiros e seus ajudantes no momento da colocação das longarinas, as escoras que restaram são transportadas e fixadas sob as longarinas do pavimento superior.

A colocação das escoras que permanecem na laje desformada é a última atividade desempenhada pela equipe nesse processo. São selecionadas escoras de madeira de seção e altura maior para serem instaladas na laje até o concreto atingir a sua resistência determinada em projeto.

Figura 38 - Fluxograma Desforma da Laje



6. CÁLCULO DE PRODUTIVIDADE

A partir dos subprocessos descritos no capítulo anterior deste trabalho, foram obtidos dados de produtividade baseados na Razão Unitária de Produção (RUP), possibilitando identificar alguns fatores que influenciam no processo de produção da estrutura dos pavimentos tipo.

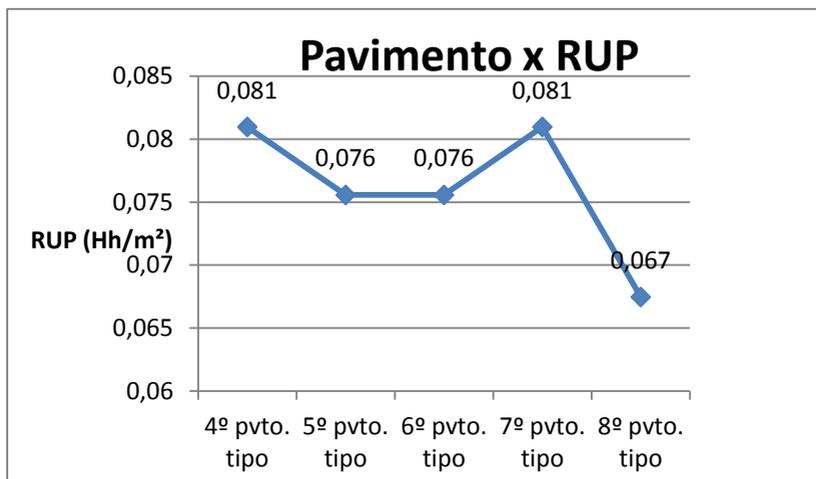
Foram coletadas in loco as quantidades despendidas de mão de obra para a realização de cada subprocesso integrante da execução da estrutura de concreto armado, do quarto ao oitavo pavimento tipo. Apenas os operários que compõem as equipes diretas foram considerados no cálculo da razão unitária de produção. As RUPs consideradas neste capítulo são RUPs cíclicas, onde um ciclo compreende a execução da estrutura de um pavimento tipo.

Visando a facilitar o diagnóstico dos problemas existentes no processo produtivo, os resultados dos cálculos de produtividade dos subprocessos serão apresentados e discutidos separadamente.

6.1. TRANSFERÊNCIA DO EIXO DE REFERÊNCIA E LOCAÇÃO DOS PILARES

Tabela 4 - Transferência do Eixo de Referência e Locação dos Pilares

Pavimento	Transferência do Eixo de Referência e Locação dos Gabaritos				
	H.h - Oficial	H.h - Ajudante	H.h - Total	Qtde. (m ²)	RUP (Hh/m ²)
4º pvto. Tipo	30	30	60	741	0,081
5º pvto. Tipo	28	28	56	741	0,076
6º pvto. Tipo	28	28	56	741	0,076
7º pvto. Tipo	30	30	60	741	0,081
8º pvto. Tipo	25	25	55	741	0,067

Gráfico 1 - Produtividade Transferência do Eixo de Referência e Locação dos Pilares

Adotou-se no cálculo da produtividade no processo de Transferência do Eixo de Referência e Locação dos Pilares o valor de 741 m² para a quantidade de serviço realizado, pois esse é o valor da área total das lajes executadas.

De acordo com os valores das RUPs, nota-se que essa atividade apresenta pouca variância na sua produtividade. Esse foi um dos únicos processos que a equipe que o executou se manteve a mesma durante todo o período de análise, portanto fica perceptível o aumento de produtividade de pavimento para pavimento devido à aprendizagem dos operários.

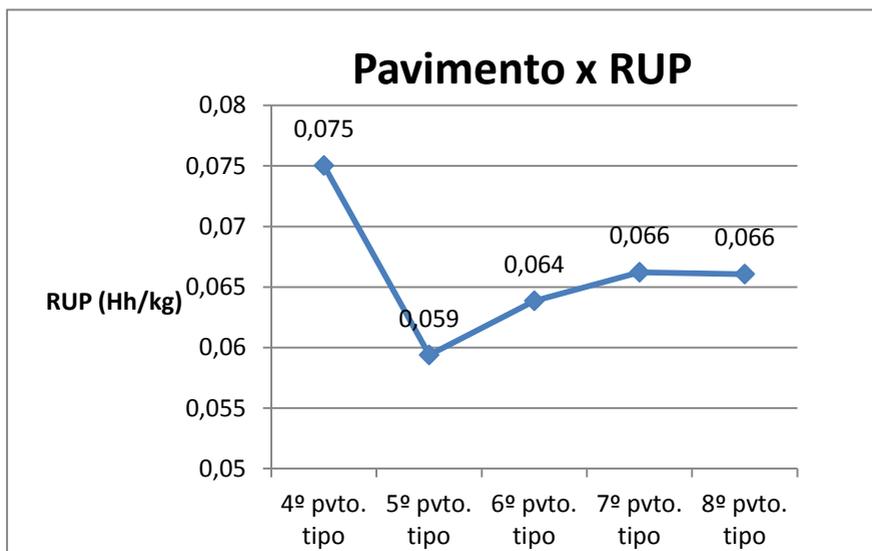
Um fator que provavelmente fez com que a RUP do sétimo pavimento tipo não mantivesse a tendência de diminuição foi a instalação da bandeja secundária, pois dificulta a montagem dos gabaritos para os pilares de bordo. Percebeu-se também que a produtividade pode ser alterada dependendo das condições climáticas e do estado de conservação das madeiras dos gabaritos.

6.2. CORTE, DOBRA, TRANSPORTE E MONTAGEM DAS ARMADURAS DOS PILARES

Tabela 5- Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras dos Pilares

Pavimento	Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras dos Pilares				
	H/h - Oficial	H/h - Ajudante	H/h - Total	Qtde. (m ²)	RUP (Hh/m ²)
4º pvto. tipo	142	57	199	2652	0,075
5º pvto. tipo	82	60	142	2391	0,059
6º pvto. tipo	90	45	135	2114	0,064
7º pvto. tipo	102	27	129	1948	0,066
8º pvto. tipo	80	45	125	1892	0,066

Gráfico 2 - Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras dos Pilares



Nessa atividade a quantidade de serviço adotada foi o peso total de aço utilizado nos pilares do pavimento analisado. Os valores para cada pavimento foram retirados do caderno de armaduras produzido pelos engenheiros calculistas responsáveis.

A disparidade existente no valor da RUP do quarto pavimento tipo pode facilmente ser explicada pelo meio de transporte utilizado para transportar as armaduras dos pilares da central de armação até o pavimento que será executado. Apenas na execução do quinto pavimento tipo, o elevador de obra estava disponível para o transporte das armaduras dos pilares, até então todas as armaduras eram transportadas através do guincho de coluna.

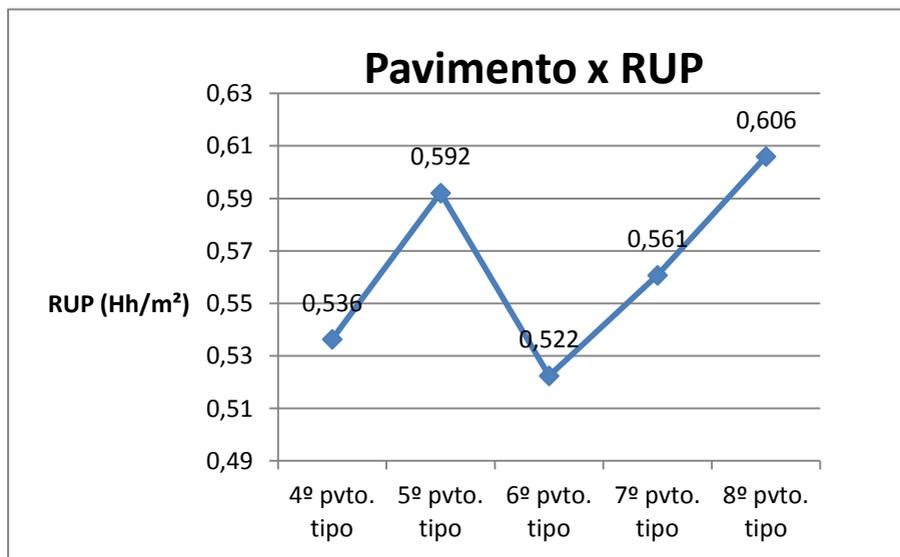
De acordo com a tabela, percebe-se que as RUPs tenderam a aumentar, porém a quantidade de homens/hora total teve uma redução. Portanto é necessário um estudo mais aprofundado para saber qual a real interferência do peso total de barras de aço no processo de corte, dobra e montagem das armaduras dos pilares.

6.3. MONTAGEM DAS FORMAS DOS PILARES

Tabela 6 - Montagem das Formas dos Pilares

Pavimento	Montagem das Formas dos Pilares				
	H/h - Oficial	H/h - Ajudante	H/h - Total	Qtde. (m ²)	RUP (Hh/m ²)
4º pvto. tipo	77	77	154	287,11	0,536
5º pvto. tipo	85	85	170	287,11	0,592
6º pvto. tipo	75	75	150	287,11	0,522
7º pvto. tipo	86	75	161	287,11	0,561
8º pvto. tipo	87	87	174	287,11	0,606

Gráfico 3 - Produtividade Montagem das Formas dos Pilares



A quantidade de serviço utilizada para o cálculo da produtividade na montagem das formas dos pilares é a área total de formas fornecida nos resumos do projeto estrutural. Como as seções dos pilares do quarto ao oitavo pavimento tipo mantêm as mesmas, a quantidade de área de forma de pilares é a mesma em todos os pavimentos analisados.

O principal fator que alterou os valores das RUPs dos diferentes pavimentos foram as equipes utilizadas para a execução da atividade. No quarto e sexto pavimento tipo, por exemplo, foram as duas duplas de profissionais mais experientes que executaram toda a montagem dos pilares.

No oitavo pavimento tipo, os carpinteiros mais experientes montaram parte dos pilares e iniciaram a montagem das formas das vigas, deixando para os menos experientes a continuação da montagem do restante dos pilares.

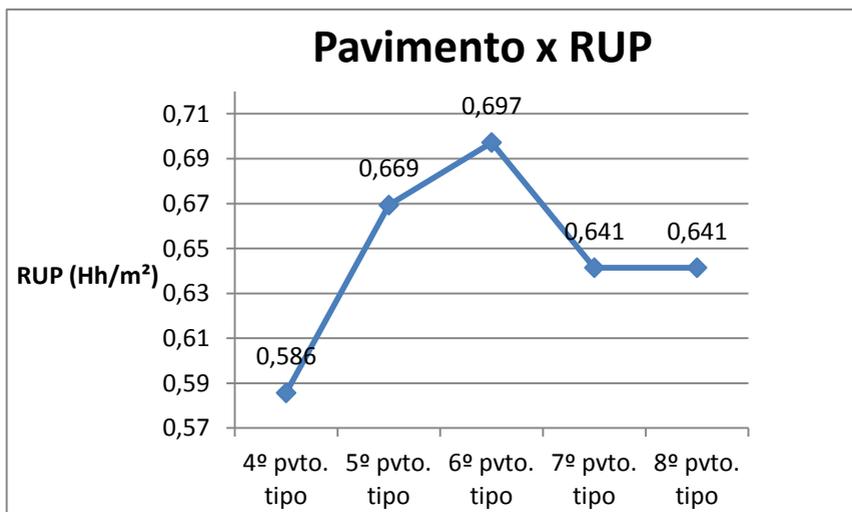
Durante o acompanhamento desse processo foi perceptível o tempo gasto pelos operários para a manutenção das formas. Na obra estudada foram utilizados materiais novos para a execução das formas no primeiro pavimento tipo e nota-se a deterioração dos materiais depois dos seguidos reaproveitamento, causados pelas intempéries e pela desforma inadequada.

6.4. MONTAGEM DAS FORMAS DAS VIGAS

Tabela 7 - Montagem das Formas das Vigas

Pavimento	Montagem das Formas das Vigas				
	H.h - Oficial	H.h - Ajudante	H.h - Total	Qtde. (m ²)	RUP (Hh/m ²)
4º pvto. tipo	100	110	210	358,56	0,586
5º pvto. tipo	120	120	240	358,56	0,669
6º pvto. tipo	125	125	250	358,56	0,697
7º pvto. tipo	115	115	230	358,56	0,641
8º pvto. tipo	115	115	230	358,56	0,641

Gráfico 4 – Produtividade Montagem das Formas das Vigas



A área total de formas de vigas para os pavimentos é de 358,56 m² e esse valor é utilizado para o cálculo de produtividade no processo de montagem das formas das vigas.

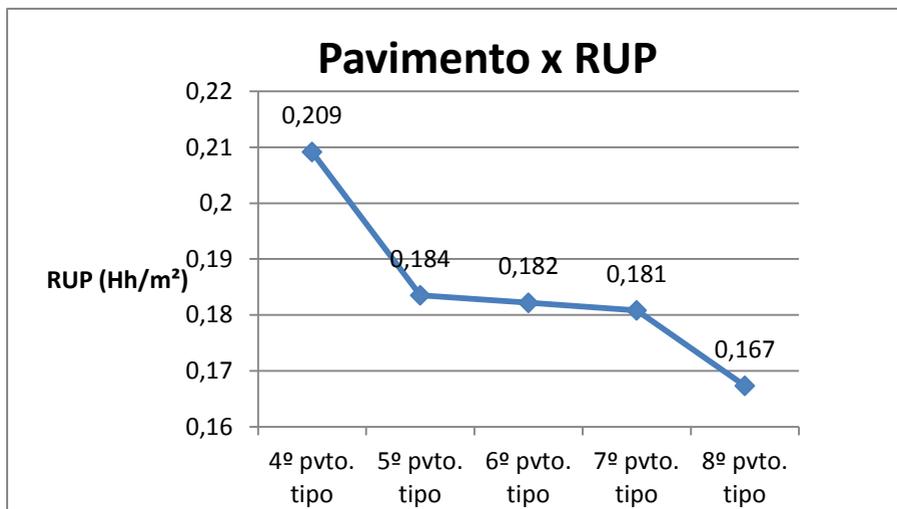
Analisando as RUPs apresentadas na **Tabela 7** fica claro que os valores não seguem nenhuma tendência de crescimento ou de redução. As variáveis que possivelmente aumentam os valores das RUPs são a deterioração dos painéis, mudança de equipe no meio do processo e as condições climáticas. A aprendizagem dos carpinteiros na execução de pavimento à pavimento é o principal fator de aumento da produtividade.

6.5. COLOCAÇÃO DAS LONGARINAS

Tabela 8 - Colocação das Longarinas

<u>Pavimento</u>	Colocação das Longarinas				
	H.h - Oficial	H.h - Ajudante	H.h - Total	Qtde. (m ²)	RUP (Hh/m ²)
4º pvto. tipo	75	80	155	741	0,209
5º pvto. tipo	73	63	136	741	0,184
6º pvto. tipo	75	60	135	741	0,182
7º pvto. tipo	62	72	134	741	0,181
8º pvto. tipo	57	67	124	741	0,167

Gráfico 5 - Produtividade Colocação das Longarinas



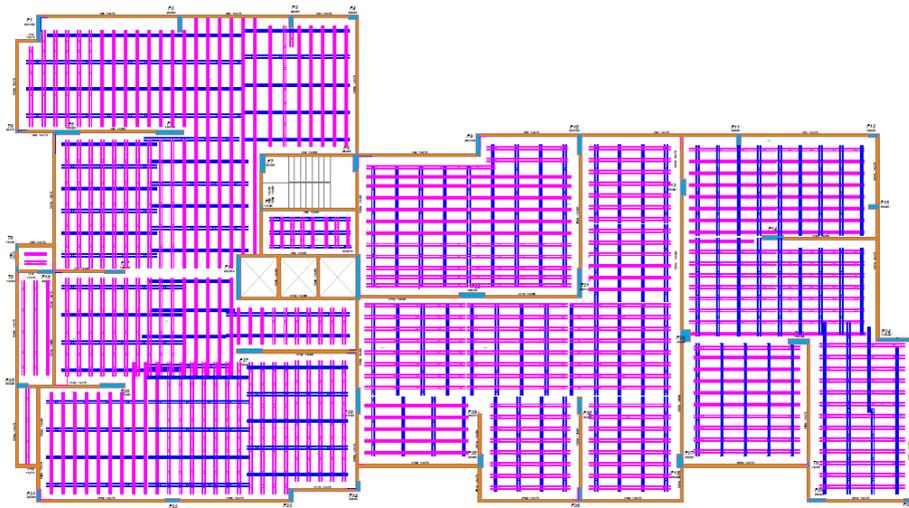
De acordo com a tabela de produtividade do processo de colocação das longarinas (Tabela 8) é evidente a diminuição das razões unitárias de produção. Essa característica se deve ao fato de que o maior tempo gasto nesta atividade é devido à dificuldade de localizar qual é a posição correta das longarinas, e com o tempo os operários começam a memorizar os locais onde as longarinas devem ser colocadas e agilizam o processo.

No quarto pavimento tipo o valor da produtividade é claramente mais baixo do que nos pavimentos posteriores, isso ocorreu, pois houve a introdução do projeto de longarinas (Figura 39) a partir do quinto pavimento, que facilitou o posicionamento delas.

As longarinas, diferentemente das formas, não necessitam de muita manutenção antes das reutilizações. Isso ocorre pois o processo de retirada das longarinas é muito mais simples que o processo de desforma dos painéis ou do assoalho, não necessitando a aplicação de elevada força que pode causar danificação nos materiais.

No cálculo da RUP foi utilizada a área total do pavimento como quantidade produzida.

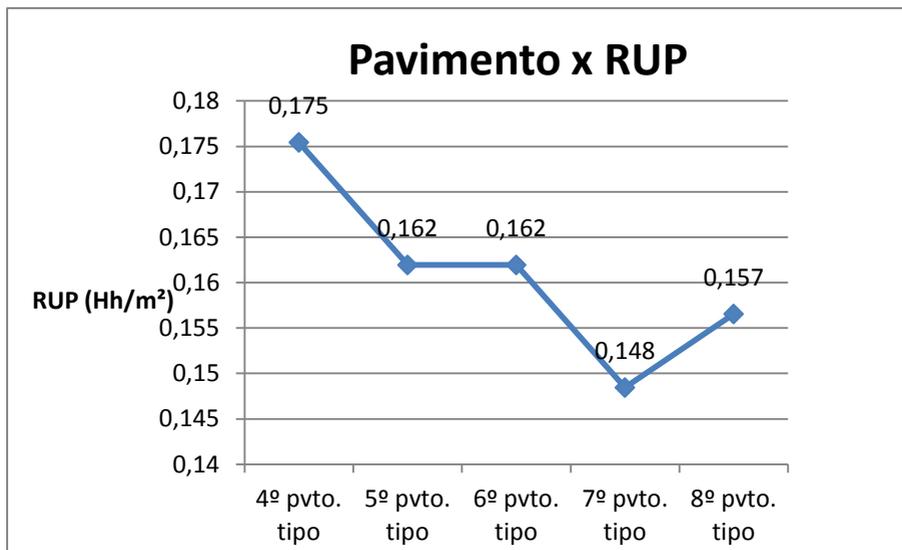
Figura 39 - Projeto de Longarinas



6.6. COLOCAÇÃO DO ASSOALHO DA LAJE

Tabela 9 - Colocação do Assoalho da Laje

Pavimento	Colocação do Assoalho da Laje				
	H.h - Oficial	H.h – Ajudante	H.h - Total	Qtde. (m ²)	RUP (Hh/m ²)
4º pvto. Tipo	65	65	130	741	0,175
5º pvto. Tipo	60	60	120	741	0,162
6º pvto. Tipo	55	65	120	741	0,162
7º pvto. Tipo	50	60	110	741	0,148
8º pvto. Tipo	58	58	116	741	0,157

Gráfico 6 - Produtividade Colocação do Assoalho da Laje

Os dados apresentados na tabela de produtividade da atividade de colocação do assoalho da laje demonstram uma melhoria na produtividade de pavimento para pavimento. O mesmo foi visto no processo de colocação das longarinas, atribui-se a aprendizagem como responsável pela diminuição das RUPs.

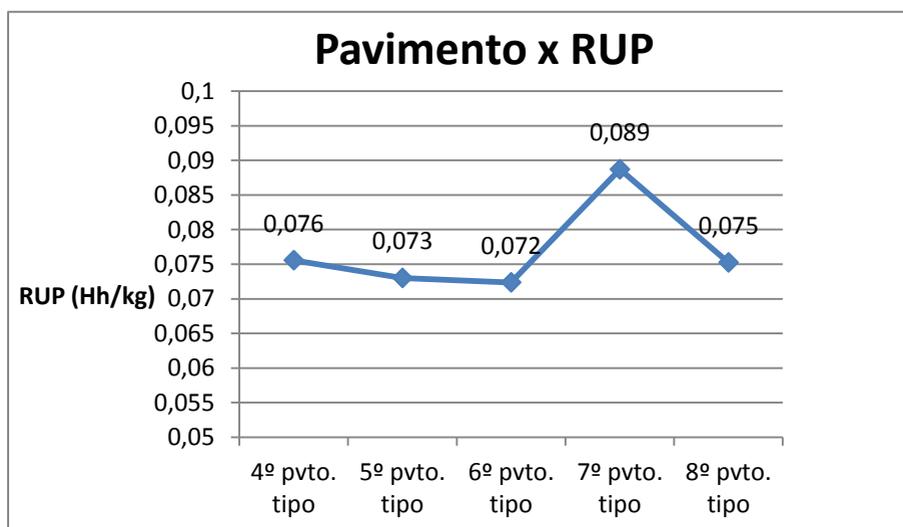
Todavia na colocação do assoalho da laje são necessárias substituições das madeiras compensadas, pois a atividade de desforma é muito agressiva para os materiais. Nota-se um pequeno aumento da RUP no último pavimento, provavelmente, devido ao trabalho de recuperação ou substituição das formas da laje.

6.7. CORTE, DOBRA, TRANSPORTE E MONTAGEM DAS ARMADURAS DAS VIGAS

Tabela 10 - Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras das Vigas

Pavimento	Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras das Vigas				
	H/h - Oficial	H/h - Ajudante	H/h - Total	Qtde. (kg)	RUP (Hh/kg)
4º pvto. tipo	133	103	236	3123	0,076
5º pvto. tipo	148	80	228	3123	0,073
6º pvto. tipo	136	90	226	3123	0,072
7º pvto. tipo	140	137	277	3123	0,089
8º pvto. tipo	130	105	235	3123	0,075

Gráfico 7 - Produtividade Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras das Vigas



No cálculo de produtividade desta etapa, foi utilizado o valor do peso total das armaduras das vigas, fornecido pelo caderno de armaduras do projeto estrutural. Como todas as vigas do quarto ao quinto pavimento tipo são iguais, o valor da quantidade produzida é de 3123 kg.

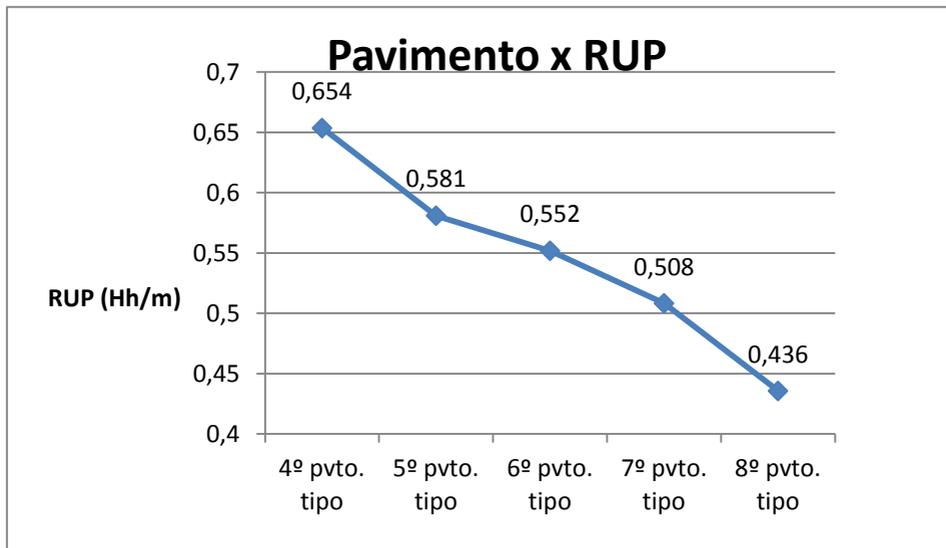
É importante destacar que no sétimo pavimento tipo o valor de quantidade de Homens/Hora de ajudante está fora dos valores aceitáveis, possivelmente ocorreu um erro na coleta de dados e eles não devem ser considerados nesta análise.

Analisando os resultados obtidos nota-se que as RUPs se mantiveram dentro de uma faixa de valores, não havendo nenhum tipo de tendência de aumento ou diminuição nas execuções dos pavimentos seguintes. Possivelmente as mudanças de equipes que executaram esse processo dificultou o efeito de aprendizagem, fazendo com que a produtividade se mantivesse quase a mesma em todas as lajes analisadas.

6.8. AMARRAÇÃO DOS PAINÉIS DAS VIGAS COM ARAMES

Tabela 11 - Amarração dos Painéis das Vigas com Arames

<u>Pavimento</u>	Amarração dos Painéis das Vigas com Arames				
	H.h - Oficial	H.h - Ajudante	H.h - Total	Qtde. (m)	RUP (Hh/m)
4º pvto. tipo	45	45	90	137,71	0,654
5º pvto. tipo	40	40	80	137,71	0,581
6º pvto. tipo	38	38	76	137,71	0,552
7º pvto. tipo	35	35	70	137,71	0,508
8º pvto. tipo	30	30	60	137,71	0,436

Gráfico 8 - Produtividade Amarração das Vigas

O processo de amarração das vigas externas com arames, como os demais processos analisados anteriormente, apresenta o fator de aprendizagem que aumenta a sua produtividade. Tendo em vista que as mesmas duplas executaram a atividade desde a primeira vez que foi realizada e que não se percebe fatores externos que influenciem significativamente o processo produtivo, a aprendizagem dos operários se destaca e consequentemente resulta no aumento da produtividade de pavimento para pavimento. Os dados coletados comprovam o que era imaginado, evidenciando a redução significativa dos valores das RUPs.

Foram considerados para esta atividade os comprimentos das vigas externas (m) como a quantidade produzida para o cálculo das Razões Unitárias de Produção.

6.9. DESFORMA E MONTAGEM DAS FORMAS DA ESCADA

Tabela 12 - Desforma e Montagem das Formas da Escada

Pavimento	Desforma e Montagem das Formas da Escada				
	H.h - Oficial	H.h - Ajudante	H.h - Total	Qtde. (m ²)	RUP (Hh/m ²)
4º pvto. tipo	15	15	30	23,54	1,274
5º pvto. tipo	15	15	30	23,54	1,274
6º pvto. tipo	15	15	30	23,54	1,274
7º pvto. tipo	15	15	30	23,54	1,274
8º pvto. tipo	15	15	30	23,54	1,274

Para as medições de produtividade da desforma e da montagem das formas da escada foi utilizado o valor da área total das formas como quantidade produzida.

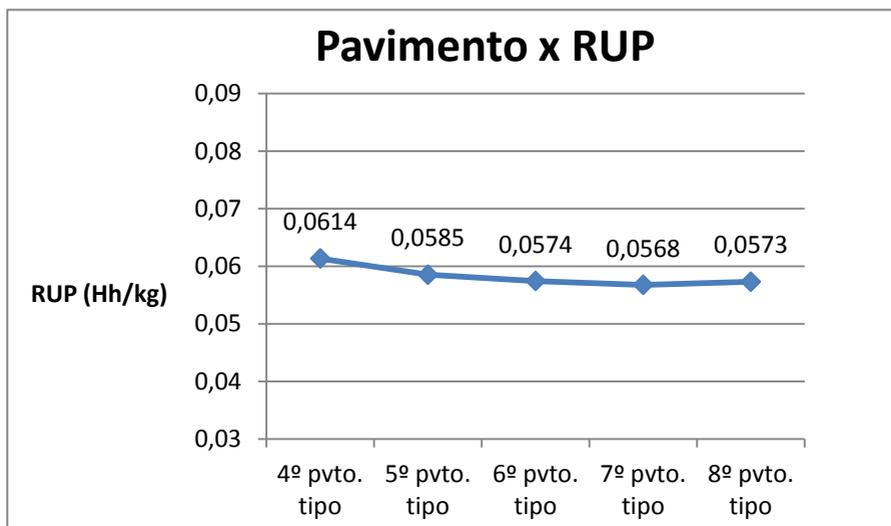
Os resultados obtidos mostram que em todos os pavimentos os operários levaram o mesmo tempo para realizar a atividade. Essa situação ocorre provavelmente porque ao mesmo tempo em que os operários aprendem o processo e o aceleram, os materiais se deterioram e necessitam de manutenção, mantendo assim o mesmo tempo de ciclo para a execução deste processo. Devido ao acompanhamento de diversas atividades ao mesmo tempo, foi muito difícil a obtenção de dados precisos para atividades de curta duração, como o processo em questão. Caso houvesse um número maior de pessoas para a realização desta pesquisa, os dados seriam coletados com maior precisão e possivelmente se encontrariam RUPs diferentes para os cinco pavimentos analisados.

6.10. CORTE, DOBRA, TRANSPORTE E MONTAGEM DAS ARMADURAS DA LAJE

Tabela 13 - Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras da Laje

Pavimento	Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras da Laje				
	H.h - Oficial	H.h - Ajudante	H.h - Total	Qtde. (kg)	RUP (Hh/kg)
4º pvto. tipo	155	300	455	7416	0,0614
5º pvto. tipo	162	272	434	7416	0,0585
6º pvto. tipo	179	247	426	7416	0,0574
7º pvto. tipo	138	283	421	7416	0,0568
8º pvto. tipo	155	270	425	7416	0,0573

Gráfico 9 - Produtividade Corte, Dobra, Transporte e Montagem das Armaduras da Laje



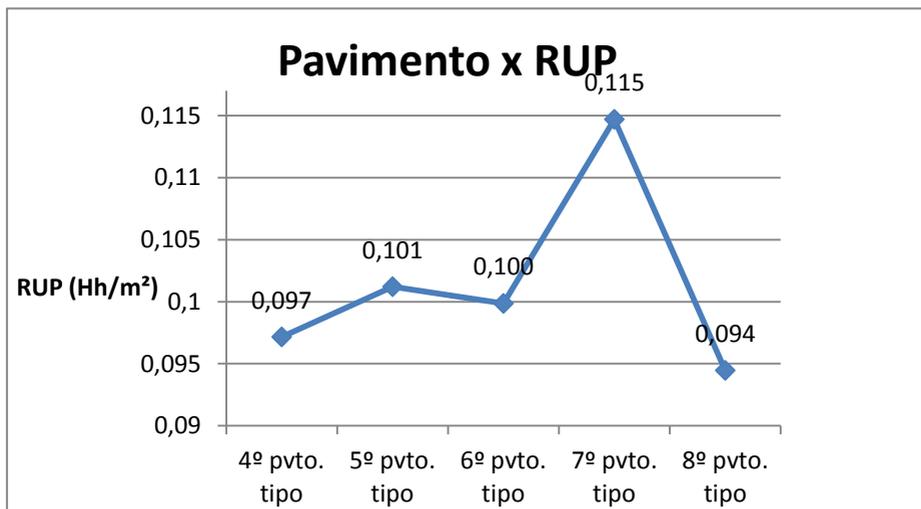
Semelhantemente ao que foi feito no cálculo de produtividade das armaduras de pilares e vigas, foi utilizado o peso total das armaduras descrito no projeto estrutural para a obtenção dos valores das RUPs.

Na obra analisada as atividades de armação, principalmente na etapa da laje, normalmente ocorrem mudanças nas equipes que transportam e amarram as armaduras, por isso nota-se pouca evolução no aspecto de aprendizagem dos operários. Tendo em vista essa característica, as RUPs da atividade variam de laje para laje sem a tendência de diminuição.

6.11. COLOCAÇÃO DOS ELETRODUTOS EMBUTIDOS NA LAJE

Tabela 14 - Colocação dos Eletrodutos Embutidos na Laje

Pavimento	Colocação dos Eletrodutos Embutidos na Laje				
	H.h - Oficial	H.h - Ajudante	H.h - Total	Qtde. (m ²)	RUP (Hh/m ²)
4º pvto. tipo	42	30	72	741	0,097
5º pvto. tipo	45	30	75	741	0,101
6º pvto. tipo	52	22	74	741	0,100
7º pvto. tipo	85	0	85	741	0,115
8º pvto. tipo	45	25	70	741	0,094

Gráfico 10 - Produtividade Passagem dos Eletrodutos Embutidos na Laje

A colocação dos eletrodutos embutidos na laje é um dos processos com maior alternância de equipe e isso se refletiu nos diferentes valores de RUP. Apesar de haver diferença nos valores de produtividade, os valores de quarto, quinto, sexto e oitavo pavimento estão muito próximos. No sétimo pavimento foi notada uma diminuição do rendimento, pois a atividade foi executada por eletricitas contratados de uma empresa terceirizada e que não estavam adaptados ao projeto e aos procedimentos utilizados pela construtora.

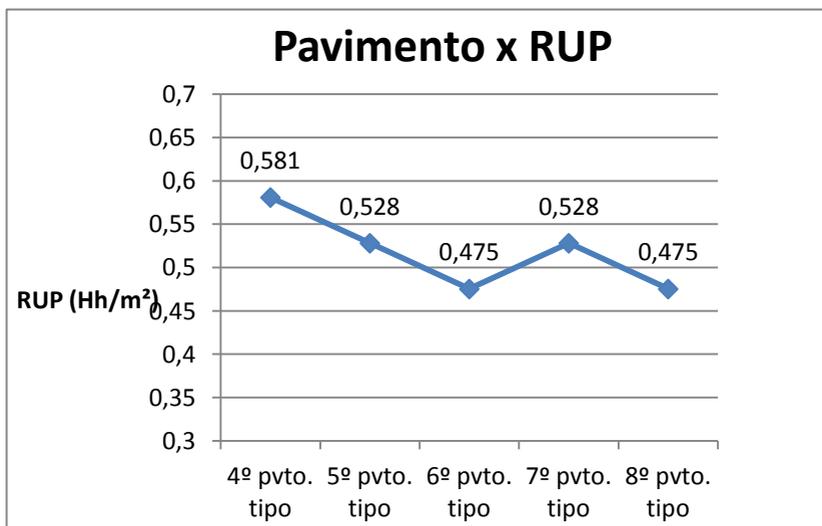
A área do pavimento foi utilizada como quantidade produzida pelos eletricitas no cálculo da produtividade.

6.12. MONTAGEM DAS FORMAS DOS REBAIXOS

Tabela 15 - Montagem das Formas dos Rebaixos

Pavimento	Montagem das Formas dos Rebaixos				
	H.h - Oficial	H.h - Ajudante	H.h - Total	Qtde. (m ²)	RUP (Hh/m ²)
4º pvto. tipo	22	22	44	75,73	0,581
5º pvto. tipo	20	20	40	75,73	0,528
6º pvto. tipo	18	18	36	75,73	0,475
7º pvto. tipo	20	20	40	75,73	0,528
8º pvto. tipo	18	18	36	75,73	0,475

Gráfico 11 - Produtividade Montagem das Formas dos Rebaixos



Para esta atividade a quantidade produzida para cada pavimento é a área total de rebaixos existentes na laje.

Do mesmo modo como foi discutido nas outras atividades de montagem de formas, com as reutilizações dos materiais ocorre a deterioração e são necessárias substituições de algumas partes delas. No

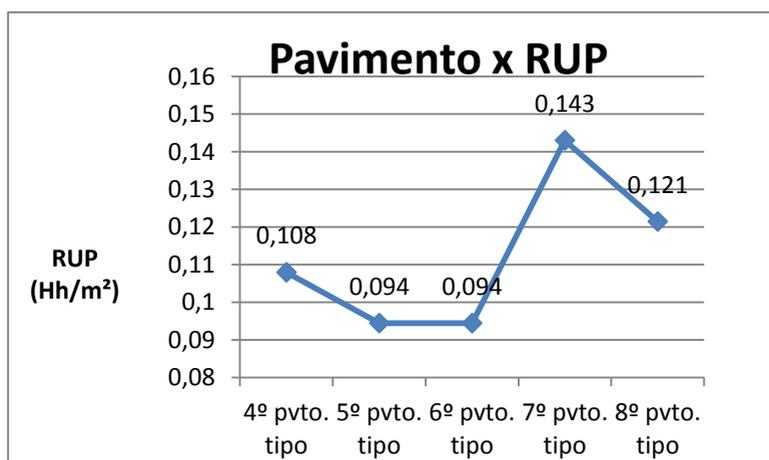
sétimo pavimento tipo foi gasto muito tempo para a manutenção dos sarrafos utilizados como formas e por isso a RUP aumentou nesse pavimento.

6.13. AJUSTES FINAIS DAS FORMAS ANTES DA CONCRETAGEM

Tabela 16 - Ajustes Finais das Formas Antes da Concretagem

Pavimento	Ajustes Finais nas Formas Antes da Concretagem				
	H.h - Oficial	H.h - Ajudante	H.h - Total	Qtde. (m ²)	RUP (Hh/m ²)
4º pvto. tipo	40	40	80	741	0,108
5º pvto. tipo	35	35	70	741	0,094
6º pvto. tipo	35	35	70	741	0,094
7º pvto. tipo	53	53	106	741	0,143
8º pvto. tipo	45	45	90	741	0,121

Gráfico 12 - Produtividade Ajustes Nas Formas Antes da Concretagem



Os dados de produtividade obtidos para esse processo evidenciam o problema de alterar equipes durante a obra, a partir do sétimo pavimento tipo a dupla que exercia essa atividade foi substituída por

outra dupla, o que causou um grande aumento da RUP para os pavimentos seguintes.

Foi adotada como quantidade de serviço executada pelos carpinteiros a área total do pavimento que será concretado.

6.14. CONCRETAGEM

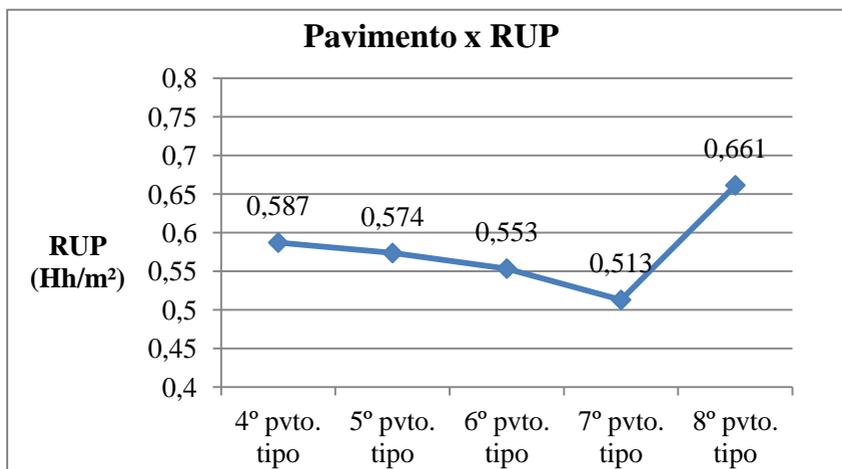
Os cálculos de produtividade das concretagens não foram realizados, pois durante o acompanhamento foi percebido que os fatores consideráveis que alteram a produtividade são alheios ao planejamento do processo. A velocidade da concretagem depende principalmente da disponibilidade de caminhões betoneira carregados de concreto e do bom funcionamento das tubulações e da bomba, fatores que são de responsabilidade da empresa que fornece o material.

6.15. DESFORMA

Tabela 17 – Desforma

Pavimento	Desforma				
	H.h - Oficial	H.h - Ajudante	H.h - Total	Qtde. (m ²)	RUP (Hh/m ²)
4º pvto. tipo	20	415	435	741	0,587
5º pvto. tipo	10	415	425	741	0,574
6º pvto. tipo	10	400	410	741	0,553
7º pvto. tipo	40	340	380	741	0,513
8º pvto. tipo	70	420	490	741	0,661

Gráfico 13 - Produtividade Desforma



O cálculo da produtividade do trabalho de desforma de pilares, vigas e laje demonstrou uma boa curva de aprendizagem até o sétimo pavimento tipo, porém no oitavo notou-se uma queda considerável na produtividade. Após a concretagem do oitavo pavimento tipo, grande parte da equipe responsável pela execução da estrutura da obra analisada foi deslocada para outra obra da construtora, por isso a equipe de desforma foi reduzida para, em média, dois operários.

Além da redução da equipe da desforma, na atividade de montagem das formas a equipe estava com metade do número de operários que usualmente executavam essa atividade. Tendo em vista a diminuição da velocidade de montagem das formas, a demanda por madeira desformada foi reduzida, o que pode ter ocasionado a baixa produtividade da desforma do oitavo pavimento.

7. SUGESTÃO DE MELHORIAS

Neste capítulo serão propostas melhorias baseadas nas informações até então obtidas nesse trabalho que visem a aumentar a produtividade no processo de execução da estrutura de concreto armado dos pavimentos tipo.

Será dividido o capítulo em três itens que definem grupos de atividades que integram o processo de execução da estrutura, que são eles: atividades em geral, carpintaria e armação.

7.1. ATIVIDADES EM GERAL

7.1.1. APRESENTAR INDICADORES DE DESEMPENHO AOS OPERÁRIOS

Na obra analisada foram encontradas diversas ferramentas que aumentam a transparência do processo, como placas informativas e limpeza da obra em geral, porém se observou que não eram apresentadas aos operários as informações de desempenho e de metas. Portanto, sugere-se que se apresente aos trabalhadores dados sobre os seus desempenhos e quais são as metas a serem batidas dentro de determinados períodos. Essas informações podem ser divulgadas através de reuniões ou de painéis informativos nas áreas de vivência.

7.1.2. UTILIZAR EQUIPAMENTOS DE COMUNICAÇÃO MÓVEL

Propõe-se a adoção de equipamentos de comunicação como *walk talk* para facilitar a comunicação entre os operários. Apesar da existência de interfones em todos os pavimentos, muitas vezes o guincheiro não se encontra próximo ao interfone, impossibilitando a comunicação. Também existem momentos específicos, como no transporte de armaduras, onde muitas vezes é necessária a comunicação e os trabalhadores perdem muito tempo se deslocando até o interfone.

7.1.3. ADOTAR CONDUTORES DE ENTULHO PARA TRANSPORTE DE RESÍDUOS

Já amplamente utilizados na construção civil os condutores de entulho (**Figura 40**) são tubulações que transportam verticalmente os resíduos dos pavimentos superiores até a caçamba de entulho, apenas

com o auxílio da gravidade. A utilização desta ferramenta eliminaria as atividades de transporte vertical de resíduos pelo elevador e o transporte horizontal de carrinhos de mão até a caçamba de entulho, consequentemente aumentaria a efetividade de todos os processos produtivos existentes na obra.

Figura 40 - Conductor de Entulhos



Fonte: Google Imagens

7.1.4. REALIZAR A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

No acompanhamento do processo produtivo foram percebidas diversas atividades que não agregam valor ao produto sendo executadas por decorrência da falta de comunicação entre os projetistas. Pode-se exemplificar a situação quando são encontradas caixas para passagem de tubulações hidrossanitárias na laje onde serão posicionadas as armaduras, resultando na realização de cortes nas barras de aço para desvia-las das caixas. Aconselha-se que antes de iniciar a execução da estrutura seja sobreposto os projetos uns sobre os outros buscando encontrar interferências entre eles para previamente serem corrigidas.

7.1.5. PROMOVER A MOTIVAÇÃO DOS FUNCIONÁRIOS

Para garantir o princípio de melhoria contínua no processo produtivo é importante fazer com que os operários se sintam bem dentro do canteiro de obras. A indústria da construção civil possui muita dependência da mão de obra no processo produtivo, portanto os trabalhadores devem estar motivados para garantir uma boa produtividade.

Durante o período de análise da obra observou-se poucas atividades organizadas pela empresa que buscasse a integração dos funcionários, então se sugere a organização de atividades como confraternizações, treinamentos e indicações de funcionário do mês.

7.2. ATIVIDADES DE CARPINTARIA

7.2.1. REDIMENSIONAR A EQUIPE DE LOCAÇÃO DOS PILARES

Durante as observações da operação de locação dos pilares notaram-se diversos deslocamentos desnecessários e tempos de espera. O carpinteiro que possui a habilidade de interpretar os projetos se deslocava até a mesa onde estavam os projetos de formas e de locação dos pilares e a partir das dimensões dos painéis, calculava a posição dos gabaritos de acordo com os eixos de referência. Depois de calculadas as medidas, o carpinteiro voltava para o local do pilar e com a ajuda do seu ajudante marcava as posições dos gabaritos. Caso esse carpinteiro ou o mestre de obras ficasse exclusivamente comunicando as medidas para uma dupla pregar os sarrafos do gabarito, haveria uma redução muito grande de atividades que não agregam valor para o processo. Além de reduzir os deslocamentos, não haveria tempo de espera, pois enquanto os dois operários pregavam as madeiras de um gabarito, as medidas do próximo gabarito já estariam sendo calculadas e informadas na sequência.

7.2.2. MUDAR O PROCESSO DE INSTALAÇÃO DA BANDEJA SECUNDÁRIA

Como foi visto no item **6.1**, durante a execução do sétimo pavimento tipo, houve uma queda na produtividade do processo de locação dos pilares em decorrência da execução de atividades que não agregam valor ao produto. Para a colocação dos gabaritos dos pilares de bordo foi necessária a realização de cortes nas madeiras que compõem a bandeja secundária para a correta locação dos gabaritos.

Caso os operários que realizam a montagem da bandeja secundária deixem aberturas na bandeja nos locais onde existem pilares de bordo, haverá a eliminação de uma atividade no processo de locação dos pilares, tornando-o mais produtivo.

A **Figura 41** é uma foto retirada do pilar de bordo no pavimento onde a bandeja secundária está instalada, apesar do gabarito já ter sido retirado é possível perceber o corte que foi realizado para conseguir posicioná-lo.

Figura 41 - Bandeja Secundária



7.2.3. UTILIZAR A MESMA EQUIPE NA EXECUÇÃO DE TODOS OS CICLOS

Para se manter a padronização dos processos e reduzir o tempo de ciclo é importante utilizar a mesma equipe para a realização das atividades durante toda a obra. Nas atividades de montagem de formas ou de desforma nos pavimentos tipo, onde ocorrem repetições de projetos, o fator aprendizagem é muito mais efetivo.

7.2.4. CONTROLAR A DILUIÇÃO DO DESMOLDANTE

O desmoldante utilizado na obra demanda diluição em água antes da aplicação e a proporção da mistura é recomendada pelo fabricante, dependendo da condição da forma. Durante o acompanhamento da montagem das formas foi percebido o desconhecimento dos operários quanto à quantidade de água que poderia ser acrescentada na mistura. Além disso, quando o nível de desmoldante no reservatório está baixo é acrescentado um volume da água ainda maior para aumentar o rendimento do produto.

A aplicação inadequada do desmoldante resulta em uma maior dificuldade no momento da desforma e uma maior danificação das madeiras. Consequentemente os carpinteiros que estarão montando as formas dos pavimentos seguintes deverão reformar ou substituir um número maior de formas, gerando atividades que não agregam valor ao produto. A **Figura 42** é uma foto tirada da obra logo após a desforma de uma viga, nota-se a grande aderência da madeira ao concreto, que provavelmente é consequência da má diluição do desmoldante.

Aconselha-se a realização de treinamentos aos operários que aplicam o desmoldante, informando como realizar a correta diluição e aplicação do produto.

Figura 42 – Diluição Inadequada do Desmoldante



7.2.5. REALIZAR A DESFORMA DE MANEIRA ADEQUADA

Um dos princípios citados por Koskela para a execução do *Lean Construction* é agregar valor ao produto através do atendimento das necessidades dos clientes. Como visto na etapa de fundamentação teórica, o atendimento às necessidades dos clientes internos são de extrema importância para reduzir a quantidade de operações que não agregam valor ao produto.

Os carpinteiros que montam as formas são clientes internos que dependem do processo de desforma para a realização do seu serviço, pois os painéis que foram danificados por consequência da desforma inadequada necessitam ser reparados. Portanto, os operários que realizam a desforma devem ser treinados para aprender a realizar o processo de maneira correta. A inspeção das atividades de desforma também é imprescindível para garantir a sua qualidade.

7.2.6. MARCAR AS LONGARINAS COM AS SUAS MEDIDAS

A utilização do projeto de longarinas, como visto no item **6.5**, acelerou o processo produtivo por facilitar a localização das longarinas, porém outras medidas podem ser colocadas em prática para agilizar ainda mais o processo de colocação das longarinas.

As longarinas são pintadas com o número da laje correspondente, porém não estão indicadas as medidas de seus comprimentos, então os

operários precisam medir os tamanhos das longarinas para conseguir localizar as que foram solicitadas. A operação de medição da longarina com o auxílio de trena pode ser eliminado se forem pintados os comprimentos das longarinas nas suas laterais, aumentando a eficiência do processo.

7.2.7. UTILIZAR DOIS PROJETOS PARA FACILITAR O TRANSPORTE DAS MADEIRAS DO ASSOALHO DA LAJE

Na obra estudada as madeiras compensadas que compõe o sistema de formas da laje são pintadas com uma numeração referente ao seu posicionamento dentro da laje. Para facilitar a localização das madeiras foi elaborado um projeto do posicionamento delas, porém foi impressa apenas uma cópia deste projeto que normalmente fica com os operários que estão colocando as madeiras dentro do elevador, no pavimento onde esta sendo realizada a desforma.

Tendo em vista, isso os carpinteiros que estão posicionando as madeiras muitas vezes encontram dificuldades para informar qual a fileira de madeiras que eles desejam, por não possuírem uma cópia do projeto. Caso seja impressa mais uma cópia deste projeto haverá uma redução de retrabalhos gerados pelo problema citado.

A

Figura 43 é o projeto de localização das madeiras utilizadas para a execução do assoalho da laje dos pavimentos tipo.

Figura 43 - Projeto Assoalho da Laje



7.3. ATIVIDADES DE ARMAÇÃO

7.3.1. COMPRAR BARRAS DE AÇO CORTADAS E DOBRADAS

Baseado no princípio de redução do número de etapas é possível eliminar as atividades de corte e dobra de armaduras de pilares, vigas e lajes. Atualmente muitas empresas estão adquirindo as barras de aço cortadas e dobradas, pois aceleram o seu processo produtivo. É importante analisar a viabilidade de comprar barras cortadas e dobradas de acordo com o custo e a disponibilidade de fornecedores na região.

Caso seja adotada a compra de aço cortado e dobrado é preciso realizar mudanças no canteiro de obra para organizar o estoque dos elementos cortados e dobrados. Deve-se exigir do fornecedor que etiquetas de identificação das armaduras não dificultem a sua localização no momento da montagem delas.

7.3.2. UTILIZAR ESTRIBOS INTELIGENTES

O estribo inteligente é uma nova tecnologia utilizada para a colocação de estribos em estacas, pilares e vigas que, segundo fabricantes, reduz em até 65% o tempo de mão de obra utilizado na armação. O sistema se baseia na utilização de estribos pré-fabricados que não apresentam emendas, reduzindo o tempo de montagem, entretanto devem-se obter mais informações quanto a sua eficiência estrutural. A Figura 44 foi retirada do site de um fornecedor de estribos inteligentes.

Figura 44 - Estribos Inteligentes.



Fonte: www.flexfer.com.br

7.3.3. MUDAR O LOCAL DE DEPÓSITO DAS BARRAS DE AÇO

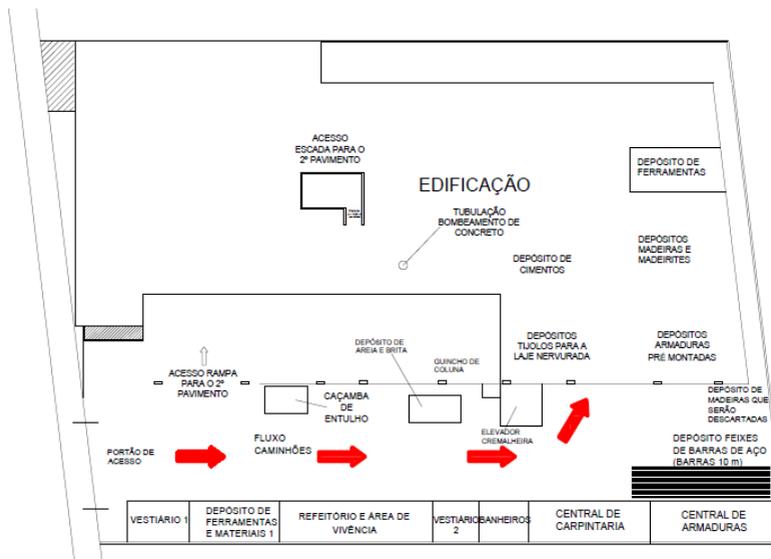
Caso seja mantida a compra de barras de aço sem estarem cortadas e dobradas, é importante alterar o local de depósito delas. O local utilizado para o armazenamento das barras de aço causa atrasos no processo produtivo por atrapalhar o deslocamento dos operários. Observando os deslocamentos de recursos durante a execução do processo, percebem-se diversos desvios de trajetórias feitos pelos trabalhadores para não passar por cima das barras de aço.

Além de atrapalhar o processo de corte, dobra, montagem e transporte das armaduras, o local de depósito das barras de aço dificulta diversas outras atividades na obra, como o descarregamento de caminhões.

A **Figura 45** é uma sugestão para o layout do canteiro que tem como objetivo facilitar a movimentação dos recursos. O depósito de ferramentas ao lado da central de armação é deslocado para o interior de

edificação e as barras de aço são posicionadas no local onde estava o depósito de ferramentas no antigo canteiro (**Figura 5**).

Figura 45 - Sugestão Layout Canteiro Térreo



7.3.4. REDUZIR A QUANTIDADE DE BARRAS DE AÇO ESTOCADAS

Seguindo a filosofia da produção enxuta que propõe a redução da quantidade de material depositado, sugere-se fracionar as compras das barras de aço. Percebe-se uma quantidade muito grande de barras depositadas que aguardam muito tempo até a sua utilização, ocupando espaço e causando problemas para o deslocamento de pessoas e materiais (**Figura 46**).

Figura 46 - Barras de Aço Estocadas

7.3.5. CONFERIR AS ARMADURAS ANTES DE TRANSPORÁ-LAS PARA O LOCAL DE MONTAGEM DEFINITIVA

Durante o acompanhamento das atividades da obra foram evidenciadas diversas situações no momento de montagem das armaduras de pilares, lajes e vigas onde os armadores percebem a ausência de barras de aço e necessitam descer até a central de armação para cortar e dobrar os elementos que faltavam.

Sugere-se, a criação de uma pré-inspeção, para eliminar os deslocamentos desnecessários, assim as armaduras seriam conferidas no pavimento térreo, pois caso sejam encontrados erros nas armaduras, os armadores podem corrigir antes do transporte da armadura.

7.3.6. UTILIZAR SISTEMAS MAIS EFETIVOS PARA O TRANSPORTE DAS ARMADURAS

Com base nos dados de produtividade, ficou clara a redução da Razão Unitária de Produção do processo de corte, dobra, montagem e transporte das armaduras dos pilares depois de passar a transportá-los com o auxílio do elevador, ao invés do guincho de coluna.

Portanto, sugere-se realizar a instalação do elevador de obra o quanto antes, pois ele agilizará o transporte das armaduras dos pilares.

Outra opção que poderia aumentar a produtividade do processo seria a utilização de uma grua, haja vista a possibilidade de ser feita a montagem completa das armaduras de pilares e vigas na central de armação para depois serem transportadas para o seu local definitivo. Poderiam ser utilizadas telas de aço soldado como armaduras da laje, pois são facilmente transportadas pela grua, conseqüentemente diversas etapas do processo seriam eliminadas. Além disso, o transporte das

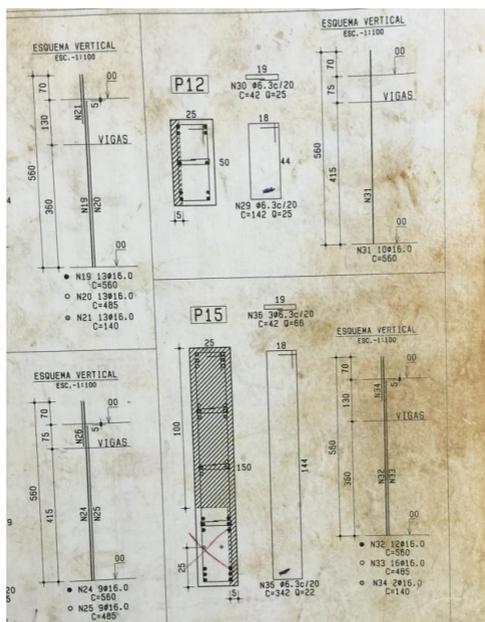
armaduras com uma grua utilizaria muito menos operários para a sua realização.

7.3.7. FORNECER UM NÚMERO MAIOR DE CÓPIAS DE PROJETOS DE ARMADURAS PARA OS ARMADORES

Um problema muito interessante e que passa muitas vezes despercebido é a degradação das folhas dos projetos de armação, decorrente das seguidas reutilizações durante a execução dos pavimento tipo (Figura 47). Na execução dos últimos pavimentos tipo, notou-se a dificuldade que os armadores tiveram para interpretar as informações apresentadas nos projetos, causando desperdício de tempo durante a execução das atividades que envolvem armaduras.

A impressão de mais cópias do projeto garantirá que os armadores sempre tenham em mãos projetos legíveis, causando a redução de desperdício de tempo no processo.

Figura 47 - Projeto Estrutural Degradado



8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.1. CONCLUSÕES

A mudança de paradigma no modelo de produção da construção civil trará muito desenvolvimento para o setor, porém as empresas que não se adaptarem dificilmente conseguirão competir de forma igualitária no mercado. A utilização da nova filosofia de construção civil em uma construtora resulta em construções com menos desperdícios e com produtos que atendem as expectativas dos clientes.

Após a realização deste trabalho percebe-se que é extremamente necessário que o profissional que executa a gestão de uma obra entenda plenamente o funcionamento do seu canteiro. Muitos desperdícios existentes no processo de construção foram encontrados após a observação e a caracterização do canteiro de obras e do processo produtivo. Além disso, o controle da produtividade serviu como base para se detectar vários fatores que atrapalhavam a eficiência da produção. Considera-se que a base de informações sobre o processo obtidas neste trabalho foi suficiente para se atingir o objetivo principal, que é a sugestão de melhorias no processo de execução da estrutura.

Os princípios do *Lean Construction* associados com os dados da descrição do processo foram fundamentais para encontrar diversas atividades que não agregam valor ao produto e sugerir mudanças que objetivam a melhoria do processo produtivo. Percebeu-se que várias das alterações sugeridas não necessitam de grandes investimentos, entretanto podem vir a trazer reduções significativas de deslocamentos de recursos ou de momentos de espera.

Espera-se que a construtora em questão aplique as mudanças no seu processo de execução da estrutura de concreto armado sugeridas nesse trabalho e verifique os resultados obtidos.

8.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Apesar de serem obtidos bons resultados neste trabalho, acredita-se que a realização de pesquisas com um tempo maior de acompanhamento de obras facilitará a localização e eliminação de um

número maior de desperdícios de mão de obra existentes nos processos produtivos.

Recomenda-se a execução de trabalhos semelhantes que considerem a construção de uma obra de maneira global ou que foquem em outros processos existentes na construção civil, como execução de alvenaria, reboco e pintura.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, L. O. C.; SOUZA, U. E. L. (2001) – Produtividade da mão de obra na execução de alvenaria: detecção e quantificação dos fatores influenciadores – Boletim Técnico, 28p. USP, São Paulo.

BERNARDES, M. (2010) – Planejamento e controle da produção na empresa de construção civil, 190p. Rio de Janeiro: LTC.

CARRARO F. (1998) – Produtividade da mão-de-obra no serviço de alvenaria – Dissertação (Mestrado), 226p. USP, São Paulo.

FORMOSO, C. T. (2000) – *Lean Construction*: Princípios Básicos e Exemplos. NORIE/UFRGS.

HONDA, R. H. (2011) – Subsídios para o planejamento da implantação do sistema *Lean Construction* em uma construtora – Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Engenharia de Produção, USP, São Paulo.

ISATTO, E. et al. (2000) – *Lean construction*: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil, 177p. Porto Alegre, SEBRAE/RS.

KOSKELA, L. (1992) – Application of the New Production Philosophy to Construction. Tech. Report No 72, CIFE, Stanford Univ., CA.

KUREK, J. et al. (2006) – Aplicação dos princípios *Lean* ao setor de edificações, 95p. UPF, Passo Fundo.

MESQUITA, J. F. M. (2013) – Viabilidade de uso de peças “H20” como cimbramento em sistemas de formas. Projeto de Graduação – Curso de Engenharia Civil UFRJ, Rio de Janeiro.

OYAMA, R. de A; MOTA, W. S. B. (2010) – Aplicação dos Princípios da Construção Enxuta em Uma Obra Vertical. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil UNAMA, Belém

SHINGO, S. (1996) – O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção; 2º edição – Porto Alegre: Bookman

SOUZA, U. E. L. (1996) – Metodologia para o estudo de produtividade da mão de obra no serviço de fôrmas para estrutura de concreto armado – Tese (Doutorado) 280p. USP, São Paulo.

TONIN, L. A. P. (2012) – Desenvolvimento de Proposta de Aplicação da *Lean Construction* em uma construtora. Trabalho de Iniciação Científica e Tecnológica – Curso de Engenharia Civil UNIVALI, Itajaí.

WONACK, J. P; JONES, D.T; ROSS, D. (1990) – The machine that changed the world. Macmillian publishing Company, New York, USA.