



Lean Construction em Estaleiros

BRUNO GENESTRETTI

Outubro de 2018

LEAN CONSTRUCTION EM ESTALEIROS

BRUNO GENESTRETTI

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE GESTÃO DA CONSTRUÇÃO

Orientador: José Carlos Castro Pinto Faria

Co-Orientador: Nelson Carvalho Maestrelli

LEAN CONSTRUCTION EM ESTALEIROS

BRUNO GENESTRETTI

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE GESTÃO DA CONSTRUÇÃO

Orientador: José Carlos Castro Pinto Faria

Co-Orientador: Nelson Carvalho Maestrelli

JUNHO DE 2018

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Agradecimentos.....	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Equações	xv
ÍNDICE DE TABELAS	xvii
Abreviaturas	xix
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
CAPÍTULO 2 Estado da Arte	5
CAPÍTULO 3 Caso de Estudo: Construção de um Edifício Residencial no Centro de São Paulo	37
CAPÍTULO 4 Considerações Finais	75
Referências Bibliográficas	77
Anexo I – Cronograma Físico-Financeiro da Obra	83

RESUMO

A construção civil é um dos mercados mais importantes da economia nacional, tanto no Brasil, quanto em Portugal, representando números elevados no produto interno bruto de cada país e também empregando números consideráveis de colaboradores.

O mercado da construção civil tem se tornado cada vez mais globalizado, fazendo com que o lucro das empresas esteja cada dia mais reduzido e apresentando um ambiente cada vez mais competitivo. Para enfrentar essas mudanças é necessário adotar novas formas e metodologias de planejamento que façam com que ocorra um aumento da produtividade por meio da eliminação dos desperdícios. Uma das filosofias que podem ser utilizadas na construção civil para eliminar os desperdícios é o *Lean Construction*, filosofia advinda do *Lean Production* que nasceu no *Toyota Production System*.

Muitos dos desperdícios da construção civil podem ser identificados na fase de planejamento do estaleiro, para tanto se faz necessário realizar um planejamento dos *layouts* do estaleiro para cada fase de produção. O planejamento do estaleiro, e até mesmo o planejamento da obra em si, muitas vezes são negligenciados pelas construtoras brasileiras.

Esta dissertação, por meio de sua revisão bibliográfica e de seu caso de estudo, visa apresentar e compreender a filosofia do *Lean Construction*, entendendo seus princípios e ferramentas, além de executar o planejamento de um estaleiro real no centro de São Paulo, aplicando alguns princípios e ferramentas do *Lean Construction*, realizando as mudanças necessárias nos *layouts* para cada fase de execução. Os resultados obtidos pelo autor poderão ser consultados pela empresa nas fases de execução da obra.

Palavras-chave: *Lean Production*, *Lean Construction*, Construção Civil, Desperdícios, Estaleiros.

ABSTRACT

Civil construction is one of the most important markets of the national economy, both in Brazil and Portugal, representing high numbers in the gross domestic product of each country and also employing considerable numbers of employees.

The construction market has become increasingly globalized, making the profit of the companies are increasingly smaller and presenting an increasingly competitive environment. In order to face these changes, it is necessary to adopt new forms and planning methods that can cause an increase in productivity through the elimination of waste of production. One of the philosophies that can be used in construction to eliminate waste is Lean Construction, a philosopher from Lean Production that was born in the Toyota Production System.

Many of the construction waste can be identified in the planning stage of the building site, so it is necessary to carry out a planning of the building site layouts for each production phase. The planning of the building site, and even the planning of the work itself, are often neglected by Brazilian builders.

This dissertation, through its bibliographic review and its case study, aims to present and understand the philosophy of Lean Construction, understanding its principles and tools, and executing the planning of a real building site in the center of São Paulo, applying some principles and Lean Construction tools, making the necessary changes to layouts for each run phase. The results obtained by the author can be consulted by the company in the execution phases of the work.

Keywords: Lean Production, Lean Construction, Construction, Wasty, Building Site.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador José Pinto Faria pela paciência e orientação durante toda esta dissertação, proporcionando idéias importantes e estando sempre disposto a me ajudar.

Ao meu co-orientador Nelson Maestrelli por abraçar minha proposta de trabalho, pelos auxílios e ensinamentos prestados durante a elaboração desta dissertação.

Aos professores da Universidade Presbiteriana Mackenzie e aos professores do Instituto Politécnico do Porto que contribuíram para a minha formação durante todos esses anos.

Aos meus pais e familiares pelo apoio incondicional que têm me dado durante todos esses anos e pelas oportunidades que me proporcionam.

À minha namorada pelo apoio constante nas horas mais difíceis, motivação e paciência.

A todas as amizades que tive oportunidade de fazer durante todos esses anos de faculdade, as quais quero levar por toda a vida.

ÍNDICE DE TEXTO

1.1	Considerações Iniciais	1
1.2	Objetivo do Trabalho	3
1.3	Metodologia do Trabalho.....	3
2.1	Desperdícios no Setor da Construção	5
2.2	Produtividade no Setor na Construção	8
2.3	<i>Lean Production</i>	9
2.3.1	<i>Surgimento da Toyota Production System (TPS)</i>	9
2.3.2	<i>Princípios do Lean Production</i>	11
2.4	<i>Lean Construction</i>	15
2.4.1	Características da Construção Civil	15
2.4.2	Surgimento do <i>Lean Construction</i>	16
2.4.3	<i>Princípios do Lean Construction</i>	17
2.4.4	Ferramentas do <i>Lean Construction</i>	21
2.5	Planeamento e Dimensionamento de Estaleiros.....	35
3.1	Objetivo do Caso de Estudo	37
3.2	Caracterização da Obra	37
3.3	Dificuldades Identificadas Previamente.....	40
3.4	Principais Processos Estudados	42
3.5	Dimensionamento e Disposição das Instalações Provisórias	45
3.6	Planeamento do Estaleiro na Execução de Estacas	50
3.7	Planeamento do Estaleiro na Execução dos Blocos de Fundação	56
3.8	Planeamento do Estaleiro na Execução da Alvenaria Estrutural	62

ÍNDICE DE TEXTO

3.9	Síntese das Ferramentas <i>Lean</i> Utilizadas no Planeamento do Caso de Estudo	71
4.1	Conclusões.....	75
4.2	Desenvolvimentos Futuros.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Linha de montagem Toyota.....	10
Figura 2.2 A Casa TPS.....	11
Figura 2.3 Ferramenta 5S.....	22
Figura 2.4 Exemplo de painel com cartões kanban.....	23
Figura 2.5 Exemplo de painel de controle visual	24
Figura 2.6 Exemplo de mecanismo poka yoke	25
Figura 2.7 O BIM no ciclo de vida de uma edificação	28
Figura 2.8 Processo de Planejamento Last Planner System	29
Figura 2.9 Exemplo de uma análise de causa raiz	30
Figura 2.10 Esquema do mapeamento do fluxo de valor	31
Figura 2.11 Exemplo de mapeamento de fluxo de valor	32
Figura 2.12 Exemplo real de digrama de spaguetti	33
Figura 3.1 Fachada da obra	38
Figura 3.2 Implantação da obra	38
Figura 3.3 Planta tipo a.....	39
Figura 3.4 Planta tipo b	39
Figura 3.5 Planta tipo b1	40
Figura 3.6 Planta tipo d.....	40
Figura 3.7 Zona de Restrição Máxima de Veículos	41
Figura 3.8 Estacionamento da Gráfica	42
Figura 3.9 Estreitamento na via	42
Figura 3.10 Fluxograma de execução de fundação	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.11 Fluxograma de execução de blocos de fundação.....	44
Figura 3.12 Fluxograma de execução de alvenaria estrutural	44
Figura 3.13 Classificação das obras de construção perante a NR 4	46
Figura 3.14 Dimensionamento de empregados perante a NR 4	46
Figura 3.15 Primeira tentativa de acerto do layout.....	47
Figura 3.16 Segunda tentativa de acerto do layout	48
Figura 3.17 Terceira tentativa de acerto do layout	49
Figura 3.18 Vista frontal do conjunto de containers	49
Figura 3.19 Exemplo de organização de outra obra da empresa	50
Figura 3.20 Primeira tentativa de acerto do layout.....	52
Figura 3.21 Segunda tentativa de acerto do layout.....	52
Figura 3.22 Terceira tentativa de acerto do layout	53
Figura 3.23 Definição de posição de stocks de armações	54
Figura 3.24 Planejamento da fase de execução das estacas feita em obra	54
Figura 3.25 Divisão dos blocos de fundação em 5 trechos	58
Figura 3.26 Layout do estaleiro na 5ª fase de concretagem	59
Figura 3.27 Planejamento para 1ª até 4ª fase de concretagem	60
Figura 3.28 Planejamento para 5ª fase de concretagem	60
Figura 3.29 Primeira tentativa de acerto do posicionamento do elevador.....	63
Figura 3.30 Segunda tentativa de acerto do posicionamento do elevador.....	64
Figura 3.31 Terceira tentativa de acerto do posicionamento do elevador.....	65
Figura 3.32 Primeira tentativa de acerto do posicionamento da mini grua.....	66
Figura 3.33 Segunda tentativa de acerto do posicionamento da mini grua	66
Figura 3.34 Posicionamento do stock de blocos	67
Figura 3.35 Posicionamento do stock de ensacados	68
Figura 3.36 Posicionamento do stock de aço	69
Figura 3.37 Planejamento de concretagem das lajes	69

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 2.1 – Equação da produtividade	9
--	---

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 PIB e ocupação na cadeia da construção em 2016	02
Tabela 2.1 Síntese de princípios do Lean Construction	20
Tabela 3.1 Matriz de correlações na fase de execução das fundações	51
Tabela 3.2 Verificação das correlações importantes na fase de fundações.....	52
Tabela 3.3 Síntese de ações e melhorias esperadas na fase de fundações.....	56
Tabela 3.4 Matriz de correlações na fase de execução dos blocos de fundação	57
Tabela 3.5 Verificação das correlações importantes na fase de blocos fundações.....	61
Tabela 3.6 Síntese de ações e melhorias esperadas na fase de blocos de fundação.....	61
Tabela 3.7 Matriz de correlações na fase de execução da alvenaria estrutural	62
Tabela 3.8 Verificação das correlações importantes na fase de alvenaria estrutural.....	70
Tabela 3.9 Síntese de ações e melhorias esperadas na fase alvenaria estrutural.....	71
Tabela 3.10 Fases de construção e as ferramentas Lean	72
Tabela 3.11 Fases de construção e respectivos prazos	73

ABREVIATURAS

ABRAMAT – Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção

FMC – *Ford Motor Company*

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

TMC – *Toyota Motor Company*

TPS – *Toyota Production System*

LPS – *Last Planner System*

BIM – *Building Information Modeling*

IDA - *Institute for Defense Analysis*

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A história da construção civil é intrínseca à história da humanidade e das antigas civilizações. Segundo Campos (2017), construir faz parte da natureza humana. A necessidade de proteção fazia com que os homens primitivos habitassem as cavernas formadas entre as rochas. Com o tempo e alguns pequenos avanços tecnológicos, o homem passou a construir os locais para sua proteção; surge aí então o conceito de habitação.

Na Grécia Antiga, o surgimento das primeiras cidades-estado fez com que o modelo das edificações até então utilizado pelos povos primitivos fosse desenvolvido, pois foi nesse ponto da História que começaram a surgir os primeiros aglomerados urbanos. Este desenvolvimento foi realmente consolidado, na Europa Ocidental, durante o Império Romano.

Na Idade Média novos métodos construtivos foram implementados. A construção de grandes castelos e igrejas era comandada por mestres de obra, que possuíam algum conhecimento sobre o assunto, através de experiências adquiridas após erros e acertos. Nessa altura ainda não era executado um projeto prévio das edificações. É durante o Renascimento que surgem os primeiros projetos das edificações, que já contemplavam estudos prévios que delineavam qual o método construtivo e quais as matérias primas seriam utilizadas em todo os processos daquela obra. Do Renascimento até os dias de hoje foram descobertas mais inúmeras matérias primas, bem como novos métodos construtivos.

Nos dias atuais, segundo Campos (2017), o índice de desenvolvimento de um país pode ser mensurável pelas suas obras e construções ao nível de Engenharia e Arquitetura. Por isso, a qualidade de vida de uma população está diretamente ligada às obras públicas e privadas que estão sendo executadas e entregues em determinado país.

A atividade da construção civil, tanto no Brasil, quanto em Portugal, tem uma grande representatividade na economia, pois além de agregar valor às matérias primas, transforma-as em bens imóveis, gera milhões de empregos ao longo de toda a sua cadeia produtiva. De acordo com Campos (2017), a construção civil é o motor da economia nacional e internacional, sustentando e dinamizando a economia de muitos países.

Para Grenho (2009), o fato de a construção ter um papel muito importante na economia é algo indiscutível. De acordo com Cunha (2017), o setor da construção civil representa pouco menos de 12% do PIB de Portugal. Em paralelo isso, Moro (2015) afirma que no Brasil, de 2007 até 2012, o PIB da construção cresceu mais que o PIB nacional.

A Associação Brasileira da Indústria de Materiais de Construção (ABRAMAT) publicou um artigo no qual reforça a importância da indústria da construção civil na economia nacional. De acordo com a publicação, a construção civil adicionou pouco mais de 460 milhões ao PIB nacional em 2016, o que representa aproximadamente 7,5% do PIB brasileiro em 2016, ocupando 11 milhões de pessoas em todos os elos da cadeia produtiva. A tabela 1.1 representa os dados apontados pelo ABRAMAT.

Tabela 1.1 – PIB e ocupação na cadeia da construção em 2016 (ABRAMAT).

Elos da Cadeia	PIB		Pessoal Ocupado	
	R\$ milhão	%	Pessoas	%
Construção	305.027	66,24	8.005.663	69,06
Indústria de Materiais	54.334	11,8	663.997	5,73
Comércio de Materiais	39.432	8,56	992.741	8,56
Serviços	23.306	5,06	553.085	4,77
Máquinas e Equipamentos	3.150	0,68	51.249	0,44
Outros Fornecedores	35.230	7,65	1.326.208	11,44
Total da Cadeia da Construção Civil	460.478	100	11.592.943	100

De acordo com Grenho (2009), todos os profissionais e pesquisadores que trabalham na área da construção civil tem notado uma necessidade de mudança no sistema produtivo, para que as empresas do setor sobrevivam em um ambiente cada vez mais globalizado. Segundo Smyth (2010) a indústria da construção civil tem sido extremamente criticada por ser ineficiente e por apresentar baixos lucros.

Grenho (2009) identifica alguns dos principais pontos que impulsionam essa necessidade de mudança como a redução das margens de lucro, o aumento da competitividade no setor e a maior atenção ao produto final por parte dos clientes. Além dos já citados pelo autor português, Diepembruck (2017) realça a falta de mão de obra qualificada, algo que é muito recorrente no mercado da construção civil brasileira, mas que não ocorre em outros setores industriais do Brasil. Alvarenga, Silva e Mello (2017) lembram que o setor da construção civil brasileiro é conhecido como o menos tecnológico e com as maiores deficiências em gestão. Viveiros (2016) lembra que com a crise atual que vem assolando a economia mundial faz com que seja cada vez mais necessário tirar o máximo da rentabilidade das atividades e processos construtivos.

Segundo Lawlor (1985, *apud* Campos, 2017), a mudança mais eficaz para enfrentar os novos desafios da construção civil é a melhoria da produtividade reduzindo os desperdícios. Segundo Câmara (2015), um estaleiro bem planejado pode gerar maior produtividade e reduzir desperdícios em geral. No Brasil, segundo Fonseca (2013), o planejamento dos estaleiros de obras tem sido negligenciado durante todo este tempo.

Este trabalho visa o estudo da implantação de uma filosofia para melhoria da produtividade nos estaleiros de obra, no qual a escolhida foi a filosofia *Lean Construction*.

Segundo Campos (2017), o *Lean Construction* é baseado na filosofia do *Lean Production*. O *Lean Production*, de acordo com Grenho (2009), surgiu na Toyota com o intuito de desenvolver princípios e boas práticas que fariam com que a produção de automóveis no Japão conseguisse crescer mesmo com a presença e ameaça da indústria automobilística americana. De acordo com Cunha (2017), esse novo modelo de gestão procura melhorar a qualidade do produto, além de diminuir tempo de produção e seus custos. Segundo Ohno (1997), autor referência no tema, a filosofia do *Lean Production* se baseia na eliminação total do desperdício.

Recentemente, com os avanços na discussão sobre o *Lean Construction*, já existem trabalhos de pesquisa de aplicação de *Lean Construction* em projetos de estradas como o trabalho de Tezel, Koskela e Aziz (2018), trabalhos sobre associação de *Lean construction* com o tema “*Internet of Things*” como no trabalho de Dave *et al* (2016) e também trabalhos sobre desenvolvimento socio-econômico do Ártico com o auxílio da metodologia do *Lean Construction* como no trabalho de Balashova e Gromova (2017).

1.2 OBJETIVO DO TRABALHO

O objetivo deste trabalho é compreender os conceitos da filosofia *Lean Construction* e analisar as ferramentas que podem ser aplicadas aos estaleiros de obras, com o intuito de melhorar a produtividade, eliminando os desperdícios que podem ser detectados na fase de planejamento.

1.3 METODOLOGIA DO TRABALHO

Este trabalho foi executado em duas fases. A primeira é composta por uma ampla pesquisa bibliográfica acerca da filosofia *Lean*, já a segunda fase é composta por um estudo de caso.

A revisão do estado da arte, tem como objetivo compreender os princípios que serviram de base para toda a filosofia do *Lean Production* e do *Lean Construction*, buscando também as ferramentas utilizadas para colocar as filosofias em prática. Essa pesquisa foi efetuada tanto em repositórios brasileiros, quanto em repositórios portugueses e internacionais. De acordo com Silva e Menezes (2005), nesta fase deverá

CAPÍTULO 1

ser apresentado tudo o que outros autores já publicaram sobre o assunto, apresentando desta forma tudo o que já se sabe ou já foi discutido sobre o tema.

O estudo de caso que serviu de base a este trabalho tem como objeto uma obra no centro da cidade de São Paulo, no qual o autor teve uma experiência profissional. A análise da obra foi delimitada em implantação inicial do estaleiro, fundações, blocos de fundações e alvenaria estrutural.

No estudo de caso foi planejado e implantado um estaleiro de obra, respeitando as normas regulamentadoras e também tendo em vista os princípios estudados da filosofia do *Lean Construction*.

Foram feitas tentativas de implementação das ferramentas do *Lean Construction* e algumas tentativas de melhoria dos *layouts* da obra, sempre buscando aumentar a produtividades e reduzir os desperdícios.

Como justificativa da melhor opção de *layout* serão evidenciados alguns indicadores quantitativos e qualitativos na conclusão. De acordo com Yin (2005), o objetivo do estudo de caso é o aprofundamento de um tema, colocando em prática às ideias estudadas em uma revisão bibliográfica.

CAPÍTULO 2

ESTADO DA ARTE

2.1 DESPERDÍCIOS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO

Os desperdícios de uma forma geral nas cadeias produtivas são muito prejudiciais, reduzindo qualidade, aumentando os custos e estendendo os prazos. De acordo com Cunha (2017), os desperdícios fazem com que a indústria cobre muito mais do que o valor que ela entrega, praticando assim um preço injusto.

Identificar os desperdícios na construção civil nem sempre é tão rápido como na indústria automotiva ou na indústria da informática. Shingo (2010) salienta que muitas vezes os desperdícios aparentam ser algum trabalho útil. Para Koskela (1992) a construção civil possui uma combinação de algumas particularidades que os outros setores não possuem, como a organização temporária, produtos únicos, produção no estaleiro (produto fixo), pesada regulamentação, alto nível de complexidade e fragmentação de valor. A pouca repetitividade nas atividades da construção civil acrescidas a todas estas características, fazem com que os desperdícios sejam percebidos muito tempo após o seu acontecimento.

Há ainda no setor uma mentalidade de que os desperdícios são apenas o uso excessivo de materiais, porém segundo Formoso *et al.* (1997) o conceito de desperdícios engloba tanto as perdas do uso excessivo de materiais, como também a realização de atividade desnecessárias que geram custos e não agregam valor ao produto do ponto de vista do cliente. Senaratne e Wijesiri (2008, *apud* Abasian-Hosseini, 2014) acrescentam que existem várias as atividades que ocorrem na construção civil que podem ser considerados desperdícios por não acrescentarem valor ao produto final. Para entender melhor o conceito de desperdício, é necessário entender como podem ser classificadas as atividades.

Para Koskela (1992), as atividades podem ser divididas em dois grandes grupos: as atividades de conversão e as atividades de fluxo. De uma maneira geral, as atividades de conversão são aquelas que efetivamente agregam valor ao produto final, transformando matéria prima em um produto a ser comercializado. Já as atividades de fluxo são responsáveis por dar suporte as atividades de conversão.

Podem ocorrer desperdícios nos dois tipos, mas as atividades de fluxo são as que apresentam maior capacidade de racionalização. Diepembruck (2017) acrescenta ainda que, na construção civil as atividades de fluxo são na maioria das vezes negligenciadas, sendo apenas considerado as atividades de conversão.

As atividades podem ainda ser classificadas de acordo com a sua agregação de valor e sua necessidade. Segundo Ohno (1997) e Womack e Jones (1998), as atividades podem ser divididas em 3 grupos:

- As atividades que agregam valor e são necessárias;
- As atividades que não agregam valor e são necessárias;
- As atividades que não agregam valor e não são necessárias.

Cunha (2017) considera esse último grupo como o puro desperdício dentro das empresas e é justamente esse tipo de atividade que a filosofia do *Lean Production* tem como objetivo principal eliminar.

Os desperdícios na construção podem ser classificados tendo como base seu controle, natureza e origem. No âmbito do controle e de acordo com Formoso *et al.* (1997), as perdas podem ser classificadas como inevitáveis e evitáveis. Em todos os setores deve haver desperdícios que são intrínsecos a atividade, os desperdícios que irão ocorrer por melhor que seja o planejamento envolvido naquela atividade e os desperdícios inevitáveis são considerados normais segundo Formoso *et al.*.

A classificação quanto à natureza dos desperdícios foi elaborada originalmente por Ohno (1997), também abordada por Shingo (1996) e depois por Liker (2005). Essa classificação ainda tem servido como base para a maioria dos trabalhos recentes estudados sobre o assunto, como Campos (2017), Cunha (2017), Viveiros (2016), López, Grajales e Corrales (2016), Calé (2015) e Heravi e Rashid (2018). A classificação em questão está distribuída em:

- Excesso de produção: A superprodução é um dos mais maléficos desperdícios que existe. Produzir mais que o necessário faz com que estejamos produzindo algo que não há demanda, gastando mais matéria prima e fazendo com que haja necessidade de estocar os produtos, gerando um outro tipo de desperdício. De acordo com Shingo (1996), este desperdício pode ser eliminado com a produção *just in time* defendida pela filosofia *Lean*;
- Tempos de espera: A paralisação da produção por espera de material, equipamento, mão de obra ou informação é muito prejudicial à produção, fazendo com que as tarefas que haviam sido agendadas para aquele determinado horário seja produzidas em mais tempo que o realmente necessário. Liker (2005) acrescenta também nessa classificação os funcionários que servem apenas para vigiar uma máquina;
- Transportes: A necessidade de transportar os materiais e os equipamentos diversas vezes durante a linha de produção, faz com que agregue um desperdício totalmente desnecessários à produção.

Por isso planejar o posicionamento de máquinas e equipamentos nos locais onde eles realmente serão utilizados faz com que haja uma eliminação desses desperdícios. Shingo (1996), lembra que o transporte apenas aumenta o custo, e nunca agrega valor ao produto;

- Procedimentos inadequados: Os procedimentos e as metodologias de trabalhos devem ser muito bem estudados e repassados aos colaboradores, eliminando esse tipo de desperdício na produção. Liker (2005) identifica nessa classificação os projetos de baixa qualidade de um produto;
- Excesso de *stocks*: Esse tipo de desperdício está estritamente ligado ao excesso de produção, pois a superprodução faz com que seja necessário estipular um local para que seja armazenado todo esse excesso, gerando mais custos e também oferecendo riscos à qualidade do produto;
- Movimentação desnecessária: O excesso de movimentação dos trabalhadores em seus postos de trabalho também podem ser maléficos à produção, por isso o local de trabalho deve ser planejado e bem organizado. Shingo (2010) explica que na maioria das vezes há uma tendência em se pensar que se os colaboradores estão se movimentando, estão trabalhando, algo que nem sempre é verdade. Liker (2005) identifica até a ação de caminhar como um desperdício;
- Defeitos: Produzir produtos que não estejam de acordo com um padrão de qualidade previamente estabelecido é extremamente danoso à produção, gerando um retrabalho e também uma perda da matéria prima do material que está com defeito.

Essa classificação é a mais difundida, pois foi nela em que o *Lean Production* começou por se embasar e até os dias de hoje ainda são utilizadas pelos pesquisadores. Calé (2015) elaborou algumas propostas de solução para os desperdícios identificados por Ohno (1997) e Shingo (1996):

- Excesso de produção: padronizar e uniformizar a produção, nivelar a produção, produzir apenas quando necessário;
- Tempos de espera: nivelar a produção, implementar o *layout* específico para a atividade em questão;
- Transportes: flexibilizar a produção; reduzir as distâncias através do estudo de *layouts*;
- Excesso de *stocks*: reforçar o planejamento das atividades; nivelar a produção para garantir um fluxo contínuo;
- Movimentação desnecessária: padronizar a produção; treinar os colaboradores para as atividades; criar procedimentos para serem executados pelos colaboradores;

- Defeitos: criar dispositivos que possam detectar erros, automatizar a produção; treinar os colaboradores para as atividades.

Complementando as ideias de Ohno (1997) e de Shingo (1996), Liker (2005) defendeu a existência de um oitavo desperdício que seria a não utilização das ideias dos colaboradores, os quais estão todos os dias lidando com a linha de produção e podem ter informações e ideias de grande valia para a gestão, desperdiçando assim a criatividade e habilidade dos trabalhadores.

Quando esses desperdícios foram analisados tendo como base a construção civil, Koskela (2004) acrescentou uma nona classificação a esta lista, chamando-a de *making-do*. Basicamente o *making-do* é a paralisação das atividades durante um determinado momento por falta de algum recurso, causando uma variabilidade na produção, algo que pode ser muito prejudicial ao planejamento da obra.

A classificação quanto à origem está ligada à etapa onde ela foi gerada. Segundo Formoso *et al.* (1997) uma perda pode ser gerada na fase de produção, ou pode ser gerada em fases anteriores a esta, porém o mais importante é que ela seja detectada o quanto antes para que possa ser solucionada o quanto antes e assim prosseguir para as próximas atividades.

2.2 PRODUTIVIDADE NO SETOR NA CONSTRUÇÃO

O conceito de produtividade não é algo que vem sendo discutido há muito tempo. Perante a história da humanidade é algo bem recente. Os primeiros a ponderarem o conceito de produtividade foram, segundo Campos (2017), os economistas François Quesnay e Adam Smith, por volta do século XVIII, durante o crescimento da indústria na Europa. Mas foi após a Segunda Guerra Mundial, com a necessidade de os países aumentarem a sua produção interna, que o uso da palavra produtividade veio a se tornar mais comum.

No âmbito bibliográfico existem diversas definições de produtividade, mas de uma maneira geral, a que é mais utilizada é a definição criada por Prokopenko. Segundo Prokopenko (1987, *apud* Campos, 2017) produtividade é a relação entre os *outputs* e os *inputs* de uma determinada atividade. Uma outra definição que expressa a importância da produtividade é a de Krugman (1994, *apud* Campos, 2017), que expressa que a curto prazo a produtividade não é quase nada, porém a longo prazo ela é quase tudo.

De uma maneira geral os *outputs* são os produtos ou serviços que uma determinada atividade é capaz de produzir, ou seja, o resultado, final ou intermediário. Já os *inputs* são a mão de obra, os materiais, os equipamentos e o capital investido. Assim, quanto mais enxuto for o valor total dos *inputs*, ou seja, quanto menos *inputs* ele utilizar, melhor será a produtividade. A Equação 2.1 mostra a razão que define a produtividade.

$$produtividade = \frac{Output}{Input}$$

Equação 2.1 – Equação da produtividade (Campos, 2017).

O fator tempo também pode ser considerado um *input*. Segundo Moro (2015), a produtividade será maior se o tempo de produção for menor. Além do fator tempo, de acordo com Campos (2017), os aspectos que mais originam a perda de produtividade são as atividades que não agregam valor, ou seja, os desperdícios. Estes dois fatores, tempo e desperdícios, são pontos extremamente discutidos e importantes para implantação do *Lean Production*.

Medir a produtividade durante uma obra é de extrema importância. Segundo Campos (2015), a produtividade é uma medida que pode auxiliar na análise da eficácia e eficiência, podendo servir de ferramenta para as tomadas de decisões durante a obra. Infelizmente, as medidas de produtividade do mercado de construção brasileiro não são boas, de acordo com Abiko *et al* (2005, *apud* Camera, 2015) a produtividade brasileira é em torno de 35% da produtividade americana.

2.3 LEAN PRODUCTION

2.3.1 Surgimento da Toyota Production System (TPS)

Para entender o que realmente é a filosofia do *Lean Production*, faz-se necessário compreender o contexto no qual ela surgiu. Segundo Calé (2015), no início do século XX, o mundo vivia a Segunda Revolução Industrial e Henry Ford já havia revolucionado a indústria automobilística com o seu inovador modelo de produção em massa, baseando-se nas ideias desenvolvidas pelo engenheiro Frederick Taylor.

De acordo com Campos (2017), as pequenas fábricas com a mão de obra muito especializada haviam se transformado em grandes fábricas com mão de obra que estava alienada a uma pequena atividade dentro de todo um processo. Segundo Cunha (2017), baseando-se nos princípios do taylorismo, Ford desenvolveu um modelo que buscava, através de uma linha de montagem apoiada em uma esteira de produção, aumentar a produção e reduzir os custos.

A Segunda Guerra Mundial trouxe consigo o fim da Segunda Revolução Industrial. As grandes potências industriais já possuíam fábricas com elevada produção em massa. De acordo com Arantes (2008), com o resultado da Segunda Guerra Mundial, o Japão durante a década de 1950 passava por dificuldades econômicas e diversas montadoras de veículos internacionais estavam interessadas em operar no Japão e assim dificultando às exportações japonesas.

CAPÍTULO 2

De acordo com Womack e Jones (1990), os representantes da *Toyota Motor Company* (TMC), Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, foram até a fábrica da *Ford Motor Company* (FMC) em Detroit. Lá eles tiveram um contato direto com o modelo desenvolvido por Ford, o qual eles iriam tentar copiar em seu país. Quando eles retornaram, constataram que seria impossível adotar o mesmo modelo no Japão, pois o país possuía certos empecilhos que inviabilizariam a mudança. Womack e Jones (1990) elencam algumas barreiras encontradas pelos representantes da TMC em adotar o modelo fordista:

- Mercado doméstico limitado, até mesmo por questões geográficas;
- As novas leis trabalhistas introduzidas no Japão faziam com que as empresas perdessem direitos, ao passo que os trabalhadores só adquiriam direitos;
- A economia do país estava devastada, fator causado principalmente pelos efeitos do fim da Segunda Guerra Mundial. Isso podia ser observado pela escassez de recursos (humanos, financeiros, materiais, etc.) e dificultava o desenvolvimento de novas tecnologias;
- Mercado exterior repleto de produtores de veículos dispostos a defenderem seus mercados contra as exportações japonesas, inclusive dentro do próprio Japão.

Para Womack e Jones (1990), os engenheiros da TMC tentaram desenvolver um sistema de produção que associaria o melhor da produção artesanal com os pontos fortes da produção em massa, ou seja, unir a qualidade da produção artesanal, com os baixos custos da produção em massa. Para atingir os seus objetivos, Ohno e Shingo, enxergaram uma oportunidade que seria a base da *Produção Lean*: a redução dos desperdícios de produção. Surge então o *Toyota Production System* (TPS). Segundo Campos (2017) o TPS tem como função principal otimizar e organizar a produção, visando atender as necessidades do cliente e além disso, pretende aumentar a segurança e a moral dos colaboradores da empresa. Segundo Womack e Jones (1990) foram necessários mais de 20 anos para que Ohno e Toyoda implantassem a filosofia por completo na TMC.

A Figura 2.1 mostra uma foto real de uma linha de montagem na indústria da Toyota.



Figura 2.1 – Linha de montagem Toyota (Cunha, 2017).

Apesar de o TPS começar a ser aplicado alguns anos depois da visita dos engenheiros japoneses às instalações da FMC, a nova filosofia só começou a ficar conhecida com a crise do petróleo de 1973, quando houve um drástico aumento do preço dos combustíveis e uma consequente baixa nas produções em escala mundial. Durante a crise a TMC embora tenha sofrido uma redução de seus lucros continuava a manter ganhos expressivos, algo que movimentou os olhos de todo o mundo para essa nova filosofia até então pouco explorada.

2.3.2 Princípios do *Lean Production*

Antes de compreender os princípios desta filosofia, é importante ter em mente de forma clara o objetivo principal do *Lean Production*. Segundo Ohno (1997), autor referência no tema e um dos criadores desta filosofia, o objetivo principal do *Lean Production* é eliminar de forma absoluta os desperdícios, através de processos eficientes e eficazes, baseados e controlados por ferramentas, as quais serão tratadas em um momento mais oportuno. Esta mesma definição também é dada por Shingo (1996), outro autor de referência no tema, o qual também afirma que esta filosofia tem como objetivo o estoque zero.

Usualmente a filosofia do *Lean Production* é representada por uma casa pelos seus pesquisadores. Essa representação gráfica facilita muito compreender os principais pontos que a filosofia entende que são importantes. Para Ohno (1997) a casa TPS utiliza dois pilares, o *just in time* e o *jidoka*.



Figura 2.2 – A Casa TPS (Cunha, 2017).

O *just in time*, de acordo com Li *et al.* (2017), foi desenvolvido em 1956 por Ohno com base nas características da produção em massa. Segundo Shingo (1996), o pilar do *just in time* significa produzir na quantidade necessária e no momento oportuno, para atender as solicitações dos clientes da melhor forma. De acordo com Campos (2017), o *just in time* se baseia em um conjunto de princípios e técnicas que visam produzir a quantidade certa no momento certo, ou seja, reduzir excessos de produção e evitar

desperdício de tempo. Ohno (1997) explica que é necessário garantir uma manutenção do fluxo, quer no momento, quer na quantidade necessária. Assim, as partes necessárias à montagem de um produto devem chegar no momento e na quantidade certa à linha de produção. Ohno (1997), acrescenta que com um fluxo contínuo entre todas as atividades a superprodução de produtos será zero, algo que representa que não houve excesso de produção, ou seja, não houve desperdício. No conceito do *just in time* ainda é inserido a ideia de que devem ser excluídos os deslocamentos desnecessários de materiais e dos trabalhadores, otimizando a produção.

A palavra *jidoka* é a fusão das palavras autonomia e automação. De uma maneira geral, segundo Ohno (1997), o *jidoka* seria o conceito de que as máquinas poderiam trabalhar sozinhas, sendo acompanhadas sempre por um trabalhador, o qual ficaria responsável por duas ou três máquinas, intervindo apenas quando fosse necessário, isto é, apenas quando houvesse algum problema com a máquina ou com o material que nela foi inserido. Desta forma, enquanto antes seria necessário um operário por máquina, agora seria necessário menos trabalhadores, aumentando a produtividade dos trabalhadores e reduzindo o custo da produção. De acordo com Shingo (2010) o *jidoka* é a combinação entre a mecanização e a funcionalidade de realimentação das máquinas. Shingo (1996), ainda salienta que a automação é capaz de reduzir o custo com mão de obra, outra característica básica do STP.

Tão importante quanto os pilares do *Lean Production* é a sua base. Esta filosofia de produção deve ter como base, o princípio da melhoria contínua, uma produção nivelada e um trabalho padronizado. Esses componentes da base farão com que a filosofia possa ser implementada e darão a infraestrutura necessária para esse sistema de produção acontecer.

De acordo com Campos (2017), a primeira vez que o conceito *Lean* foi apresentado e transcrito foi em 1990 por Womack e Jones na obra *The Machine That Changed the World*. Neste documento, os pesquisadores do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), investigaram e descreveram como a filosofia japonesa de gestão da indústria automobilística fez com que o Japão superasse a produção em massa adotada na Europa e nos Estados Unidos da América. Porém o termo *Lean Thinking*, foi apenas criado em 1996 por Womack e Jones, quando os pesquisadores do MIT, voltaram a estudar o tema com o intuito de analisar a possibilidade de empregar a filosofia implantada na TMC em qualquer empresa do mundo.

Para Womack e Jones (1998) seria possível implantar a filosofia do *Lean Production* em qualquer empresa, desde que fossem seguidos alguns princípios básicos, que eles identificaram como importantes, os quais visam a satisfação total do cliente. Esses princípios são:

- Especificar o valor para cada produto: É o primeiro passo para a adoção da mentalidade *Lean*, por isso ele é o principal. Só o cliente final é quem poderá definir e identificar o valor de um

determinado produto. Essa definição vai variar de acordo com o momento e com as necessidades do cliente. O ponto chave deste princípio é ter uma percepção da realidade do mercado e uma comunicação com os clientes para que uma falha não leve a empresa ao fracasso. Womack e Jones (1998), defendem a criação de um custo-alvo pelas empresas, o qual seria o custo real de um produto sem os desperdícios visíveis, este custo serviria como meta, a fim de garantir melhores margens de lucro pelas empresas, um valor mais acessível ao consumidor final ou um acréscimo de qualidade ao produto;

- Identificar a corrente de valor para cada produto: Entender a cadeia de valor, ou seja, a sequência de atividades que determinado produto deverá passar até à sua finalização, é crucial. Muitas empresas não realizam esse tipo de análise, porém, é através dela que é possível identificar as atividades que não agregam valor ao produto, as quais devem ser monitoradas de perto pelo grupo de gestão e planejamento;
- Fazer o fluxo de valor acontecer em fluxo contínuo: A produção *Lean* ideal é em fluxo contínuo, sem paralisações e sem *stocks* intermediários. Desta forma os desperdícios são evitados ao máximo, gerando uma melhor qualidade e um menor custo no final. Neste princípio Womack e Jones (1998) defendem uma flexibilidade da produção, fazendo com que ela seja capaz de atender as necessidades e exigências de seus clientes;
- Deixar o cliente puxar (*pull*) o valor do produto: No sistema *pull*, ou seja, no sistema onde o cliente puxa a produção, as quantidades produzidas são de acordo com a demanda do produto pelo cliente. Com o cliente puxando a produção, as empresas deixam de ter desperdícios com a superprodução e excesso de *stocks*. Womack e Jones (1998) ressaltam que neste modelo não existem projeções de vendas, pois tudo depende do mercado e dos clientes;
- Perseguir a perfeição: Ao perseguir a perfeição, as empresas garantem que estão buscando uma melhoria contínua. Neste princípio a perfeição deve ser vista como objetivo constante. Neste princípio Womack e Jones (1998) identificam a melhoria radical e a melhoria incremental, as quais devem ser implementadas nas empresas de acordo com a necessidade do processo ou produto.

Os princípios segundo Womack e Jones são citados também no trabalho de Campos (2017) e no de López, Grajales e Corrales (2016). Apesar de os princípios do *Lean Construction* identificados por Womack e Jones serem os mais conhecidos e explorados pela maioria dos autores pesquisados, existem outros autores que tentaram estabelecer princípios para esta filosofia, a fim de ser possível aplicá-la a qualquer tipo de organização.

Liker (2005) desenvolveu uma publicação no qual estão identificados 14 princípios. Em sua pesquisa, Liker visou cobrir não só os aspectos técnicos, mas também os aspectos estratégicos. Os princípios identificados por Liker são:

- Fundamentar as decisões de gestão numa filosofia a longo prazo, mesmo sendo à custa de objetivos financeiros de curto prazo;
- Criar um fluxo de processo contínuo de forma a trazer os problemas à tona;
- Utilizar sistemas *pull* de forma a evitar superprodução;
- Nivelar a carga de trabalho e eliminar desequilíbrios na calendarização da produção;
- Criar uma cultura de paragem para resolução dos problemas, de forma a conseguir a qualidade correta na primeira vez;
- As tarefas padrão são a base para uma melhoria contínua e para a tomada de decisões por parte dos funcionários;
- Utilizar o controlo visual para que os problemas não sejam escondidos;
- Utilizar somente uma tecnologia fiável, inteiramente testada, que sirva as pessoas e os processos;
- Desenvolver líderes que compreendam inteiramente o trabalho, vivam a filosofia e que a ensinem aos outros;
- Desenvolver pessoas excepcionais e equipas que sigam a filosofia da companhia;
- Respeitar a extensa rede de parceiros e fornecedores desafiando-os e ajudando-os a melhorarem;
- Ver pessoalmente o estado do processo de forma a compreendê-lo;
- Tomar decisões de forma progressiva através do consenso, considerando integralmente todas as opções e depois implementando rapidamente essas escolhas;
- Tornar a aprendizagem intrínseca à organização através de reflexão persistente e melhoria contínua.

Após apresentar a história e os princípios do *Lean Production*, fica evidente esta filosofia empregada na indústria automobilística japonesa e é mais que sistema de produção. Cunha (2017) enfatiza que o TPS na verdade é uma cultura e não apenas um conjunto de ferramentas e soluções.

2.4 LEAN CONSTRUCTION

2.4.1 Características da Construção Civil

Antes de entender o surgimento do *Lean Construction* e os princípios que possui, é importante compreender a diferença entre o setor da construção civil e o da indústria, algo que tem se mostrado muito explícito a todos os autores estudados nesta dissertação.

De acordo com Covello (2017), a construção civil possui características muito diferentes da indústria automobilística, ambiente onde foi criado o *Lean Production*. Segundo Calé (2015), essas peculiaridades do mercado da construção, fazem com que os procedimentos de gestão da produção e da qualidade se tornem um desafio ao setor. Cabaço (2011) elenca algumas características da construção civil:

- Indústria nómada (local varia de obra para obra)
- Produtos únicos ou em pequenas séries;
- Produção praticamente concentrada, por oposição à produção em cadeia;
- Indústria tradicional, com pouco dinamismo;
- Utilização de elevada mão-de-obra, pouco motivada, pouco qualificada e com difícil promoção;
- Trabalho sujeito às condições ambientais;
- Utilização de especificações complexas;
- Grande peso da subcontratação;
- Responsabilidades dispersas e mal definidas;
- Incertezas elevadas, superiores a 20%;
- Projeto separado da produção;
- Trabalho ao ar livre, com distração acentuada;
- Legislação ambígua;
- Dificuldades de coordenar, adaptar e integrar todos os subempreiteiros na obra.

Santos (1999) identificou outras características além das observadas por Cabaço (2011):

- Estações de trabalho movendo-se em torno de um produto fixo, enquanto na manufatura ocorre o processo inverso;
- Pouca troca de experiência entre diferentes países;

- Pouca utilização de equipamentos e alta utilização de operários;
- Fragmentação do mercado em muitas companhias que diferem em tamanho e escopo de trabalho.

Heravi e Rashid (2018) identificam também a falta de gestão, liderança e compromisso que são tradicionalmente atrelados ao mercado da construção e que se tornam uma barreira para a adaptação da filosofia *Lean* na construção civil.

Todas as características citadas pelos autores estudados revelam um alto índice de risco para implementação de filosofias e estratégias de gestão de produção e qualidade advindas de outros tipos de mercados, principalmente de mercados com alto índice de repetibilidade e padronização do produto final como o mercado da indústria automobilística.

2.4.2 Surgimento do *Lean Construction*

O *Lean Construction* tem como base a filosofia do *Lean Production*. O êxito da filosofia *Lean* empregada no sistema de produção de automóveis no Japão fez com que outros setores tivessem interesse em adotar essa filosofia, buscando a diminuição dos desperdícios e consequentemente aumento nos lucros.

Em 1992 o pesquisador Lauri Koskela desenvolveu um trabalho chamado *Application of the New Production Philosophy in the Construction Industry*, no qual este autor introduzia a filosofia *Lean* no âmbito da construção civil. De acordo com Koskela e Howell (2002), a teoria de gestão de projetos utilizada até então sofre com deficiências teóricas e por isto está obsoleta.

Segundo Formoso (2002), Koskela em sua publicação desafia os profissionais de gestão da construção civil a quebrarem os paradigmas tradicionais até então utilizados, e adaptarem o conhecimento desenvolvido da TPS à construção civil. Em 1994 foi formado um grupo internacional com o intuito de desenvolver pesquisas sobre o *Lean Construction*, com o nome de *International Group for Lean Construction*. Nesse grupo além da participação do pioneiro neste assunto Lauri Koskela ainda conta com a participação dos professores Glenn Ballard e Gregory Howell.

Na visão de Koskela (2000), o *Lean Construction* é um modo de projetar o sistema de produção para gerar o maior valor possível do produto final, visando minimizar os desperdícios de materiais, tempo e esforço. Em uma visão mais moderna, Dupin (2014) afirma que o *Lean* visa criar valor para o cliente por meio da eliminação de desperdícios, baseando-se em ferramentas e em um processo de melhoria contínua.

O trabalho de Koskela em 1992 não fez com que todos os envolvidos da construção civil mudassem o seu pensamento em um curto espaço de tempo. O primeiro impacto do estudo de Koskela foi, segundo Cunha (2017), que a comunidade de gestão da construção admitisse que utilizasse conceitos de tempo, custo e

qualidade de uma forma inadequada em seus planejamentos. De acordo com Koskela e Howell (2002), a teoria de gestão de projetos utilizada até então sofre de deficiências teóricas e por isto está obsoleta.

A construção civil possui particularidades que a indústria automobilística não possui e que devem ser trabalhadas individualmente para que se possa conseguir êxito na aplicação do *Lean*. Para Howell e Ballard (1998) o intuito do *Lean Construction* deve ser em desenvolver uma cultura *Lean* adaptada à dinâmica que a construção civil apresenta, e não transformar a construção civil em uma produção do tipo manufatura.

2.4.3 Princípios do *Lean Construction*

Antes de compreender os princípios do *Lean Construction*, é importante ter uma clara definição sobre a filosofia. De acordo com Wijaya, Hatmoko e Suripin (2015), *Lean Costruction* é basicamente uma filosofia que busca gerar um fluxo constante, visando a eliminação de desperdícios e das atividades que não agregam valor ao produto final.

Como o *Lean Construction* é derivado do *Lean Production*, é natural que os princípios entre um e o outro sejam muito semelhantes. Koskela (1992) definiu onze princípios básicos os quais ele acredita que sejam pertencentes ao *Lean Construction*. De acordo com Picchi (2003), os trabalhos deste autor têm servido de base para a maioria das pesquisas realizadas sobre *Lean Construction*, sendo também o pioneiro a tratar sobre o tema.

O trabalho de Isatto *et al* (2000), de Sugiantari, Putera e Diputra (2015), Pfaffenzeller *et al* (2015) e de Covello (2017), por exemplo utilizam como base os trabalhos desenvolvidos por Koskela. Os princípios segundo Koskela são:

- Redução das atividades que não agregam valor: este é um princípio fundamental do *Lean Construction* e significa reduzir as atividades que consomem tempo, recursos materiais, recursos humanos, equipamentos e espaço, porém, não agregam valor algum ao produto final. Para apoiar este princípio é imprescindível executar um mapeamento do fluxo de valor. É importante lembrar que existem atividades que não agregam valor, porém são de extrema importância para a produção e essas não podem ser eliminadas. Isatto *et al* (2000), identifica para este princípio a utilização de um sistema para suporte de mangotes de betão, fazendo com que o ajudante desempenhe outra tarefa de maior valor para a produção;
- Aumentar o valor do produto através de uma consideração sistemática dos requisitos do cliente: segundo Koskela (1992), o valor do produto é fruto da satisfação do cliente. Entender as necessidades dos clientes e tentar satisfazer ao máximo deve ser um objetivo da empresa para que possa aumentar os valores dos seus produtos. Isatto *et al* (2000) identifica o

mapeamento dos processo com a inclusão dos clientes para cada estágio uma forma de adotar este princípio;

- Redução da variabilidade: quanto mais padronizado for um produto, menores serão as chances de ele causar insatisfação ao cliente. Para tanto, os processos de produção devem estar bem implementados e difundidos na empresa. Para este ítem Isatto *et al* (2000) identificam a utilização de procedimentos pradonizados das atividades, elaborados por técnicos especializados e adotados por toda a empresa, como uma forma prática de aplicar esse princípio;
- Redução do tempo do ciclo: a definição de tempo de ciclo é a soma de todos os tempos necessários para a produção (transporte, espera, processamento e inspeção). Reduzir o tempo de ciclo é reduzir os desperdícios no meio de produção e também na espera dos clientes. De acordo com Isatto *et al* (2000), neste princípio está inserido a ideia de entrega em menores lotes, ou seja, fazer com que a produção esteja focada na produção de uma determinada peça. Isatto *et al* (2000) também defendem a reorganização das relações de precedência e antecedência como forma de adotar este princípio;
- Simplificação pela minimização do número de passos ou partes: através desta simplificação, é possível eliminar as atividades que não agregam valor, ou seja, quanto maior o número de passos, maiores serão as quantidades de atividades desnecessárias. Além disto, esta simplificação ajuda a eliminar os erros, deixando a produção mais enxuta, com menos desperdícios. Para este tópico Isatto *et al* (2000) identificam a utilização de peças pré-moldadas durante a execução de uma alvenaria como um exemplo de assegurar a adoção deste princípio;
- Aumento da flexibilidade na execução do produto: esse princípio visa a melhoria na qualidade e o aumento da satisfação do cliente. Para que possa ser atingido é necessário a contratação de uma mão de obra mais capacitada e também polivalente. Isatto *et al* (2000) salienta que a utilização de sistemas construtivos que permitam a flexibilidade, como o *dry-wall*, é uma forma de aplicar este princípio;
- Aumento da transparência do processo: este princípio torna mais disponível as informações para os colaboradores, tanto informações técnicas de projeto, quanto informações de produtividade. Isatto *et al* (2000), identificam a utilização de dispositivos visuais e de programas de melhoria de limpeza e organização como formas de aplicar este princípio;
- Focar o controlo no processo global: este princípio torna as decisões tomadas individualmente nas atividades mais assertivas, já que em todas as tomadas de decisões são

- levadas em consideração o todo do processo. Isatto *et al* (2000) salientam que a parceria com fornecedores para melhorar as entregas dos materiais na obra, facilitando até mesmo o transporte interno do material, pode ser considerada uma forma de adotar este princípio;
- Introduzir a melhoria contínua no processo: garantir que este princípio esteja presente no estaleiro de obra faz com que a qualidade dos produtos esteja sempre como foco da produção. Informar as equipas sobre os resultados da melhoria contínua faz parte também deste princípio. Isatto *et al* (2000), explicam que muitas empresas já selecionam equipas e departamentos responsáveis por analisar e garantir que os processos sejam melhorados, esta iniciativa pode ser considerada uma forma de aplicar este princípio;
 - Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões: este princípio garante que tanto as atividades de conversão quanto as atividades de fluxo sofram melhoria durante a produção. As atividades de conversão são aquelas que transformam matéria prima em produtos finais e as atividades de fluxo são aquelas que dão apoio as atividades de conversão, ambas são de extrema importância para o produto final. Isatto *et al* (2000), salientam que além de eliminar os desperdícios com as atividades de fluxo é necessário avaliar a adoção de inovações tecnológicas para eliminar desperdícios com as atividades de conversão;
 - *Benchmarking*: realizar este processo de aprendizagem, a partir de experiências e práticas adotadas em outras instituições ou empresas, faz com que haja uma melhoria na produção de maneira contínua. Isatto *et al* (2000) identificam o estudo dos processos da empresa e a adoção de boas práticas identificadas dentro da empresa como uma forma de aplicar este princípio.

Para sintetizar os princípios elaborados por Koskela (1992), autor mais reconhecido no tema, e discutidos por Isatto *et al* (2000) foi elaborado um quadro resumo dos princípios de *Lean Construction*. A tabela 2.1 sintetiza as ideias expostas acima.

Tabela 2.1 – Síntese dos princípios do *Lean Construction* (Arquivo pessoal).

Princípio	Definição	Exemplo de Aplicação
1	Redução das atividades que não agregam valor	Sistema de suporte de mangotes de concreto, permitindo que o ajudante desempenhe outras funções
2	Aumentar o valor do produto através de uma consideração sistemática dos requisitos	Mapeamento dos processos com a identificação dos requisitos dos clientes em cada fase
3	Redução da variabilidade	Execução de procedimentos padronizados para cada atividade
4	Redução do tempo de ciclo	Entrega em menores lotes e reorganização das relações de precedência das atividades
5	Simplificação pela minimização do número de passos ou partes	Utilização de peças pré moldadas na construção
6	Aumento da flexibilidade na execução do produto	Utilização de sistemas construtivos que permitam maior flexibilidade
7	Aumento da transparência do processo	Utilização de dispositivos visuais e programas de limpeza e organização
8	Focar o controlo no processo global	Aumentar a parceria com fornecedores para melhorar a entrega dos materiais
9	Introduzir a melhoria contínua no processo	Selecionar equipes responsáveis por analisar e garantir a melhoria dos processos
10	Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões	Introdução de inovações tecnológicas nas atividades de conversão
11	<i>Benchmarking</i>	Adoção de boas práticas já testadas na empresa

Como complemento aos princípios apresentados por Koskela, Chitla (2002) enumerou algumas características do *Lean Construction* compreendidos como importantes para a compreensão da filosofia *Lean*. Essas características são:

- Conjunto claro e definido de objetivos para o processo de fornecimento, com bom entendimento das necessidades e requisitos dos clientes;
- Equipas de desenho de produto e de processo funcionam de forma cruzada e concorrencial para fornecer mais valor;
- Alterar o trabalho ao longo da cadeia de fornecimento de forma a reduzir a variação e ir de encontro à qualidade e conteúdo do trabalho;
- Estruturar o trabalho para todo o processo de forma a aumentar o valor e reduzir o desperdício ao nível da execução do projeto. Desenvolver esforços para melhorar a performance ao nível do planeamento, conseqüentemente, aumentar a performance ao nível da execução do projeto.

2.4.4 Ferramentas do *Lean Construction*

As ferramentas do *Lean Construction* são em sua maioria ferramentas já amplamente discutidas e analisadas pelo *Lean Production*. Para Picchi (2003), o mais importante é compreender os conceitos das ferramentas do *Lean Production* para que se possa fazer as adaptações necessárias.

De acordo com Koskela *et al.* (2017) existem muitas evidências de que as técnicas criadas no contexto da manufatura do *Lean Production* funcione bem na construção civil após sofrer algumas adaptações. Segundo Grenho (2009), as ferramentas do *Lean Construction* são técnicas simples, porém extremamente eficientes em gerar bons resultados.

2.4.4.1 5S (Cinco S)

De acordo com Grenho (2009), a ferramenta **5S** foi desenvolvida por Kaoru Ishikawa, um engenheiro japonês. Segundo Araújo (2015), o **5S**, além de ser uma das bases para a implementação do *Lean*, é uma metodologia de organização e padronização de qualquer tipo de ambientes, porém tem um enfoque principal em ambientes laborais. Calé (2015) enfatiza que esta ferramenta é um conjunto de boas práticas para obter um ambiente ótimo de trabalho.

De acordo com Viveiros (2016) esta ferramenta tem esse nome pois é constituída por 5 sentidos que em japonês começam com a letra “S”, sendo eles *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*.

- *Seiri* (senso de utilização): basicamente é a conferência de todos os equipamentos, máquinas, recursos e matéria prima, mantendo apenas os necessários para executar as tarefas planejadas;
- *Seiton* (senso de organização): o local de trabalho deve estar organizado com os recursos necessários sendo dispostos observando um fluxo previamente determinado. Os materiais devem ser alocados próximo do posto de trabalho para evitar movimentos desnecessários;
- *Seiso* (senso de limpeza): o ambiente de trabalho deve estar limpo e os recursos devem estar a disposição dos colaboradores. Essa limpeza deve ocorrer de maneira periódica e não apenas quando o recurso for utilizado;
- *Seiketsu* (senso de padronização): os recursos devem estar identificados e agrupados de acordo com a sua definição e utilização, padronizando assim um procedimento de trabalho;
- *Shitsuke* (senso de autodisciplina): após os sentidos anteriores serem estabelecidos é possível criar um padrão, o qual deve ser seguido por todos os colaboradores, realizando periodicamente uma revisão e uma manutenção dos padrões.

A Figura 2.3 sintetiza a ferramenta **5S**, mostrando a sequência que deve ser seguida para sua implementação.



Figura 2.3 – Ferramenta 5S (Camera, 2015).

Segundo Araújo (2015), esta ferramenta pretende aumentar a produtividade, por meio de uma melhoria na eficácia laboral, aumentando também a qualidade do produto final. Grenho (2009), ressalta que esta metodologia também acaba por criar um ambiente mais limpo, agradável e seguro, onde o operário tem o sentimento de posse do local de trabalho, deixando assim a empresa sempre pronta para receber clientes e fornecedores em sua linha de produção. Arantes (2008) salienta que esta é uma ferramenta de melhoria de processos e métodos de trabalho.

De acordo com Gonzalez (2002, *apud* Camera, 2015, p. 41), a aplicação dos três primeiros sensos já possibilita ao processo de produção aproximadamente 50% da melhoria que a implantação desta ferramenta é capaz de executar. Camera (2015) lembra que a implementação desta ferramenta é fácil, porém mantê-la é difícil, pois exige uma mudança de cultura laboral e também uma grande autodisciplina.

2.4.4.2 Kanban (Cartão sinalizador)

Segundo Araújo (2015), a palavra **kanban** significa cartão ou etiqueta. Viveiros (2016) salienta que essa ferramenta busca o aumento da produtividade. Araújo (2015) acrescenta que esta é uma ferramenta de melhoria de comunicação entre diferentes *stakeholders*, assegurando a quantidade certa de material ou de um determinado produto no momento necessário, sendo principalmente utilizada para organizar as necessidades de material. De acordo com Shingo (1996), os sistemas **kanban** fazem com que as informações sejam transmitidas de forma organizada e rápida. A Figura 2.4 mostra um exemplo real de painel com cartões **kanban** em uma obra.



Figura 2.4 – Exemplo de painel com cartões *kanban* (Camera, 2015).

De acordo com Ohno (1997), esta ferramenta é capaz de regular o fluxo operacional, fazendo com que os materiais sejam fornecidos sempre que haja a necessidade e também é o meio por onde a filosofia *Lean* flui dentro da organização. Assim como Ohno (1997), Shingo (1996) também enfatiza que o **Kanban** é um meio de se alcançar o *Lean Production*.

Segundo Grenho (2009), o **kanban** favorece a utilização de um sistema de produção do tipo *pull*, onde a demanda controla o ritmo de produção, nesse caso, são os cartões **kanban** que controlam a velocidade da produção. Venturini (2015) salienta que esta ferramenta funciona como uma encomenda interna que deve ser fornecida a um determinado posto de trabalho em um espaço mais breve de tempo após ser solicitado.

De acordo com Slack *et al.* (1999, *apud* Venturini, 2015) o **kanban** pode ser dividido em três tipos: de transporte, de produção e de fornecedores:

- **Kanban** de transporte: representa o sinal para que uma determinada quantidade de um tipo específico de material seja entregue a um determinado posto de trabalho.
- **Kanban** de produção: representa o sinal de que um determinado processo para fabricação de um produto pode ser iniciado, para que produza uma determinada quantidade de produtos.
- **Kanban** de fornecedor: representa o sinal para que uma determinada quantidade de um tipo específico de material seja entregue na fábrica ou próximo a linha de produção.

Segundo Arantes (2008), o **kanban** pode ser utilizado dentro dos estaleiros de construção civil e também entre os fornecedores de materiais para a obra. Grenho (2009) ressalta que dentro de estaleiros de construção civil esta ferramenta funciona de uma maneira um pouco diferente do original, já que neste caso deve haver um pequeno *stock* a todo instante. Dentro do estaleiro o **kanban** funciona de maneira

que os colaboradores, assim que perceberem que um produto está acabando, comunica o responsável por encomendar os materiais para que não ocorra a falta daquele determinado material.

2.4.4.3 Andon (gestão visual)

Segundo Shingo (1996), **andon** é um sistema de controlo visual de acompanhamento de fluxo de trabalho, que transmite informações importantes e sinaliza a necessidade de ação imediata na produção. Campos (2017) acrescenta que a visão é o sentido no qual o homem pode reunir a maior quantidade informações, por isso fazer representações por imagens e gráficos podem auxiliar no aumento de produtividade. Zhang, Chen e Suo (2017) salientam que a visualização pode fazer com que os trabalhadores tenham a capacidade de responder mais rapidamente. Ainda segundo Shingo (1996), o mais importante nesta ferramenta não é a identificação do problema na produção, mas sim as soluções reais dadas a estes problemas e a rapidez com que isso acontece.

De acordo com Cunha (2017), este tipo de ferramenta permite, além de uma gestão simples e participativa, que todas as partes interessadas tenham um livre acesso às informações, fazendo que isso ocorra de forma rápida, clara e simples. Arantes (2008), acrescenta que a afixação de dados de desempenho, objetivos, projetos, procedimentos e calendarização de atividades faz com que todos os colaboradores tenham uma noção da fase em que está a obra e possam perceber se existe a real necessidade de acelerar as atividades.

Formoso (2002) lembra que hoje em dia existe uma alta rotatividade de funcionários e equipas nas obras e que por isso a gestão visual deve ser ainda mais transparente para que os objetivos e os prazos possa ser cumprido pelas equipas.

A Figura 2.5 mostra um exemplo de painel de controlo visual que foi instalado em uma obra.

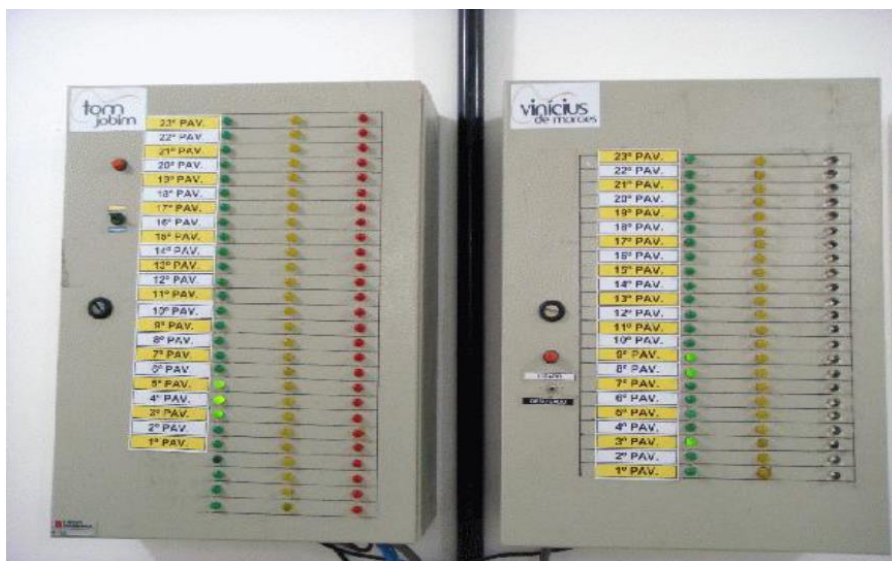


Figura 2.5 – Exemplo de painel de controlo visual (Camera, 2015).

2.4.4.4 Poka Yoke (à prova de erro)

De acordo com Shingo (1996), o **poka yoke** é um método de detectar defeitos e erros, podendo ser utilizado para inspecionar a produção, capaz de atingir 100% da produção. Grenho (2008) acrescenta que os dispositivos **poka yoke** são o meio pelo qual o conceito de *jidoka* é colocado em prática. Arantes (2008), lembra que essa ferramenta surge a partir da ideia de que o homem é susceptível as falhas e por isso devem existir sistemas que alertem os trabalhadores sobre a qualidade da produção. Viveiros (2016) enfatiza que esta ferramenta surge para combater falhas de natureza humana. A Figura 2.6 mostra um exemplo de mecanismo **poka yoke**.

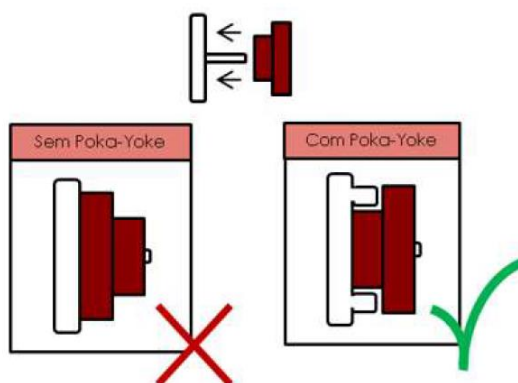


Figura 2.6 – Exemplo de mecanismo *poka yoke* (Campos, 2017).

Segundo Campos (2017), **poka yoke** é um mecanismo que interdita o desempenho irregular de uma determinada atividade caso as falhas sejam detectados. Shingo (1996) e Campos (2017) salientam que existem dois tipos de métodos, o método de controle e o método de advertência:

- Método de Controle: quando uma falha ou irregularidade é identificada na máquina, ou linha de produção é paralisada para que o defeito possa ser corrigido.
- Método de Advertência: quando o sistema é ativado, soa um alarme ou uma luz sinaliza para que o colaborador seja alertado.

De acordo com Grenho (2008), a escolha do método mais apropriado deve ser levado em conta os custos e os benefícios. Segundo Shingo (1996) o método de controle é o mais eficaz na maioria dos casos.

Trazendo o conceito da indústria automobilística onde nasceu, para a construção civil, Venturini (2015) identifica o esquadro de carpinteiro como sendo uma simples representação de um mecanismo de **poka yoke**. Arantes (2008) vai mais além, e sugere, por exemplo, a criação de uma misturadora de betão que seria capaz de controlar as quantidades de materiais que seriam adicionados a ele, garantindo uma melhor qualidade do produto final.

2.4.4.5 **Kaizen (melhoria contínua)**

De acordo com Moraes e Shab (2004, *apud* Campos, 2017) a palavra japonesa **kaizen** tem o significado de melhoria contínua, já que “*kai*” significa “mudança” e “*zen*” significa “para melhor”. Segundo o Lean Enterprise Institute (2011, *apud* Diepenbruck, 2017), **kaizen** é um processo gradual e contínuo que significa melhoria de um fluxo completo de valor ou de um processo individual, a fim de se criar mais valor com menos desperdícios. Ramos (2011) acrescenta que essa metodologia também é capaz de alterar a mentalidade tanto das organizações como também dos colaboradores.

Segundo Grenho (2009), essa ferramenta busca eliminar os desperdícios de produção, agregando valor ao produto final, mas com o mínimo de investimentos. Campos (2017), enfatiza que esse método não engloba grandes investimentos, já que não é a aquisição de uma ferramenta ou de um equipamento, mas sim a mudança de uma atitude ou mentalidade. Camera (2015), salienta que o **kaizen** deve ser executado de forma permanente ao longo do tempo.

De acordo com Cunha (2017), a participação de todos os envolvidos na execução das atividades deve ser levado em conta, criando um ambiente de trabalho mais humanizado e uma relação de incentivo a produtividade de todos. Inai (1997, *apud* Campos, 2017), enfatiza que para que essa ferramenta seja implementada, deve haver o compromisso e envolvimento de todos os colaboradores, sem importar o nível hierárquico para alcançar o sucesso. Koskela (1992), defende a criação de uma equipa específica de identificação e resolução de problemas, a qual será responsável por entender os pontos levantados pelos colaboradores e tentarão solucioná-los da melhor maneira.

De acordo com Grenho (2009), a aplicação do **kaizen** é um dos principais motivos do sucesso do TPS. Campos (2017), salienta que as empresas que implementarem essa ferramenta ficarão com uma grande vantagem competitiva, pois atingirão o seu grau de excelência.

2.4.4.6 **Heijunka (nivelamento da produção)**

De acordo com Arantes (2008), essa ferramenta é fundamentada no *just in time*, um dos pilares do pensamento *Lean*. Segundo Binner et al (2016, *apud* Diepenbruck, 2017), o nivelamento da produção permite uma carga uniforme e um ritmo constante de produção, levando em consideração todas as partes sob uma ótica holística. Grenho (2009), salienta que essa ferramenta garante o fluxo e os recursos contínuos. Niimi (2004, *apud* Campos, 2017) acrescenta que com o **heijunka**, além da produção uniforme, é possível perceber o uso de recursos ao longo do tempo de maneira uniforme. De acordo com Liker (2005) esta é a ferramenta capaz de garantir o mínimo *stock*.

De acordo com Ohno (1997), a flutuação dos fluxos de produção faz com que os desperdícios sejam aumentados. Segundo Grenho (2009), as vantagens da produção nivelada são a diminuição dos *stocks*, a menor ocupação dos armazéns e a possibilidade de produzir ao máximo produtos diferentes.

2.4.4.7 Takt-Time (ritmo)

De acordo com Grenho (2009), *takt-time* significa ritmo ou compasso em alemão. Para Arantes (2008), essa ferramenta de planejamento pode ser entendida como o tempo disponível para a produção dividido pela procura do mercado, acrescentando ainda que o objetivo é alinhar a produção à procura com precisão. Viveiros (2016) salienta que a variação entre a produção muito lenta e a produção muito rápida vão contra os princípios do *Lean Production*.

Diepenbruck (2017) acrescenta que o ritmo constante de produção proporciona às frentes de trabalho um melhor nivelamento de recursos e uma redução de prazos. Grenho (2009) salienta que quanto mais constante for o ritmo de produção, melhor será a gestão, o controle e o desempenho delas.

Trazendo para a perspectiva da construção civil, Grenho (2009) afirma que o *takt-time* pode ser compreendido como o ritmo exato que as atividades necessitam ser realizadas segundo o planejamento global da obra. Arantes (2008) ainda complementa que essa ferramenta pode ser mais utilizada pelos fornecedores da construção civil, como por exemplo na indústria de tijolos, fazendo com que sempre que a obra tenha necessidade desse material a indústria seja capaz de fornecer no tempo e na quantidade necessária. Covello (2017) lembra que a produção ritimada é capaz de criar um sistema de produção constante.

2.4.4.8 Building Information Modeling (BIM)

De acordo com Penttela (2006, *apud* Ruschel *et al*, 2013) o **Building Information Modelling (BIM)** é uma metodologia para gerenciar a essência do projeto os dados da construção e do empreendimento no formato digital, em todo o ciclo de vida desse empreendimento. Succar (2009) acrescenta que esta metodologia advém de um conjunto inter-relacionado de políticas, processos e tecnologias.

Para o American General Contractors (2011, *apud* Camera, 2015), o **BIM** é o desenvolvimento e o uso de um software computacional para simular a construção e operação de uma edificação. Camera (2015) ainda acrescenta que o modelo gerado é uma representação do edifício, rico em dados, a partir do qual, as visões e as informações podem ser extraídos e analisados. Lee *et al* (2002, *apud* Camera, 2015) acrescentam que os softwares de modelagem apresentam uma série de informações multidisciplinares baseados no projeto da edificação.

Segundo Figueiredo (2016), o **BIM** permite introduzir dados ao modelo durante todo o seu ciclo de vida, o qual pode ser visto e analisado pelas partes interessadas, ou seja, o modelo **BIM** também é uma base

de dados colaborativa. Camera (2015), lembra que a compatibilização entre os projetos que antes eram feitas em modelos bidimensionais, agora são executados em modelos geométricos tridimensionais, ricos em informações.

De acordo com Figueiredo (2016), o **BIM** pode ser visto como uma ferramenta para a eficiência da produção e também para a eficiência da comunicação entre as partes interessadas. Succar (2009) acrescenta que a adoção completa do paradigma **BIM** na indústria da construção não ocorre de forma imediata. A Figura 2.7 mostra o ciclo de vida de uma identificação e como o **BIM** pode estar inserido nesse ciclo.



Figura 2.7 – O BIM no ciclo de vida de uma edificação (Figueiredo, 2016).

2.4.4.9 Last Planner System (LPS)

Segundo Grenho (2009), o **Last Planner System (LPS)** foi criado na década de 1990, nos Estados Unidos da América, por Ballard e Howell. Essa ferramenta, conforme Arantes (2008), surgiu originalmente no *Lean Construction* e diferentemente das outras citadas até então, não foram desenvolvidas primeiramente no *Lean Production* e depois sofreram adaptação para integrarem no mundo do *Lean Construction*.

Ainda de acordo com Arantes (2008), o **LPS** foi desenvolvido para o controlo e planeamento da produção nos estaleiros de construção. Segundo Campos (2017), essa ferramenta enaltece a importância do último interveniente do planeamento, o qual antecede a realização da atividade. Arantes (2008), lembra que em uma fase mais próxima da execução cabe a alguém decidir quando e qual o trabalho que deve ser executado; esse é considerado o *Last Planner*.

Segundo Camera (2015), o papel mais importante do **Last Planner System** é substituir o planeamento otimizado pelo planeamento real, muitas vezes preparado semanalmente, avaliando o desempenho dos trabalhadores com a confiança na real capacidade da equipa aferida em campo. Ballard (2000, *apud* Diepenbruck 2017), vai mais além e afirma que o verdadeiro papel do **LPS** é aproximar “o que será feito” dentro dos limites “do que pode ser feito”. A Figura 2.8 sintetiza a ferramenta *last planner system*.

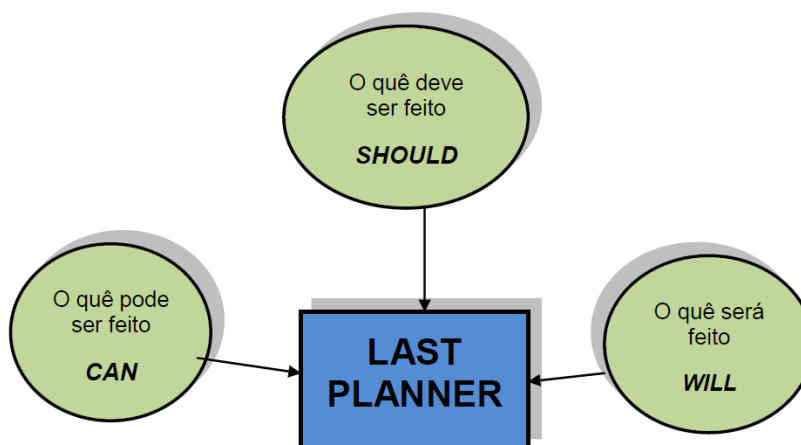


Figura 2.8 – Processo de Planeamento *Last Planner System* (Camera, 2015).

Para Campos (2017), o **LPS** objetiva a realização de um estudo dos pré-requisitos necessários para cada processo durante a fase de planeamento. Campos (2017) ainda acrescenta que a realização de um planeamento a curto prazo, geralmente realizado semanalmente, como propõe essa ferramenta, é de suma importância para entender as necessidades de organização e recursos de uma tarefa. Cunha (2017) lembra que a previsão com muita antecedência de constrangimentos de natureza muito específica, como por exemplo as condições climáticas, são naturalmente muito difíceis de se prever, se não impossível.

Cunha (2017) salienta que a grande preocupação do **LPS** é o arranque das atividades, os quais são dados pela disponibilidade de materiais e de recursos. Arantes (2008) acrescenta que essa ferramenta não se preocupa apenas com a disponibilidades semanal das necessidades de uma determinada tarefa, mas também busca anteceder as necessidades para as próximas semanas.

De acordo com Campos (2017), existem três níveis de planeamento:

- Planeamento Geral de Longo Prazo: é a calendarização total do projeto. Oferece poucos detalhes, se preocupa mais com metas e sequencias dos processos. Na maioria das vezes é executado por um setor interno das empresas de construção.
- Planeamento de Antevisão de Médio Prazo: divisão dos processos em atividades, disponibiliza maiores detalhes de planeamento. Pode ser executado tanto por uma equipa interna da empresa, quanto diretamente nas obras.

- Planeamento Semanal de Trabalho de Curto Prazo: planeamento detalhado com a colaboração de todos os *Last Planners*, os quais se comprometem a realizar as metas em todas as semanas.

Segundo Grenho (2009), o **LPS** propõe uma comparação semanal das atividades planeadas com aquelas que foram executadas, essa comparação é conhecida como PPC (Porcentagem de Planeamento Conhecido), esse valor é um índice de controlo dos *Last Planners*. Marcomber (2003, *apud* Arantes, 2008), salienta que esta ferramenta permite aumentar a credibilidade do fluxo de trabalho.

2.4.4.10 Análise das Causas Raiz

De acordo com Grenho (2009), essa ferramenta também é conhecida como “cinco vezes porque”. Segundo Venturini (2015), a síntese dessa ferramenta é que os problemas encontrados durante as operações sejam bem analisados para que possam ser definidas a real causa raiz. Grenho (2009) acrescenta que não importa quantas perguntas serão feitas, existem problemas que serão analisados com vinte e outros com duas perguntas, porém o mais importante é encontrar a verdadeira causa raiz.

Ohno (1997) e Shingo (1996) afirmam que repetindo cinco vezes por quê é possível encontrar a causa raiz. Shingo (2010) acrescenta que uma solução só pode ser dada à um problema, se a natureza do problema for esclarecida. Como exemplo, Ohno (1997) utiliza as perguntas dispostas na Figura 2.9 para exemplificar essa ferramenta e afirma que se não tivessem sido feitas todas as cinco perguntas, o problema na máquina logo voltaria, pois, a causa raiz não seria descoberta. A Figura 2.9 mostra um exemplo de perguntas para encontrar a causa raiz.

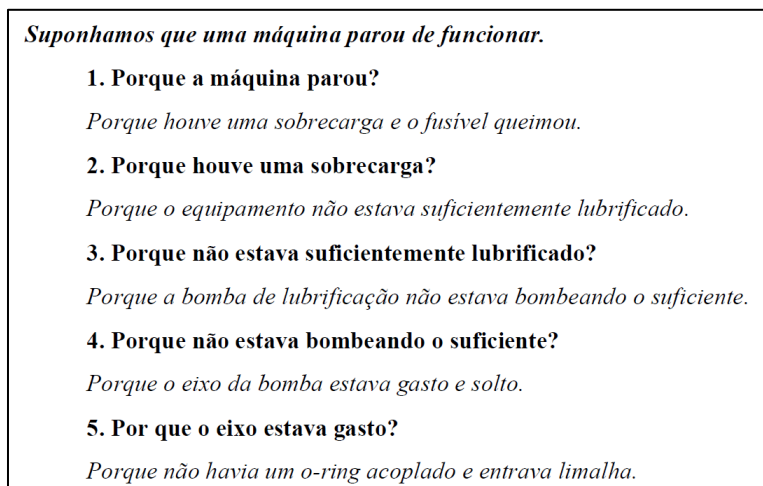


Figura 2.9 – Exemplo de uma análise de causa raiz (Ohno, 1997).

2.4.4.11 Mapeamento do Fluxo de Valor

De acordo com Araújo (2015), o **mapeamento de fluxo de valor**, ou *value stream mapping*, é uma ferramenta essencial da filosofia *Lean* e foi desenvolvida por Rother e Shook em 1998. Segundo

Pfaffenzeller *et al* (2015), esta ferramenta é uma análise qualitativa de todo o processo produtivo de forma simples e sistemática. Para Grenho (2009), essa metodologia permite identificar e desenhar os fluxos de materiais, processos e informações ao longo de toda a cadeia de abastecimento. Araújo (2015), salienta que essa cadeia de abastecimento é o conjunto de todas as atividades que ocorrem desde a colocação do pedido até a entrega final.

Segundo Rother e Shook (2003), o mapeamento de toda a cadeia de valor, viabiliza o esquema de fluxo de informação e material. Grenho (2009), identifica dois tipos de fluxos que podem existir em uma organização, os fluxos de projeto e os fluxos de produção. Os fluxos de projeto seriam os fluxos decorrentes desde a idealização do produto até a comercialização do mesmo, enquanto os fluxos de produção ocorrem desde os fornecedores até o cliente final e englobando os fluxos de materiais e informações.

Rother e Shook (2003) desenvolveu uma divisão na implementação desta ferramenta de acordo com a Figura 2.10.

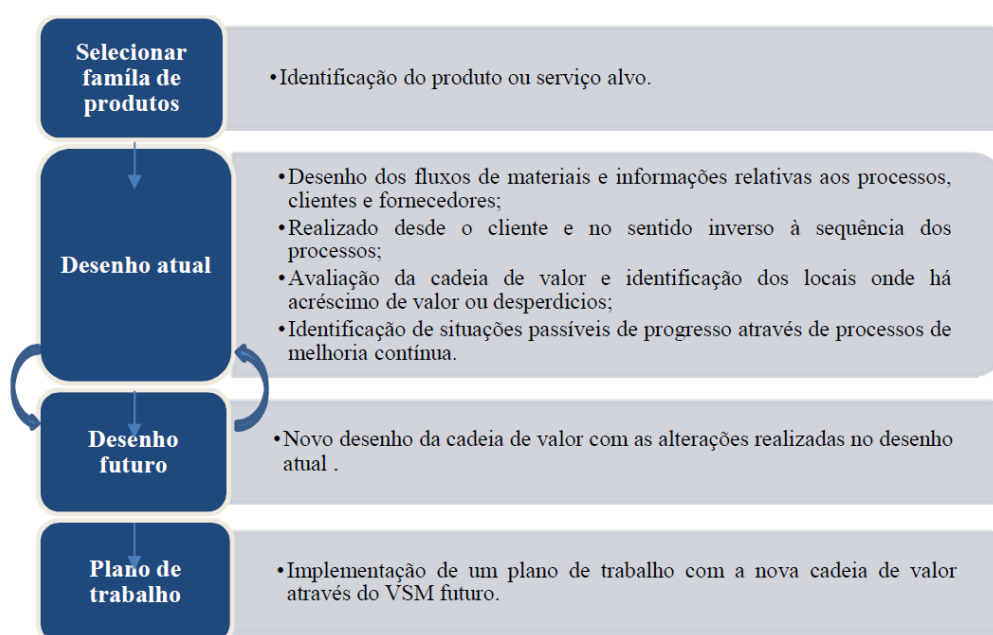


Figura 2.10 – Esquema do mapeamento do fluxo de valor (Rother e Shook, 2003).

Segundo Campos (2017), o **mapeamento de fluxo de valor** é uma ferramenta essencial que auxilia na visualização do fluxo completo e também da identificação de desperdícios. Assim, Pinto (2009, *apud* Campos, 2017), elenca algumas vantagens da utilização desta metodologia:

- Permite a visualização de todos os processos da cadeia de valor;
- Possibilita a identificação não só do desperdício em si, mas também a sua origem;
- Possui uma linguagem corrente e indutiva;

- Facilita a aplicação da abordagem global da filosofia *Lean*;
- Serve como base para um plano de implementação;
- Revela a correlação entre o fluxo de materiais, informação e capital.

A Figura 2.11 mostra um exemplo de **mapeamento do fluxo de valor** que pode ser executado em uma obra.

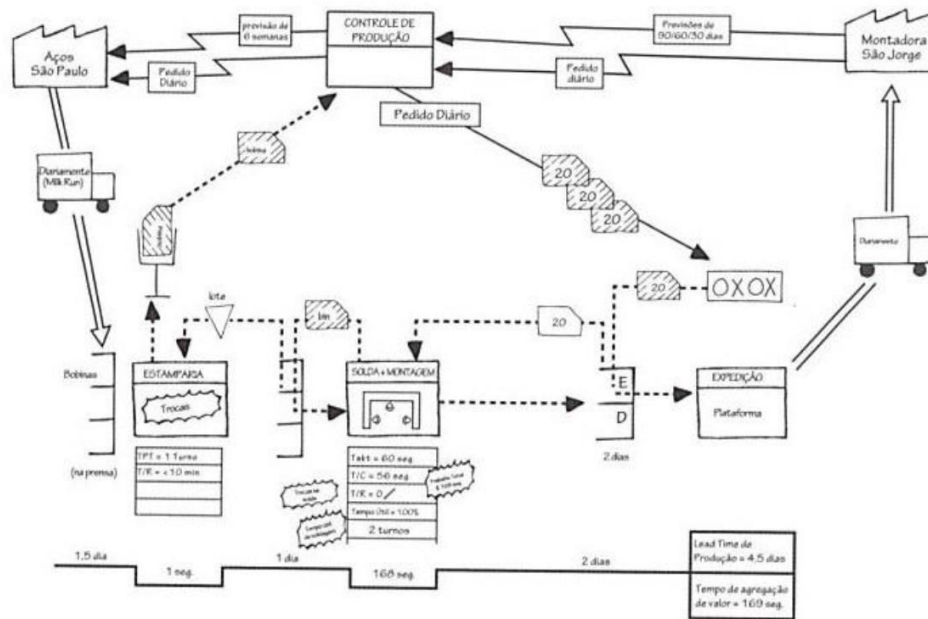


Figura 2.11 – Exemplo de mapeamento de fluxo de valor (Araújo, 2015).

2.4.4.12 Manutenção Produtiva Total

De acordo com Arantes (2008), a **manutenção produtiva total**, ou *total productivity maintenance*, foi desenvolvida no Japão, por um fornecedor da Toyota, durante a década de 1970. De acordo com Barros (2010, *apud* Araújo, 2015) o objetivo desta ferramenta é transformar as recorrentes manutenções corretivas das máquinas em manutenções preventivas, onde o próprio colaborador é capaz de identificar os possíveis problemas nas máquinas.

Segundo Grenho (2008), o objetivo da **manutenção produtiva total** é eliminar todas as formas de desperdícios resultante da paralisação das máquinas na linha de produção. Arantes (2008), lembra que os conceitos da filosofia *Lean* partem do princípio que todos os equipamentos que poderão ser utilizados estão em perfeitas condições. Campos (2013), salienta que a utilização dessa ferramenta pela organização gera maior confiabilidade no maquinário disponível.

Grenho (2008) elencou os princípios chaves da **manutenção produtiva total**:

- Maximizar a eficácia global do equipamento;

- Estabelecer um completo sistema de manutenção preventiva dos equipamentos;
- Implementação desta ferramenta em toda a organização, onde todos os colaboradores utilizam esta ferramenta;
- Implementação baseada em atividades de pequenos grupos.

2.4.4.13 Diagrama de Spaguetti

De acordo com Sayer (2007, *apud* Côrtes, 2014) as pessoas tendem a não perceber a quantidade de desperdícios contidos nas movimentações durante o seu trabalho. Desta forma, segundo Campos (2017) o **diagrama de spaguetti** consiste em uma ferramenta visual que permite identificar os trajetos percorridos por um colaborador, material ou informações durante a realização de uma atividade. De acordo com Liker (2005), esta ferramenta é a criação de um *layout*, calculando trajetos e analisando circuitos percorridos durante uma atividade.

De acordo com Campos (2017), esta ferramenta é extremamente simples e ao mesmo tempo muito valiosa, pois permite redesenhar os *layouts* que proporcionem desperdícios de movimento e de transporte. Côrtes (2014), lembra que para que seja possível redesenhar os *layouts* é necessário observar as distâncias percorridas para a realização das atividades.

Côrtes (2014) ainda acrescenta que o resultado final desta ferramenta é apenas um *croqui* ou uma planta baixa com uma análise dos fluxos dos operários. Campos (2017), lembra que se o diagrama estiver muito complicado ou complexo então ele deve ser analisado novamente até que um *layout* viável seja encontrado. A Figura 2.12 mostra um exemplo de **diagrama de spaguetti** que pode ser executado para identificar os trajetos percorridos durante a execução de uma peça de betão.



Figura 2.12 – Exemplo real de digrama de *spaguetti* (Côrtes, 2014).

2.4.4.14 Troca Rápida de Ferramentas

De acordo com Araújo (2015) essa ferramenta também é conhecida como *single minite exchange of dies* ou também por *quick changeover*. Grenho (2009) salienta que essa técnica foi desenvolvida por Shigeo Shingo e foi implementada no processo produtivo da TMC pelo engenheiro japonês Taiichi Ohno. Shingo (1996) explica que esta ferramenta busca tornar o período de preparação das operações, seja no início ou no fim, mais eficaz e reduzido.

Segundo Campos (2015) essa ferramenta busca eliminar os atrasos pela troca dos equipamentos, de maneira a reduzir o tempo de processo e aprimora o fluxo de produção. Para Grenho (2009) esse método de otimizar a produção tem o objetivo de reduzir o tempo de reparação das ferramentas, minimizando os períodos não produtivos. De acordo com Barros (2010, *apud* Araújo, 2015) o objetivo final desta ferramenta é introduzir alterações instantaneamente, sem perturbar o fluxo de produção.

2.4.4.15 Engenharia Simultânea

Grenho (2009) descreve que esta ferramenta começou a ser estudada na década de 1980 e os primeiros a utilizarem a denominação “*concurrent engineering*” ou **engenharia simultânea** foram nos membros do *Institute for Defense Analysis* (IDA) do governo americano. Segundo o IDA (1988, *apud* Arantes, 2008) esta ferramenta é uma abordagem sistêmica para integrar simultaneamente o projeto do produto com os seus processos, incluindo manufatura e suporte.

Ainda de acordo com Grenho (2009) essa técnica é utilizada para mobilizar todos os envolvidos do projeto, desde a fase de idealização até a fase de execução visando um melhor controle de qualidade, custos, prazos e necessidades dos clientes. Segundo Sarhan et al. (2017), esta ferramenta consiste em uma análise rigorosa dos requerimentos necessários em todas as etapas do processo, fazendo com que requerimentos das fases subsequentes ao projeto sejam identificados de forma prévia.

2.4.4.16 Operações Padronizadas

Arantes (2008) idealiza, em princípio, que a padronização pode ser considerada descabida no âmbito da construção civil, tendo em vista a variabilidade das características do setor, porém existem várias maneiras de encarar o conceito de padronização. De acordo com Grenho (2009) a padronização na construção civil pode ser um elemento redutor de improvisações, regulador da interdependência de serviços e um otimizador de atividades.

Ainda Arantes (2008), refere que os projetistas podem definir em fase de projeto um aproveitamento máximo, definindo tipo de materiais e dimensões específicas, as quais serão seguidas por fornecedores e pelos responsáveis pela execução. Grenho (2009) salienta que uma obra padronizada resulta em maior nível de precisão e menor nível de desperdícios.

2.5 PLANEAMENTO E DIMENSIONAMENTO DE ESTALEIROS

Em Portugal o espaço destinado ao trabalho no setor da construção é denominado de estaleiro de obras, já no Brasil esse mesmo local é chamado de estaleiro de obras.

A norma regulamentadora 18 (NR-18), tem o intuito, segundo Fonseca (2013), de suprir uma lacuna na legislação brasileira, fornecendo exigências e recomendações para o dimensionamento dos estaleiros. De acordo com a NR-18, o estaleiro pode ser compreendido como a área de trabalho fixa e temporária onde se desenvolvem operações de apoio e execução de uma obra.

A quantidade de elementos em um estaleiro pode variar muito, dependendo do tempo de obra e da dimensão e da tipologia da obra. A complexidade de um estaleiro é diretamente proporcional a complexidade da obra que deve ser executada. Segundo Dantas (2004, *apud* Fonseca, 2013) um estaleiro está subdividido em:

- Elementos ligados à produção;
- Elementos de apoio à produção;
- Sistema de transportes;
- Apoio administrativo;
- Outros elementos, como *stand* de vendas e portões/vedação.

Os estaleiros, para Illingworth (2004, *apud* Fonseca, 2013) podem ser classificados em 3 tipos: restritos, amplos e longos e estreitos. Na maioria dos casos a situação encontrada é de um estaleiro restrito, pois grande parte das construções estão nos centros urbanos, onde a construção irá ocupar uma alta percentagem ou todo o terreno. Nestas situações a correta locação dos elementos na obra podem significar um aumento de produtividade ao passo que um erro na hora de locar os elementos pode ser crucial para o projeto.

De acordo com Aguiar (2016), um arranjo físico do estaleiro mais apurado pode proporcionar um melhor ambiente de trabalho, mais limpo e seguro, além de propiciar uma maior eficiência das equipas de trabalho. Por isso, planejar o estaleiro é algo extremamente importante, embora na maioria das vezes isso seja negligenciado pelos donos de obra, construtores e empreiteiros.

De acordo com Saurin e Formoso (2006), o planeamento do estaleiro pode ser definido como o planeamento do *layout* e da logística entre as instalações, o armazenamento e o local de execução das atividades. Aguiar (2016) ressalta que em virtude da dinâmica das obras, é necessário estabelecer um *layout* genérico capaz de atender as necessidades de todas as etapas construtivas ou então será necessário estudar cada etapa individualmente. Ferreira e Franco (1998) enfatizam a importância de

CAPÍTULO 2

tratar cada fase individualmente considerando os materiais necessários e a mão de obra que será empregada.

Segundo Santos, Gohr e Laitano (2012) é necessário realizar uma análise das interrelações das instalações de um estaleiro, a qual servirá de base para o ajuste dos espaços no *layout* do estaleiro. A este planejamento é possível aplicar as técnicas do *Lean Construction*, garantindo que os desperdícios que possam ser identificados na fase de planejamento sejam sanados antes mesmo do início da obra.

CAPÍTULO 3

CASO DE ESTUDO: CONSTRUÇÃO DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL NO CENTRO DE SÃO PAULO

3.1 OBJETIVO DO CASO DE ESTUDO

No estudo de caso acompanhado para a evolução deste trabalho foi dimensionado e planejado um estaleiro para a construção de um edifício residencial no centro da cidade de São Paulo. O planejamento dos *layouts* para cada fase de execução desse estaleiro foi executado tendo como base a filosofia *Lean Construction*, tema amplamente estudado no desenvolvimento deste trabalho, utilizando as ferramentas e princípios da filosofia. Além disso, também foi utilizada como base para o dimensionamento do estaleiro a norma regulamentadora NR18, a qual fornece diretrizes e dimensões para o estabelecimento das áreas de vivência de um estaleiro.

O objetivo principal deste caso de estudo era eliminar todas os possíveis desperdícios que poderiam ocorrer durante a obra e que poderiam ter sido detectados e eliminados durante a fase de planejamento do estaleiro e também criar um estaleiro que possa suprir todas as necessidades de infraestrutura da obra em questão.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

A obra em questão identifica-se como um edifício residencial localizado no centro de São Paulo. A obra possui o financiamento do programa “Minha Casa, Minha Vida” do governo federal, ou seja, é subdividida em unidades com no máximo 50 m². O edifício possuirá uma torre única com 12 pisos e 95 frações de apartamentos. As frações deste edifício são apartamentos do tipo estúdio, 1 dormitório ou 2 dormitórios.

Não existirão lugares de garagem e conseqüentemente, não existirão subsolos. Além disso, o edifício irá dispor de 1 salão de festas, 1 churrasqueira comunitária, 1 terraço comunitário, 1 espaço fitness e 1 lavanderia comunitária. Estes ambientes estarão dispostos, respectivamente, no térreo, 8° andar, 11° andar e 12° andar.

As Figuras seguintes, de 3.1 a 3.6, mostram respectivamente, a fachada, a implantação e as plantas dos tipos de apartamento do edifício.



Figura 3.1 – Fachada da obra (Arquivo pessoal).



Figura 3.2 – Implantação da obra (Arquivo pessoal).

A obra foi executada totalmente por mão de obra de empreiteiras terceirizadas, ou seja, mão de obra subcontratada. A obra teve um entorno de cerca de 50 funcionários no seu pico máximo de produção. No planejamento da obra, estava previsto que ela terá um período total de obra de aproximadamente 14 meses, englobando desde a montagem do estaleiro até a entrega das unidades aos clientes finais, assim como identificado no anexo I. O edifício possuirá uma área total de construção de 3.719,85 m².



Figura 3.3 – Planta tipo A (Arquivo pessoal).



Figura 3.4 – Planta tipo B (Arquivo pessoal).

O valor global da obra é de aproximadamente 7 milhões de reais, diluídos durante todo o período de obra. Esse valor foi financiado pelo programa Minha Casa, Minha Vida de acordo com as medições mensais que a Caixa Econômica Federal realizará na obra, por meio de seus engenheiros fiscais.



Figura 3.5 – Planta tipo B1 (Arquivo pessoal).

Embora a obra não possua uma área de construção tão grande e um orçamento tão superior ao das outras obras da empresa, o planejamento da mesma se torna complexo, quando se leva em consideração as dificuldades referentes ao local de construção e ao fato de haver pouco espaço para executar instalações provisórias, de modo a suprir as necessidades e demandas da obra.



Figura 3.6 – Planta tipo D (Arquivo pessoal).

3.3 DIFICULDADES IDENTIFICADAS PREVIAMENTE

Existem quatro fatores que podem ser identificados sem estudo prévio dos projetos e que devem ser fundamentais para o planejamento deste estaleiro e conseqüentemente desta obra.

O primeiro é o fato da edificação possuir uma taxa de ocupação, ou seja, a razão entre área da projeção da construção e a área do terreno, de aproximadamente 56% e também ocupar grande parte da frente da obra. O único acesso que existe no terreno possui aproximadamente 2,70 m e será utilizado como acesso de veículos ligeiros ao final da obra. Esse fator faz com que não seja possível adentrar com veículos pesados de transporte de materiais dentro do terreno após o início da execução da alvenaria estrutural, pois o espaço para manobras é insuficiente.

O segundo fator está relacionado com uma Lei Municipal que restringe o acesso de veículos pesados na zona central da cidade de São Paulo. O decreto nº 49.487/2008 estipula que veículos urbanos de carga (VUC) só podem circular das 05:00 às 16:00 horas, desde que possuam cadastro prévio junto a Companhia de Engenharia de Tráfego, para esse caso estão inclusas as betoneiras, caminhões betonagem-bomba e alguns veículos menores de entrega de material, como madeiras, aço, tubos e fios. Além disso, essa Lei restringe o acesso dos caminhões maiores das 05:00 às 21:00 horas, para esse caso estão inclusos as entregas de blocos de alvenaria estrutural, areia, brita e argamassa. É importante lembrar que a usina de betão aplica taxas adicionais sempre que o caminhão betoneira sair da obra depois das 15:00 horas, pois ela afirma que é necessário que o caminhão saia da obra as 15:00 horas para as 16:00 horas o caminhão já esteja fora da zona de restrição, este fato deve ser considerado em todo o planejamento da obra. A Figura 3.7 mostra a zona máxima de restrição de circulação.



Figura 3.7 – Zona de Restrição Máxima de Veículos (Gatti Junior, 2011).

O terceiro fator está relacionado a não existência de áreas livres ao redor da obra. Essas áreas poderiam ser locadas e utilizadas durante o período de construção, fazendo com que a área do estaleiro fosse maior, possibilitando uma melhor logística de materiais e serviços.

No terreno à esquerda existe um edifício e no terreno ao fundo existe uma outra obra, impossibilitando a locação destas áreas. No terreno à direita há um estacionamento de uma gráfica o qual poderia ser locado, o estacionamento não ocupa todo o terreno da gráfica, porém ele seria de grande valia no transbordo de materiais. O dono dessa gráfica solicitou um valor de locação extremamente elevado, quando comparado com a área que seria anexada ao estaleiro, inviabilizando a sua locação. A Figura 3.8 mostra uma foto do espaço pertencente à gráfica e vizinho ao estaleiro.



Figura 3.8 – Estacionamento da gráfica (Arquivo pessoal).

O fator de número quatro está relacionado ao estreitamento de pista que ocorre exatamente no trecho da rua em frente a obra. O terreno do estaleiro fica no acesso de uma movimentada avenida do centro de São Paulo e exatamente em frente à obra esse acesso deixa de ter 6 metros para ter apenas 3 metros de largura, fazendo com que não haja possibilidade de estacionar veículos em frente ao estaleiro. A Figura 3.9 ilustra a situação do estreitamento da rua em frente ao estaleiro.

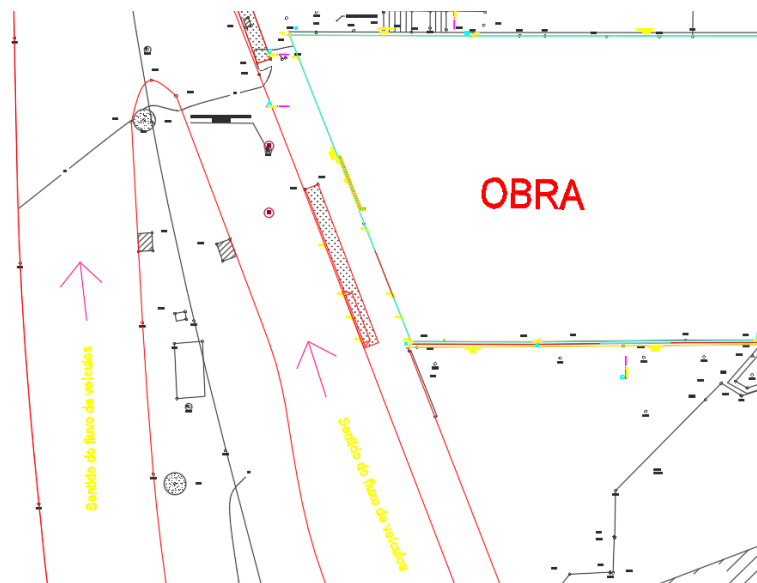


Figura 3.9 – Estreitamento na via (Arquivo pessoal).

3.4 PRINCIPAIS PROCESSOS ESTUDADOS

Para que seja possível realizar o dimensionamento do estaleiro e o planejamento da obra foi necessário identificar os principais processos que decorreram na obra, ou seja, os processos que exigiram mais recursos financeiros e mais tempo para serem executados. Nesse estudo de caso foram estudados três

processos principais. O primeiro foi a execução das fundações profundas, o segundo a fase de execução dos blocos de fundação e o terceiro a fase de execução da alvenaria estrutural.

O primeiro processo que a ser identificado foi a execução da fundação. A fundação da obra em questão foi toda feita em estacas hélice contínua de 28 metros de profundidade. Para executar tal processo, foi necessário contratar uma empreiteira que executasse esse tipo de fundação. Foram também necessários alguns materiais como o betão com 20 MPa de resistência, armaduras para as cabeças das estacas e contratar uma empreiteira que retirasse a terra com a ajuda de uma escavadeira e a enviasse para um “bota fora”. Foi definido pela equipa de planeamento que as fundações das estruturas de periferia à torre seriam executadas posteriormente com o intuito de economizar tempo nessa fase inicial de obra.

A figura 3.10 representa o fluxograma de execução de fundações na obra em questão.

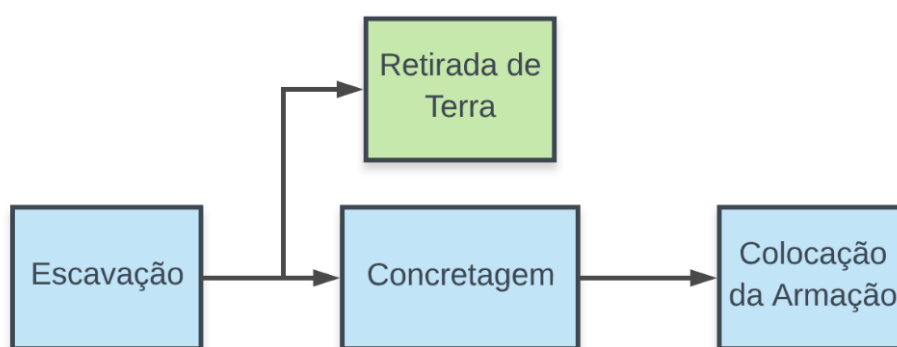


Figura 3.10 – Fluxograma de execução de fundações (Arquivo pessoal).

Neste primeiro processo, alguns desperdícios podem ser compreendidos como possíveis e previsíveis. O primeiro é o excesso de *stock* das armaduras das cabeças das estacas, o qual poderia dificultar a movimentação da perfuratriz dentro do estaleiro da obra, por outro lado, as faltas das armaduras na obra poderiam também gerar um desperdício do tipo *making-do*.

Outro desperdício a destacar são os relativos aos defeitos resultado da utilização de estacas de tamanhos equivocados durante a produção, já que o projeto especifica dois diâmetros diferentes. Por último, a movimentação equivocada de terra e das armaduras pelo estaleiro poderiam ter gerado movimentações desnecessárias.

Após a execução das estacas, foi necessário executar os blocos de fundação e vigas baldrames. Esse processo da obra foi executado por um empreiteiro que realiza este tipo de serviço. O material utilizado foi o betão de 25 Mpa de resistência, armaduras para as vigas e blocos e madeira para as formas. Nesse caso também foi necessário contratar um empreiteiro que retirasse a terra com a ajuda de uma escavadeira e a enviasse para um “bota fora”.

A figura 3.11 representa o fluxograma de execução de blocos de fundação na obra em questão.

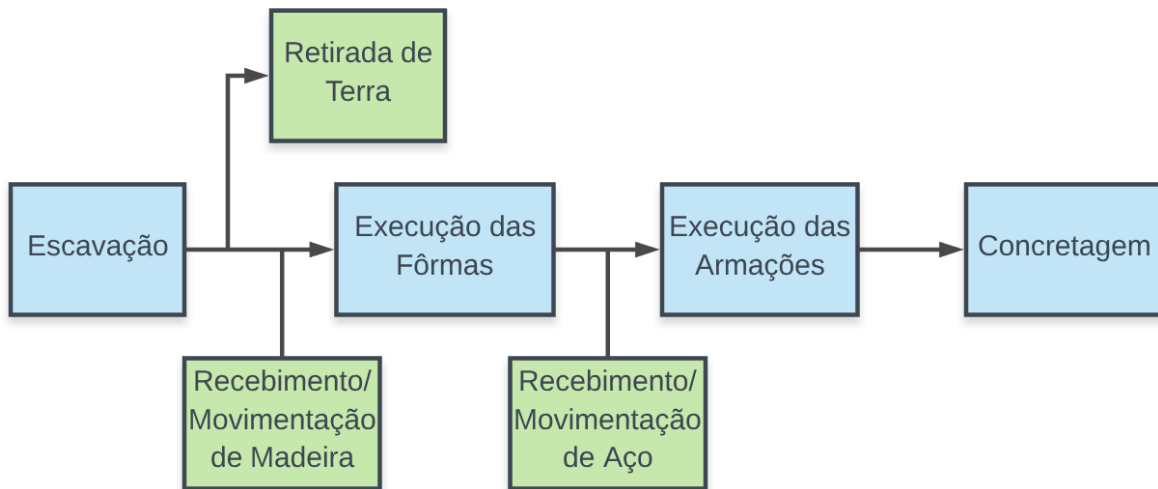


Figura 3.11 – Fluxograma de execução de blocos de fundação (Arquivo pessoal).

Neste processo também foi considerada a possibilidade de existência de alguns desperdícios, como por exemplo o excesso de *stocks* de madeira e de aço. Outro desperdício que normalmente ocorre durante esse processo é a alocação dos materiais em locais que irão criar movimentações desnecessárias pelo estaleiro.

O terceiro processo principal foi a execução da alvenaria estrutural. Essa etapa previu-se mais demorada e a envolver mais recursos financeiros que as fases anteriores. Nessa fase foram identificados materiais como os blocos, as argamassas de assentamento, o *grout* e o aço. O projeto de estruturas especifica a resistência necessária dos materiais utilizados segundo o piso que está sendo executado, ou seja, a correta utilização e estocagem dos materiais deve ser uma grande preocupação para a equipa de planeamento da obra, já que não podem haver equívocos na utilização das resistências dos materiais.

A figura 3.12 representa o fluxograma de execução de blocos de fundação na obra em questão.

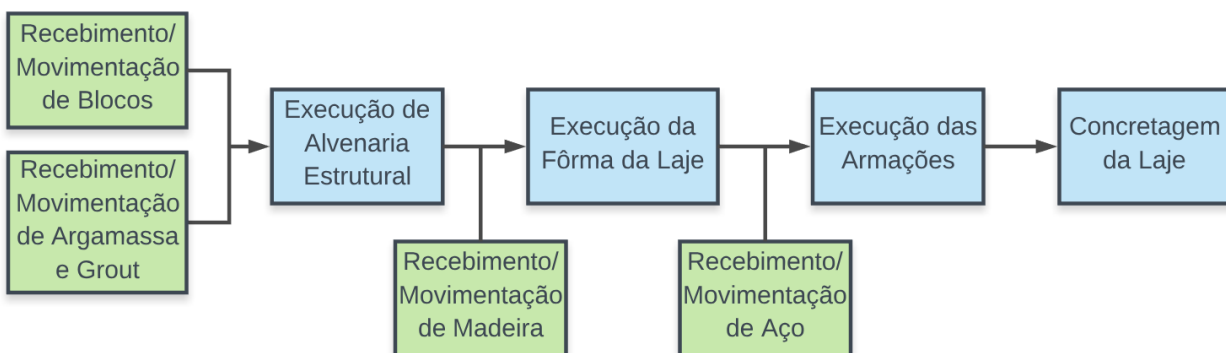


Figura 3.12 – Fluxograma de execução de alvenaria estrutural (Arquivo pessoal).

Alguns desperdícios podem ser possíveis e previsíveis neste processo. O excesso de *stocks* de blocos, argamassa, madeira e aço pode ser um dos principais desperdícios neste processo, dado as dimensões do estaleiro. Outro desperdício previsto foi a da movimentação desnecessária devido ao mal posicionamento da mini-grua e da cremalheira, equipamento de transporte tão importante neste processo.

É importante ressaltar que todo o betão utilizado na obra foi fabricado em central de produção externa e com recurso bombeável para a sua aplicação, e todo o aço utilizado na obra foi entregue já cortado e dobrado inclusivamente para o caso do aço para as estacas, que já chegou armado. Essas decisões foram tomadas com o intuito de melhorar a produtividade e facilitar a logística da obra, já que não existia muito espaço para o estoque de materiais.

O planeamento do *layout* do estaleiro foi executado utilizando as dimensões reais informada pelos fornecedores e também com uma produtividade definida em reuniões entre a equipa de planeamento e os empreiteiros.

Foi utilizado como ferramenta principal o AutoCad, uma ferramenta de desenho que utiliza medidas exatas, facilitando a visualização e fazendo com que o planeamento se torne o mais real possível. As figuras presentes nesse estudo de caso são ilustrações retiradas da ferramenta AutoCad dos planeamentos executados pelo autor. Após desenvolvido o planeamento da etapa de execução foi desenvolvido um desenho na “lousa da obra”, tendo este desenho como objetivo principal uma gestão do processo de execução pela equipa da obra durante toda a atividade.

3.5 DIMENSIONAMENTO E DISPOSIÇÃO DAS INSTALAÇÕES PROVISÓRIAS

De acordo com a NR 18, a obra em questão deverá dispor das seguintes áreas de vivência: refeitório, vestiário e instalações sanitárias. Vale lembrar que a NR 18 estabelece outros tipos de ambientes e áreas de vivência, como por exemplo ambulatório, alojamento, cozinha e lavanderia, porém esses outros não são aplicáveis ao tipo de obra que será executada.

No caso das áreas de alojamento e da lavanderia não será necessário haver estes ambientes no estaleiro, pois eles só são obrigatórios quando os colaboradores residirem na obra, algo que de acordo com o definido pela diretoria da construtora e com os empreiteiros que não ocorreu. Os empreiteiros forneceram um vale transporte aos colaboradores para que eles regressassem todos os dias para suas casas. Quanto à cozinha, foi também previamente acertado que os empreiteiros forneceriam um vale de alimentação aos seus funcionários. Assim, a refeição no estaleiro só seria permitida caso o funcionário tivesse trazido a sua alimentação de casa e fizesse o seu almoço no local apropriado, ou seja, no refeitório.

Quanto ao ambulatório a NR 18 não é suficientemente clara e por isso é permitido que seja consultado a NR 4 para especificação desta área no estaleiro. A NR 18 especifica que quando um estaleiro possua mais

CAPÍTULO 3

de 50 funcionários deve haver um ambulatório, porém a NR 4 primeiramente classifica o setor da construção quanto seu grau de risco e depois estipula o número de funcionários especializados que o ambiente de trabalho deve ter de acordo com o número de colaboradores que possui. A previsão da diretoria é de haver no máximo 50 trabalhadores ao mesmo tempo no pico de produção da obra e por isso a obra deve possuir apenas um técnico de segurança no trabalho, não sendo necessário a presença de um auxiliar de enfermagem.

A Figura 3.13 mostra um trecho da classificação quanto ao grau de risco e a Figura 3.14 mostra a quantidade de funcionários segundo o grau de risco estabelecido.

42.91-0	Obras portuárias, marítimas e fluviais	4
42.92-8	Montagem de instalações industriais e de estruturas metálicas	4
42.99-5	Obras de engenharia civil não especificadas anteriormente	3
43	SERVIÇOS ESPECIALIZADOS PARA CONSTRUÇÃO	
43.1	Demolição e preparação do terreno	
43.11-8	Demolição e preparação de canteiros de obras	4
43.12-6	Perfurações e sondagens	4
43.13-4	Obras de terraplenagem	3
43.19-3	Serviços de preparação do terreno não especificados anteriormente	3
43.2	Instalações elétricas, hidráulicas e outras instalações em construções	
43.21-5	Instalações elétricas	3
43.22-3	Instalações hidráulicas, de sistemas de ventilação e refrigeração	3
43.29-1	Obras de instalações em construções não especificadas anteriormente	3
43.3	Obras de acabamento	
43.30-4	Obras de acabamento	3
43.9	Outros serviços especializados para construção	
43.91-6	Obras de fundações	4
43.99-1	Serviços especializados para construção não especificados anteriormente	3
G	COMÉRCIO; REPARAÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES E MOTOCICLETAS	
45	COMÉRCIO; REPARAÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES E MOTOCICLETAS	

Figura 3.13 – Classificação das obras de construção perante a NR 4 (NR 4,2015).

Grau de Risco	Nº de empregados no estabelecimento	50	101	251	501	1.001	2.001	3.501	Acima de 5.000 para cada grupo de 4.000 ou fração acima de 2.000**
		a	a	a	a	a	a	a	
1	Técnicos								
	Técnico Seg. Trabalho	-	-	-	1	1	1	2	1
	Engenheiro Seg. Trabalho	-	-	-	-	-	1*	1	1*
	Aux. Enfermagem Trabalho	-	-	-	-	-	1	1	1
	Enfermeiro do Trabalho	-	-	-	-	-	-	1*	-
2	Médico do Trabalho	-	-	-	-	1*	1*	1	1*
	Técnico Seg. Trabalho	-	-	-	1	1	2	5	1
	Engenheiro Seg. Trabalho	-	-	-	-	1*	1	1	1*
	Aux. Enfermagem Trabalho	-	-	-	-	1	1	1	1
	Enfermeiro do Trabalho	-	-	-	-	-	-	1	-
3	Médico do Trabalho	-	-	-	-	1*	1	1	1
	Técnico Seg. Trabalho	-	1	2	3	4	6	8	3
	Engenheiro Seg. Trabalho	-	-	-	1*	1	1	2	1
	Aux. Enfermagem Trabalho	-	-	-	-	1	2	1	1
	Enfermeiro do Trabalho	-	-	-	-	-	-	1	-
4	Médico do Trabalho	-	-	-	1*	1	1	2	1
	Técnico Seg. Trabalho	1	2	3	4	5	8	10	3
	Engenheiro Seg. Trabalho	-	1*	1*	1	1	2	3	1
	Aux. Enfermagem Trabalho	-	-	-	1	1	2	1	1
	Enfermeiro do Trabalho	-	-	-	-	-	-	1	-
	Médico do Trabalho	-	1*	1*	1	1	2	3	1

(*) - Tempo parcial (mínimo de três horas)
 (**) - O dimensionamento total deverá ser feito levando-se em consideração o dimensionamento da faixa de 3.501 a 5.000 mais o dimensionamento do(s) grupo(s) de 4.000 ou fração de 2.000.
 OBS.: Hospitais, Ambulatórios, Maternidades, Casas de Saúde e Repouso, Clínicas e estabelecimentos similares com mais de 500 (quinhentos) empregados deverão contratar um Enfermeiro do Trabalho em tempo integral.

Figura 3.14 – Dimensionamento de empregados perante a NR 4 (NR 4, 2015).

Além das áreas de vivência obrigatórias pela NR 18, o estaleiro tem algumas instalações extremamente importantes, como por exemplo, um escritório de engenharia, um ferramentaria e também uma portaria.

A empresa de engenharia já possuía uma parceria com um fornecedor de *containers*, assim a locação mensal desse tipo de estrutura acabou por ser mais econômica do que executar toda a estrutura necessária para abrigar as instalações em madeira. Dessa forma, a princípio quase todas as áreas de

vivências foram instaladas dentro desses *containers*, exceto o refeitório que foi para uma instalação de madeira para garantir um ambiente mais saudável e arejado. As áreas de vivência foram instaladas em *containers* tais como o escritório de engenharia, o ferramentaria, as instalações sanitárias e os vestiários.

A disposição dos *containers* no estaleiro são de extrema importância para o planejamento, pois estas instalações ficam alocadas na mesma posição por um grande período e não podem atrapalhar ou interferir nos fluxos e na produção do estaleiro. Dada a importância desta disposição, foi realizado um estudo para garantir a correta locação das instalações provisórias no estaleiro.

Cada *container* possui a dimensão de 2,25 por 5,50 metros. Conhecendo a dimensão de um *container* e sabendo que serão necessárias ao menos quatro unidades para abrigar todas as instalações, foram feitos alguns testes para analisar qual será o melhor *layout* para a obra. Para esse teste foi utilizado o projeto de blocos de fundações pois ele é o que melhor garante o espaço necessário para as operações de obras dentro do estaleiro.

A Figura 3.15 a seguir mostra a primeira tentativa de acerto do *layout*, utilizando como base o projeto de formas dos blocos de fundação e vigas baldrame.

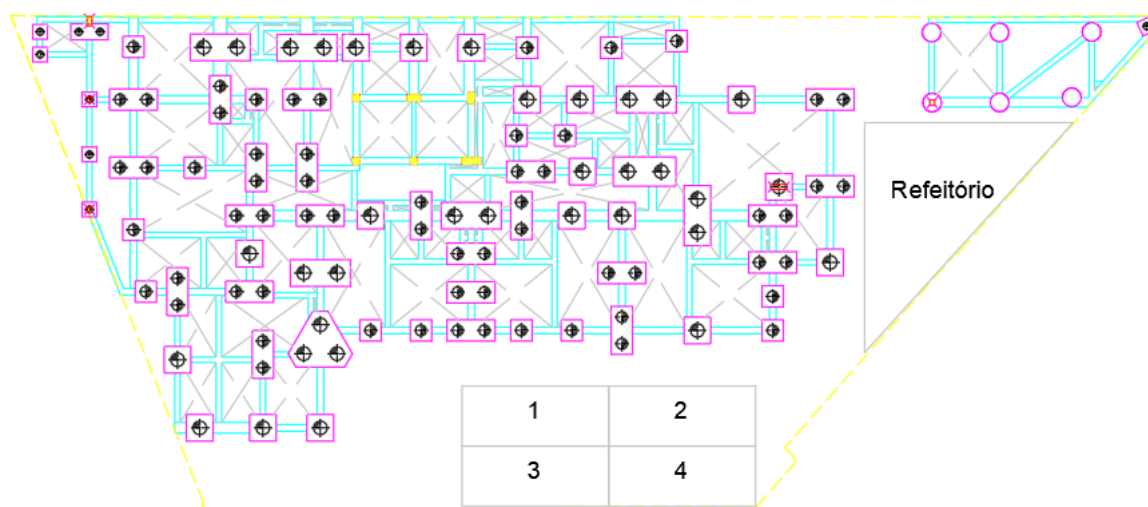


Figura 3.15 – Primeira tentativa do acerto de *layout* (Arquivo pessoal).

O estaleiro que foi estudado nesse caso de estudo não oferece muitas possibilidades de mudanças em seu *layout*. Essa primeira tentativa ocupava um espaço considerável do estaleiro, a área total ocupada pelas instalações provisórias nesta primeira tentativa de *layout* é de 82 m², número que representa 36% da área livre do terreno, fazendo com que o espaço para o estoque de materiais como argamassas e de blocos fique extremamente reduzido. A Figura 3.16 mostra uma segunda tentativa de acerto do *layout* do estaleiro.

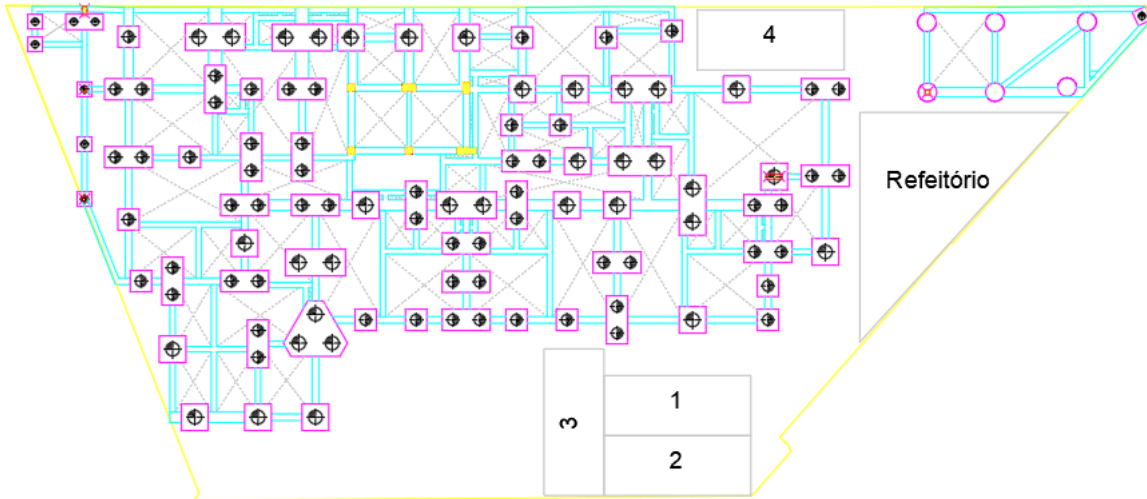


Figura 3.16 – Segunda tentativa do acerto de *layout* (Arquivo pessoal).

Nessa segunda tentativa, a nova posição das instalações possibilitou uma maior área para a estocagem de materiais junto do principal acesso do terreno, mas em contrapartida fez com que as instalações provisórias estivessem mais próximas do limite do edifício, podendo assim representar uma dificuldade ou um ponto que atrapalhe na produtividade na subida da alvenaria ou mesmo na subida do reboco da fachada no futuro, fazendo com que esse *layout* do estaleiro necessitasse de alterações nas próximas fases da obra. Vale lembrar que nesta segunda tentativa a área ocupada pelas instalações provisórias continuou sendo 82 m²

Em contato com o fornecedor dos *containers*, surgiu uma opção que pareceu mais plausível. O fornecedor sugeriu que os *containers* ficassem um sob o outro de dois em dois, assim seria economizado espaço no estaleiro, sem fazer com que as áreas de vivência se aproximassem do alinhamento do edifício.

As Figuras 3.17 e 3.18 mostram uma terceira tentativa de acerto do *layout* do estaleiro e uma vista frontal das instalações com os *containers* em obra.

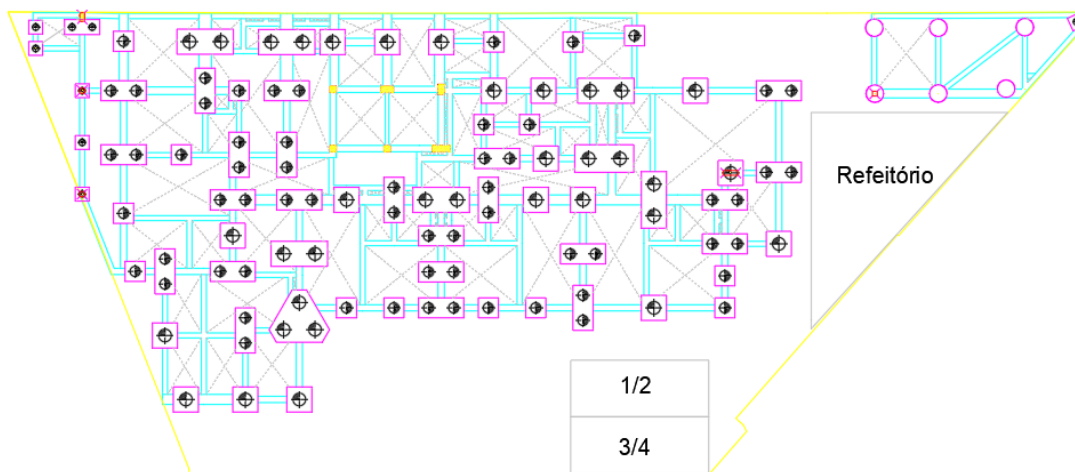


Figura 3.17 – Terceira tentativa do acerto de *layout* (Arquivo pessoal).



Figura 3.18 – Vista frontal do conjunto de *containers* (Arquivo pessoal).

Esta terceira tentativa de disposição dos *containers* fez com que houvesse um ganho de 25m² de espaço de terreno, fazendo com que a área ocupada pelas instalações provisórias representassem 25% da área livre do terreno. A área de 25 m² poderia representar o ganho de um espaço para armazenagem de aproximadamente 20 pallets de blocos ou de argamassa industrializada.

A NR 18 estabelece alguns valores para o dimensionamento da quantidade de sanitários, mictórios e chuveiros, além de fornecer dimensões mínimas e especificações de materiais que devem ser utilizados nas áreas de vivência do estaleiro. De acordo com a NR 18 para uma obra que possua 50 funcionários é necessário dispor de 3 vasos sanitários, 3 lavatórios e 5 chuveiros. O fornecedor dos *containers* entregou na obra *containers* que estavam de acordo com a NR 18.

Numa obra comum é imprescindível que seja planeada e reservada uma área para corte e dobragem do aço e também uma outra área para a dosagem do betão, porém em reunião da equipa de planeamento com a diretoria da empresa foi decidido que todo o aço da obra seria entregue já cortado e dobrado e também todo o betão que fosse entregue seria fabricado em central, com o intuito de economizar área do estaleiro e garantir uma melhora de qualidade do produto final. A decisão tomada pela diretoria fez com que não fosse necessário reservar uma área específica para corte e dobra de aço e nem para dosagem de betão.

A equipa de planeamento previu que dentro da ferramentaria fosse utilizado a ferramenta **5S** do *Lean Construction* com o intuito de garantir uma melhor organização, limpeza e qualidade dos recursos lá estocados. O responsável pela organização e aplicação desta ferramenta do *Lean Construction* seria o ferramenteiro, o qual foi treinado para tal função. Essa ferramenta já era utilizada em outras obras desta empresa de engenharia e já existiam arquivos e planilhas de controlo que auxiliam na aplicação dessa ferramenta *Lean*.

A Figura 3.19 mostra um exemplo de organização tipo *Lean* feito em outra obra.



Figura 3.19 – Exemplo de organização de outra obra da empresa (Arquivo pessoal).

3.6 PLANEAMENTO DO ESTALEIRO NA EXECUÇÃO DE ESTACAS

A estaca hélice contínua é um tipo de fundação profunda que se caracteriza por ser uma estaca moldada *in situ*. Para a execução desse tipo de estaca, é necessário a locação de um tipo específico de equipamento. Este tipo de perfuratriz perfura o solo até atingir a cota necessária e logo após inicia o processo de betonagem. O betão é bombeado por uma bomba, passando por dentro da haste da perfuratriz, até chegarem sua ponta, iniciando assim a betonagem. Além do betão, é necessária uma armadura para cada estaca, a qual nunca possui o comprimento de toda a estaca, mas sim apenas de um trecho superior.

Segundo o projeto executado para a obra em questão, as estacas deveriam possuir 28 metros de profundidade e as armaduras das estacas deveriam possuir 4 metros, ficando 0,50 metros fora da estaca, para que depois fosse possível fazer a ligação entre as estacas e os blocos de fundação. No projeto de fundações existiam um fato importante, a ser levado em conta no planejamento, pois existem duas dimensões de estacas hélice contínua que devem ser executadas, 67 estacas com diâmetro de 40 cm e 40 estacas com diâmetro de 50 cm.

Foi elaborada uma matriz de correlações para a fase de fundações para que fosse possível identificar as instalações que deveriam estar mais próximas nesta etapa de execução. A matriz de correlação foi utilizada para identificar o melhor *layout* para a operação. A Tabela 3.1 mostra a matriz elaborada.

Tabela 3.1 – Matriz de correlações na fase de fundação (Arquivo pessoal).

Correlações com	Escritório de Engenharia	Almoxarifado	Refeitório	Instalações Sanitárias	Vestiário	Stock de Armações	Área de execução das estacas	Bomba / Betoneira
Instalações								
Escritório de Engenharia		S	S	S	S	S	S	S
Almoxarifado			S	S	S	C	C	S
Refeitório				S	S	S	S	S
Instalações Sanitárias					S	S	C	S
Vestiário						S	S	S
Stock de Armações							I	S
Área de execução das estacas								I
Bomba / Betoneira								

I = Importante
C = Considerar
S = Sem importância

Como é possível perceber na tabela 3.1, as correlações mais importantes nesta etapa de execução foram a ligação entre a área de execução das estacas e o *stock* de armaduras, e também a ligação da área de execução das estacas com o conjunto de caminhão bomba e caminhão betoneira. Estas duas correlações devem ser sempre verificadas pela equipa de planejamento da obra, fazendo com que o transporte entre estas áreas sejam sempre facilitado.

De acordo com a informação fornecida pelo empreiteiro que iria executar as estacas na obra, a equipa de execução e planejamento, seria possível executar 10 estacas de diâmetro de 40 cm e 8 estacas de diâmetro de 50 cm por dia. Assim, o período de execução de todas as estacas seria de aproximadamente 11 dias trabalhados. Esses valores já consideravam a restrição de caminhões da região central de São Paulo, a qual faz com que a betonagem das estacas tenha de ser finalizada até as 15:00 horas para que às 16:00 horas o caminhão já não esteja mais dentro da zona de restrição de veículos.

Na primeira fase do planejamento foi necessário planejar o posicionamento do caminhão betoneira e da bomba de betão dentro da obra, pois estacionar os veículos na rua implicaria em custos extras e ao mesmo

tempo, o conjunto iria ocupar um grande espaço do terreno. De acordo com a central fornecedora do betão e da bomba de betão, a equipa de planeamento considerou as seguintes dimensões: o camião betoneira possui aproximadamente 7,5 metros de comprimento e 2,7 metros de largura e o camião bomba possui aproximadamente 10,0 metros de comprimento e 2,7 metros de largura.

A Figura 3.20 mostra a primeira tentativa do acerto do *layout* do estaleiro para a execução das estacas hélice contínua.

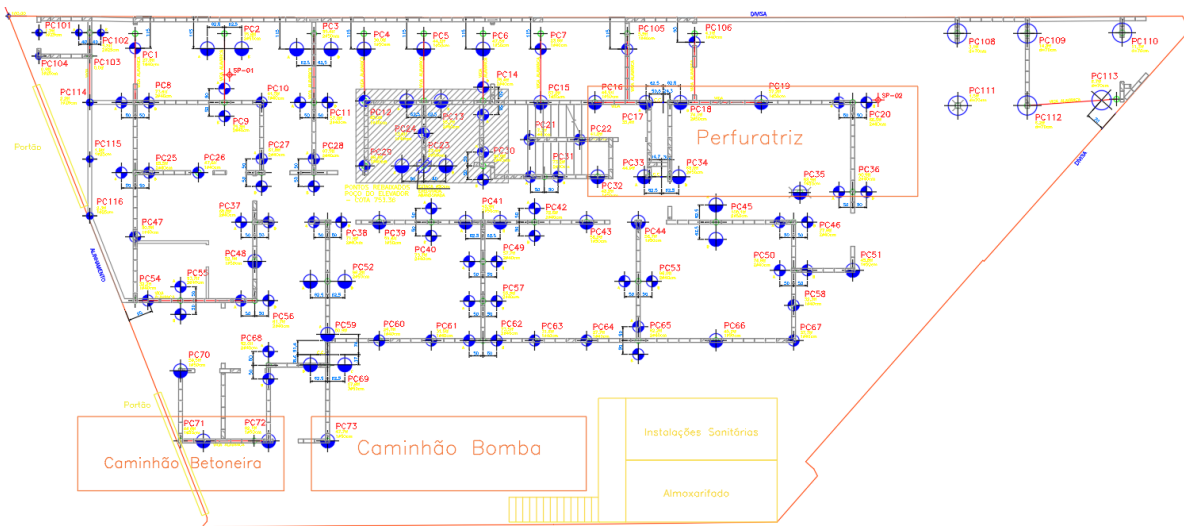


Figura 3.20 – Primeira tentativa do acerto de *layout* (Arquivo pessoal).

Na primeira tentativa de acerto do *layout* do estaleiro a disposição do camião bomba e do camião betoneira não ficaram adequados, porque o comprimento total que seria necessário para estacionar os dois camiões em linha reta seria de aproximadamente 18,00 metros e não existia esse espaço entre os *containers* e o portão. Foi feita uma segunda tentativa de acordo com a Figura 3.21.

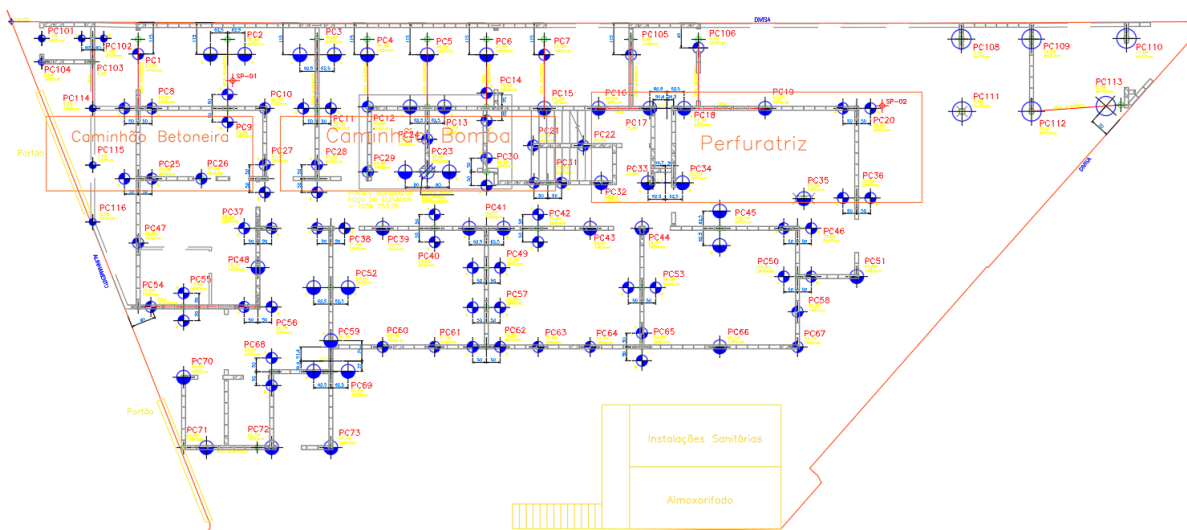


Figura 3.21 – Segunda tentativa do acerto de *layout* (Arquivo pessoal).

Nessa segunda tentativa foi alterado o acesso dos caminhões para o outro portão. Com esse *layout* é possível executar as estacas. Porém, a posição dos caminhões ocupando grande parte do trecho onde seriam executadas as estacas, fez com que esse *layout* atrapalhe a movimentação e por isso não pode ser aceito.

Em novo contato com a central fornecedora do betão, a equipa de planeamento foi informada que existia a possibilidade de trocar o caminhão bomba por uma bomba estacionária de betão, a qual possui a mesma função do caminhão bomba, e tem apenas 5,0 metros de comprimento e 2,0 metros de largura. A nova opção é aproximadamente 20% mais dispendiosa que a orçada anteriormente, porém foi aceite pela diretoria da empresa, para que seja possível melhorar a movimentação, economizando espaço útil do estaleiro e possibilitando uma melhor distribuição de materiais na obra e fazendo com que não seja necessário reservar uma vaga na rua junto à Prefeitura de São Paulo para executar esta fase de obra.

Com essas alterações, foi feita uma terceira tentativa de *layout* ilustrada pela Figura 3.22.

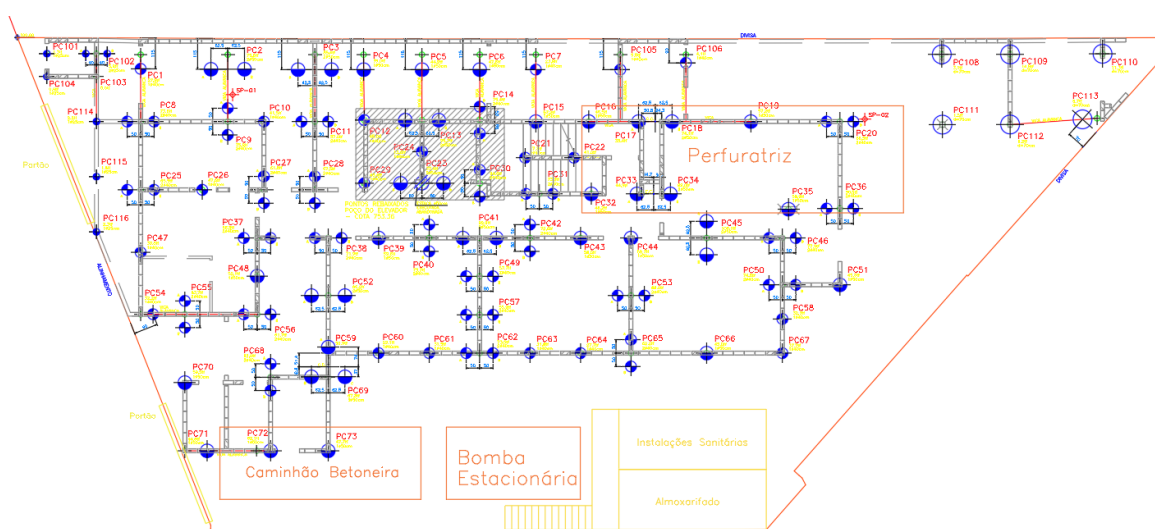


Figura 3.22 – Terceira tentativa do acerto de *layout* (Arquivo pessoal).

Esta terceira alternativa parecia ser a mais plausível para a execução das estacas na obra. Porém, ela ainda não foi perfeita, já que sob o caminhão betoneira estariam as estacas PC 71 até PC 73. Esse facto foi solucionado com a mudança do conjunto da bomba mais betoneira para o outro portão da obra, apenas no dia e momento em que seriam executadas estas estacas. A equipa de planeamento previu que essas 3 estacas fossem executadas apenas no último dia de execução das estacas de 50 cm, já que neste dia estava prevista uma folga maior no ritmo da obra.

Durante a escavação das estacas surgiu uma grande quantidade de terra, que deveria ser retirada com o auxílio de uma mini escavadeira, a qual ficaria à disposição da equipa da obra durante todo o período de execução das estacas. Essa terra foi retirada para o “bota fora” com o apoio de caminhões, os quais teriam seu acesso na obra sempre no portão que não estava sendo utilizado pelos caminhões betoneiras, fazendo com que houvesse um livre acesso, sempre que fosse necessário retirar terra do estaleiro.

Como nesta obra não existe muitos espaços para a localização da armazenagem do aço no estaleiro, deveria ser planeado o local onde seriam armazenadas as armaduras, para que não ocorrem desperdícios de tempo e de percursos (transporte) durante a execução das estacas. Especialmente para este estaleiro, o mais importante foi que o *stock* das armaduras não estivesse sobre as estacas, para evitar a movimentação desnecessária durante a execução das estacas.

As armaduras foram solicitadas à produção, de acordo com a necessidade da obra. Foi combinado com o empreiteiro que primeiramente seriam executadas todas as estacas com 40 cm e depois as outras de 50 cm. Assim, o fornecedor das armaduras iria apenas, primeiramente, entregar as armaduras para as estacas de 40 cm e no último dia de execução das estacas de 40 cm seriam entregues as armaduras de 50 cm, para que não ocorresse paralisações da produção e também ao mesmo tempo não ocorresse um excesso de *stocks* de armaduras de estacas na obra.

A Figura 3.23 mostra o local definido para a realização da armazenagem de armaduras para as estacas.

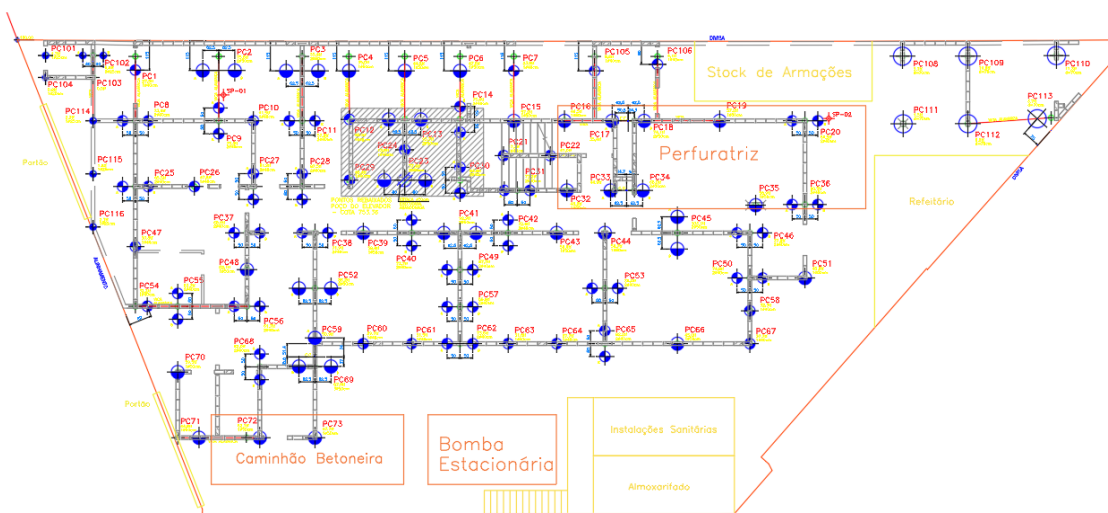


Figura 3.23 – Definição da posição de *stock* de armaduras (Arquivo pessoal).

Todo o planeamento executado e descrito até então foi amplamente discutido por toda a equipa de obra.

A Figura 3.24 mostra o planeamento executado em obra.

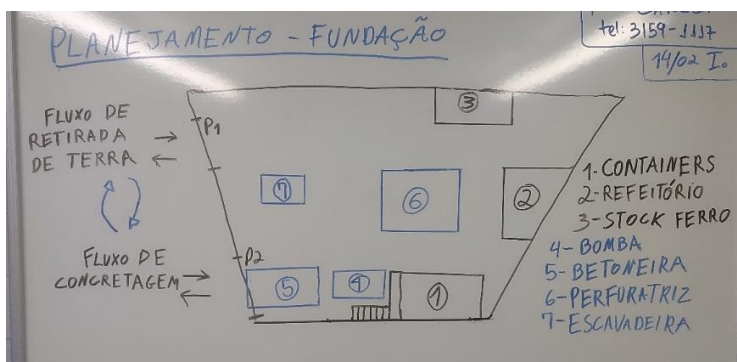


Figura 3.24 – Planeamento da fase de execução das estacas feito em obra (Arquivo pessoal).

Para verificar se o planejamento final para esta fase do estaleiro atendeu às correlações apontadas como importantes no início do estudo desta fase de execução, foi feita uma segunda matriz de correlações. A Tabela 3.2 mostra se o *layout* desenvolvido para esta fase de construção estava atendendo às correlações identificadas como importantes.

Tabela 3.2 – Verificação das correlações importantes na fase de fundação (Arquivo pessoal).

Correlações com	Escritório de Engenharia	Almoxarifado	Refeitório	Instalações Sanitárias	Vestiário	Stock de Armações	Área de execução das estacas	Bomba / Betoneira
Instalações								
Escritório de Engenharia								
Almoxarifado								
Refeitório								
Instalações Sanitárias								
Vestiário								
Stock de Armações							A	
Área de execução das estacas								A
Bomba / Betoneira								
		A = Atende		N = Não Atende				

Com as medidas tomadas nesta fase de planejamento foram utilizadas algumas ferramentas do *Lean Construction*. Quando a equipa de planejamento solicitou a entrega das armaduras em duas etapas criou um mecanismo *poka yoke*, fazendo com que não haja a possibilidade dos colaboradores se enganarem e colocarem uma armadura da estaca de 40 cm na estaca de 50 cm. Além disso, utilizaram também o conceito da ferramenta **5S**, já que com menos *stocks* de armaduras na obra e com um espaço de estaleiro extremamente reduzido, o ambiente ficará mais organizado e mais limpo. Quando a equipa de planejamento quantificou as estacas que seriam executadas diariamente e planejou a entrega das armaduras ela também utilizou a técnica do *heijunka*, a qual tem como objetivo nivelar a produção fazendo com que a utilização dos materiais seja o mais constante possível. Foi utilizado também nesta fase, o conceito da ferramenta do *kanban* de fornecedores, fazendo com que o material chegue ao estaleiro na hora exata, na quantidade exata e apenas quando necessário. Ao apresentar o planejamento executado para a equipa de campo através de uma apresentação visual, a equipa de planejamento utilizou os conceitos da ferramenta de gestão visual, conhecida como *andon*.

A Tabela 3.3 mostra uma síntese dos desperdícios, ações tomadas, ferramentas do *Lean Construction* e melhorias esperadas nesta fase de planejamento.

Tabela 3.3 – Síntese de ações e melhorias esperadas na fase de fundações (Arquivo pessoal).

Fase de Fundações			
Desperdícios	Ações Tomadas	Ferramentas <i>Lean</i>	Ganhos Esperados
Tempos de espera;	Nivelamento da produção diária;	5S, <i>Heijunka</i> , <i>Kanban</i> , <i>Andon</i> e <i>Poka Yoke</i> .	Redução no tempo dos transportes de materiais dentro do estaleiro, redução no espaço dos <i>stocks</i> , melhoria na logística interna do estaleiro, melhoria na organização do estaleiro, redução do número de defeitos, e como resultado de todos os itens anteriores, um possível ganho de produtividade.
Transportes;	Estudo do <i>layout</i> da obra durante a concretagem;		
Excesso de <i>stocks</i> ;	Nivelamento da entrega de aço;		
Movimentação desnecessária;	Estudo do posicionamento do <i>stock</i> de aço;		
<i>Making-do</i> ;	Entrega primeiramente do ϕ 40 cm.		
Deifeitos.			

Para analisar os ganhos obtidos nesta fase, foi comparado o tempo de execução desta fase da obra com o de uma outra obra com um padrão e volume de serviço semelhante. O tempo de produção foi reduzido de 13 para 12 dias de serviço. É importante ressaltar que a equipa de produção foi exatamente a mesma nas duas obras e que nesta outra obra o estaleiro não era restrito como no estaleiro estudado por este caso de estudo. A redução no tempo de execução, apesar de pequena, apresenta os ganhos obtidos através de um planeamento utilizando como base a filosofia do *Lean Construction*, a qual permitiu melhorar a logística do estaleiro.

3.7 PLANEAMENTO DO ESTALEIRO NA EXECUÇÃO DOS BLOCOS DE FUNDAÇÃO

Os blocos de fundação, ou também conhecidos como maciços de encabeçamento de estacas, tem a função de solidarizar a cabeça de uma ou mais estacas, fazendo com que ocorra a correta ligação entre a fundação e a superestrutura, sendo por isso extremamente importante na construção de um edifício.

A execução dos blocos de fundação basicamente se subdivide em 6 etapas: a escavação dos blocos, o arrasamento das cabeças das estacas até a cota definida no projeto, a execução das formas de madeira, a execução das armaduras, a betonagem e por último, ocorre a desmoldagem e o reaterro do entorno do bloco da fundação.

De acordo com o projeto da obra existiam 70 blocos de fundação, número que poderia ser considerado bastante elevado, quando levado em consideração a metragem total do terreno do edifício. A equipa de planeamento identificou que seria necessário subdividir a execução dos blocos, para que fosse possível garantir uma produtividade adequada, já que executar todos os blocos de uma vez só faria com que o projeto se tornasse extremamente complexo, pois não haveria espaço para estocar terra, madeira e armadura.

Foi executado uma nova matriz de correlações para que fosse possível compreender a necessidade de correlações entre as instalações nesta fase. A Tabela 3.4 ilustra a matriz executada.

Tabela 3.4 – Matriz de correlações na fase de blocos de fundação (Arquivo pessoal).

Correlações com	Escritório de Engenharia	Almoxarifado	Refeitório	Instalações Sanitárias	Vestiário	Stock de Armações	Área de execução das blocos	Bomba / Betoneira
Instalações								
Escritório de Engenharia		S	S	S	S	S	S	S
Almoxarifado			S	S	S	C	C	S
Refeitório				S	S	S	S	S
Instalações Sanitárias					S	S	C	S
Vestiário						S	S	S
Stock de Armações							I	S
Área de execução das blocos								I
Bomba / Betoneira								

I = Importante
 C = Considerar
 S = Sem importância

Como é possível perceber na tabela 3.4 as correlações mais importantes nesta etapa de execução foram a ligação entre a área de execução dos blocos e o *stock* de armaduras e também a ligação da área de execução dos blocos com o conjunto de caminhão bomba e caminhão betoneira, as quais deveriam ser sempre verificadas pela equipa de planeamento da obra, garantindo uma proximidade entre estas instalações e consequentemente, uma facilidade de transporte entre estas áreas.

A equipa de planeamento, em reunião com o empreiteiro dos blocos de fundação, definiu trechos para a execução das atividades. Os trechos definidos não eram necessariamente de igual volume de betão, mas sim de igual dificuldade de execução. Primeiramente foi definido um prazo de trabalho, ou seja, um período de intervalo de betonagem, fazendo com que a produção fosse nivelada, facilitando o controlo das entregas de materiais e reduzindo o espaço necessário para armazenar os materiais.

O período de execução foi definido como sendo uma semana e o dia da semana como sendo a sexta-feira. Desse modo, durante o período das atividades todas as sextas-feiras iria ocorrer a betonagem de um trecho dos blocos de fundação na obra. Foi estipulado um total de 5 fases de betonagem, a Figura 3.25 ilustra o planeamento das fases.

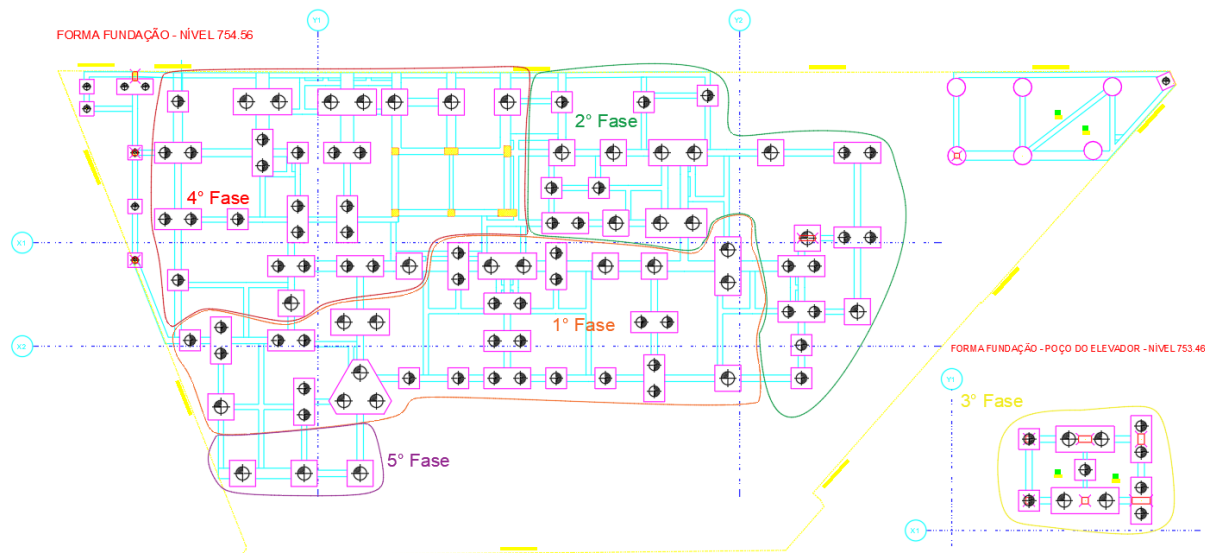


Figura 3.25 – Divisão dos blocos de fundação em 5 trechos (Arquivo pessoal).

É importante ressaltar que existiam duas fases com menor volume, porém com maior dificuldade. A terceira fase foi importante e complexa, pois nela iria ocorrer a retirada de um grande volume de terra, para que fosse possível atingir a cota de fundo do poço do elevador. A quinta fase também teve muita complexidade, pois quando os blocos 71 a 73 foram executados, o acesso à obra seria restrito, pois não era recomendável pelo projetista de estruturas passar com as rodas de um caminhão betoneira cheio sob os blocos após serem betonados. Essas duas fases de betonagem deveriam reter a extrema atenção da equipa de planeamento.

A betonagem da primeira fase até a quarta fase seria feita do mesmo modo que foi feita a betonagem das estacas, com o conjunto betoneira e bomba em frente aos *containers*. Porém, a betonagem da quinta fase deveria ser planeada de modo diferente. A equipa de betonagem planejou que o conjunto do caminhão bomba e caminhão betoneira ficassem estacionados na rua. Porém, para que fosse permitido estacionar veículos na rua em frente à obra foi necessário pedir uma permissão na Companhia de Engenharia de Tráfego e a autorização demorou em média 5 dias úteis para ser emitida, ou seja, foi necessário que a equipa de obra antecipadamente procedesse à requisição para estacionar na rua, dentro do prazo.

É importante ressaltar que em frente à obra não foi possível estacionar. Isso fez com que o caminhão tivesse que ficar estacionado em frente ao edifício vizinho, da gráfica. Foi necessário que a equipa de obra fizesse algumas passagens em aço, para que a mangueira de betonagem não atrapalhasse a entrada de veículos nos terrenos vizinhos e também não atrapalhasse o trânsito de pedestres.

A Figura 3.26 mostra a tentativa de alteração do *layout* durante a betonagem da quinta fase.

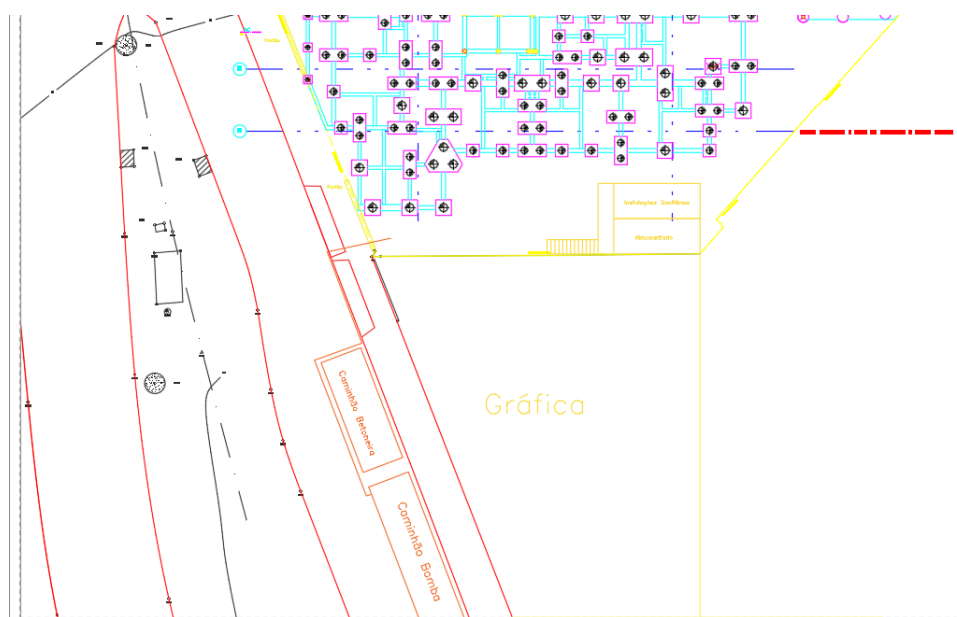


Figura 3.26 – *Layout* do estaleiro na quinta fase de betonagem (Arquivo pessoal).

A retirada de terra ocorreu de maneira semelhante da ocorrida na fase de execução das estacas. Porém, nessa fase, o volume de terras foi bem menor e ocorre o reaterro ao redor dos blocos de fundação, pelo que, apenas parte da terra retirada da escavação dos blocos devesse efetivamente ser retirada do estaleiro.

A logística com relação à retirada da terra ocorreu sabendo que a terra retirada no trecho seguinte seria utilizada para reaterroar o trecho anterior. Partindo desse mecanismo, foi previsto que apenas seria retirada terra durante a primeira fase, na última fase e na fase de execução do poço do elevador, onde o volume de terra seria consideravelmente melhor. A quantidade de caminhões a serem utilizados foi prevista pela equipe de obra, de acordo com o empolamento gerado pela terra, em função da sua natureza.

A entrega das armaduras e das madeiras para as formas deveria ocorrer dentro do planejado pela equipe, sempre respeitando a quantidade necessária para realizar um determinado trecho e nunca para a obra toda. Com relação à madeira, a fornecedora iria entregar sempre às quintas-feiras a quantidade necessária para execução da fase seguinte. Já quanto ao aço, o fornecedor se comprometeu a realizar entrega aos sábados, sempre também na quantidade exata. Essa logística de entrega faz com que nunca faltassem materiais na obra e ao mesmo tempo nunca ocorressem um *super stock*, fazendo com que sempre haja frente de trabalho para todas as equipes.

A Figura 3.27 mostra o planejamento feito para a primeira até a quarta fase de execução e a Figura 3.28 mostra o planejamento para a quinta fase de execução.

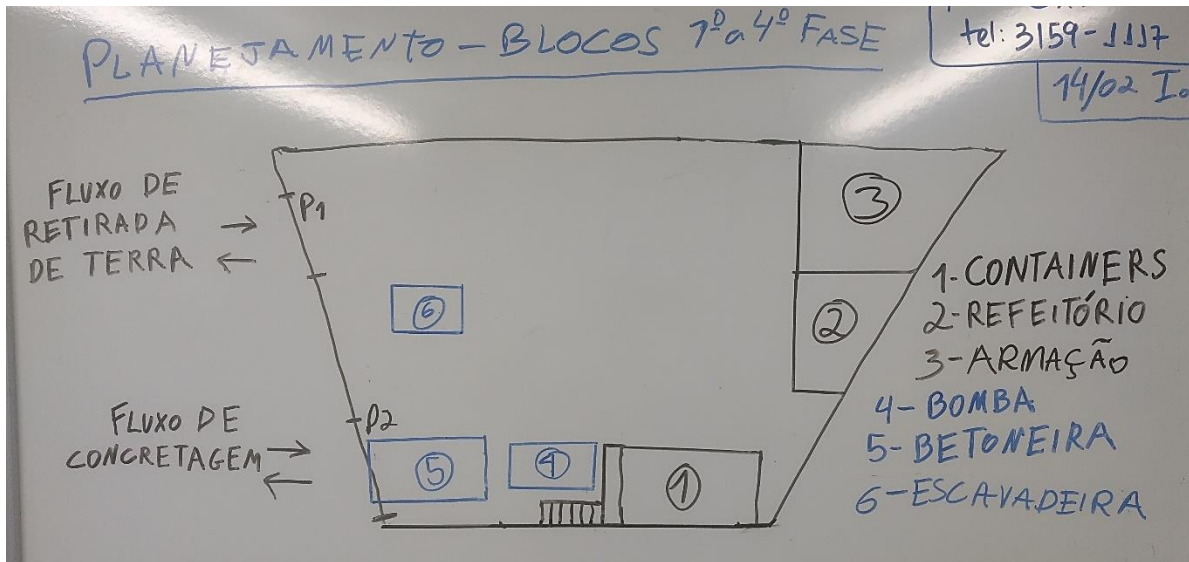


Figura 3.27 – Planeamento para a primeira até quarta fase de betonagem (Arquivo pessoal).

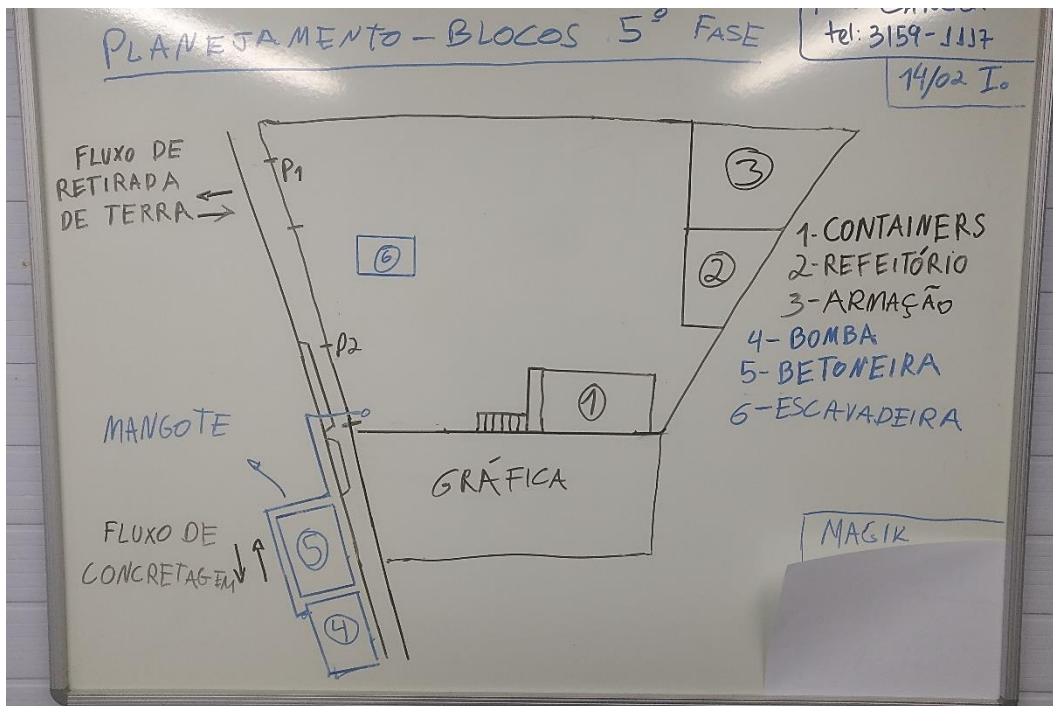


Figura 3.28 – Planeamento para a quinta fase de betonagem (Arquivo pessoal).

Para verificar se o planeamento final para a fase de execução dos blocos de fundação atende às correlações apontadas como importantes no início do estudo, foi feita uma segunda matriz de correlações. A Tabela 3.5 mostra se o *layout* definido para esta fase de construção esta atendendo às correlações identificadas como importantes.

Tabela 3.5 – Verificação das correlações importantes na fase de blocos de fundação (Arquivo pessoal).

Correlações com	Escritório de Engenharia	Almoxarifado	Refeitório	Instalações Sanitárias	Vestiário	Stock de Armações	Área de execução das blocos	Bomba / Betoneira
Instalações								
Escritório de Engenharia								
Almoxarifado								
Refeitório								
Instalações Sanitárias								
Vestiário								
Stock de Armações							A	
Área de execução das blocos								A
Bomba / Betoneira								
		A = Atende		N = Não Atende				

Com as medidas tomadas nesta fase de planejamento, foram utilizadas algumas ferramentas do *Lean Construction*. Quando a equipe de planejamento delimitou as fases de execução e planejou a entrega das armaduras e formas, ela utilizou a técnica do *heijunka*, a qual tem como objetivo nivelar a produção fazendo com que a utilização dos materiais seja o mais constante possível. Com a delimitação de trechos também foi utilizada a ferramenta *5S*, fazendo com que o estaleiro esteja sempre organizado e com *stocks* apenas dos materiais que serão utilizados brevemente. Ao restringir as entregas dos materiais em pequenas quantidades, a equipe de planejamento utilizou o conceito da ferramenta *kanban* com os fornecedores. Além disso, com a demonstração visual do planejamento executado para esta fase, foi utilizado a ferramenta *andon*, fazendo com que todos os funcionários entendam o planejamento.

A Tabela 3.6 faz uma síntese do planejamento que foi executado para os blocos de fundação do caso de estudo.

Tabela 3.6 – Síntese de ações e melhorias esperadas da fase de blocos de fundação (Arquivo pessoal).

Fase de Blocos de Fundação			
Desperdícios	Ações Tomadas	Ferramentas <i>Lean</i>	Ganhos Esperados
Tempos de espera;	Nivelamento da produção diária;	<i>5S, Heijunka, Kanban e Andon.</i>	Redução no tempo dos transportes de materiais dentro do estaleiro, redução no espaço dos <i>stocks</i> , melhoria na logística interna do estaleiro, melhoria na organização do estaleiro, e como resultado de todos os itens anteriores, um possível ganho de produtividade.
Transportes;	Divisão dos blocos em trechos de execução;		
Excesso de <i>stocks</i> ;	Estudo do <i>layout</i> da obra durante a concretagem;		
Movimentação desnecessária;	Nivelamento da entrega de aço/madeira;		
<i>Making-do</i> ;	Estudo do posicionamento do <i>stock</i> de aço;		

Para análise dos ganhos obtidos nesta fase, foi comparado novamente o tempo de execução desta obra em questão com uma outra obra similar da mesma construtora. O tempo total para execução desta fase foi de 1 mês e 4 dias, enquanto na obra similar foi executada em 1 mês e 10 dias. O ganho obtido nesta

fase também não foi de elevada notoriedade, porém considerando que a obra estudada no caso de estudo é mais complexa que a outra obra similar da construtora os ganhos tornam-se mais atraentes.

3.8 PLANEAMENTO DO ESTALEIRO NA EXECUÇÃO DA ALVENARIA ESTRUTURAL

De acordo com Sousa e Gonçalves (2018), a alvenaria estrutural é um tipo de estrutura para edifícios que vem se generalizando no Brasil, influenciados por um custo e prazo de execução menores, quando comparado à estrutura de betão armado convencional. O desenvolvimento tecnológico da construção civil, e mais propriamente do betão e dos materiais de construção tem permitido executar edifícios com elevado número de pisos utilizando a alvenaria estrutural como estrutura de sustentação.

Neste tipo de sistema, as paredes tem função estrutural e por isso são projetadas através de paginações específicas para cada parede, identificado diversos tipos e tamanhos de blocos e também mostrando os lugares onde serão executadas cintas e pilaretes preenchidos com *grout e aço*. A laje é executada em estrutura de betão, da mesma forma que no sistema convencional. As infraestruturas elétricas e hidráulicas são sempre executadas conjuntamente com a subida da alvenaria, já que não é permitido furar a alvenaria estrutural, após ser executada.

A execução deste tipo de estrutura basicamente se subdivide em: marcação da primeira fiada de alvenaria, subida da alvenaria respeitando os pontos de pilaretes, cintas, sistemas elétricos e hidráulicos, e por último, a execução da laje com betão armado.

Foi elaborada uma matriz de correlações para esta fase de execução da alvenaria estrutural, a qual tem a função de identificar e evidenciar quais são as correlações mais importantes para esta fase da obra, essas correlações devem ser mantidas e preservadas durante o planeamento do *layout* do estaleiro. A Tabela 3.7 ilustra a matriz executada para esta etapa de execução.

Tabela 3.7 – Matriz de correlações na fase de alvenaria estrutural (Arquivo pessoal).

Correlações com	Escritório de Engenharia	Almoxarifado	Refeitório	Instalações Sanitárias	Vestiário	Stock de Ensacados	Stock de Blocos	Stock de Aço	Elevador Cremalheira	Grua	Bomba / Betoneira
Instalações											
Escritório de Engenharia		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Almoxarifado			S	S	S	C	C	C	C	C	S
Refeitório				S	S	S	S	S	S	S	S
Instalações Sanitárias					S	S	S	S	C	S	S
Vestiário						S	S	S	S	S	S
Stock de Ensacados							S	S	I	S	S
Stock de Blocos								S	I	S	S
Stock de Aço									S	I	S
Elevador Cremalheira										S	C
Grua											C
Bomba / Betoneira											

I = Importante

C = Considerar

S = Sem importância

De acordo com a matriz de correlações foram identificadas seguintes correlações importantes:

- Elevador cremalheira e *stock* de ensacados;
- Elevador Cremalheira e *stock* de blocos;
- Grua e *stock* de aço.

Todas estas correlações deverão ser respeitadas e planeadas pela equipa de planeamento da obra a fim de evitar desperdícios com transportes.

Para a execução dessa atividade, foi necessário planejar a correta localização de um elevador cremalheira e de uma grua, os quais serão imprescindíveis para o transporte dos materiais para os diversos pavimentos da edificação. O elevador cremalheira tem como função principal o transporte de pessoas, ensacados, blocos estruturais e também dos materiais de menor dimensão. Já a grua tem como objetivo principal a subida de aço e também ao final da execução da alvenaria estrutural da penúltima laje, o transporte de duas caixas d'água de fibra de vidro para a cobertura. O estaleiro não permitiu muitas possibilidades de mudanças devido a falta de espaços livres, mas de qualquer forma, foi necessário analisar a correta localização destes equipamentos.

Primeiramente a equipa de planeamento entrou em contato com o fornecedor desse tipo de equipamento para realizar um estudo do posicionamento, tanto da grua, como do elevador cremalheira. O primeiro equipamento a ser estudado foi o elevador cremalheira. O fornecedor informou que deveria ser reservado um espaço de 3,00 metros por 3,50 metros. Estas dimensões são da grade de proteção, a qual faz o isolamento da cabine e da torre. Outra informação importante, que foi considerada pela equipa de planeamento, é que a localização do elevador cremalheira deve ser em uma das prumadas dos vãos de janelas do edifício, para que seja possível ter acesso do elevador à torre do edifício, em todos os andares.

Foi desenvolvido um estudo de acordo com a Figura 3.29.

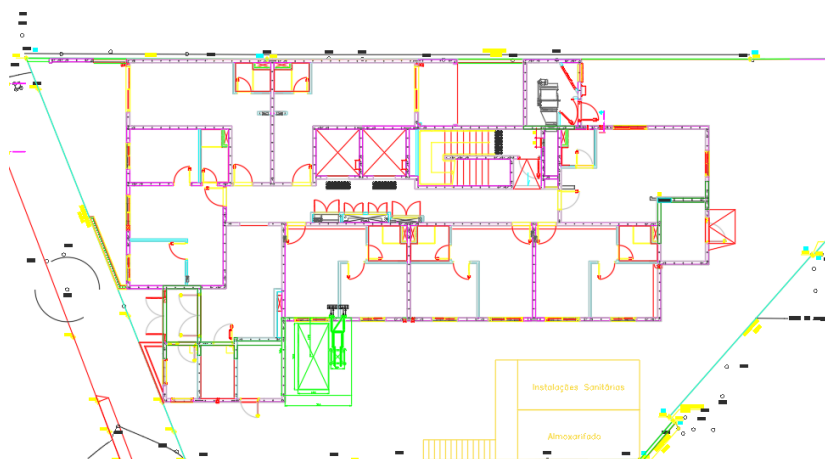


Figura 3.29 – Primeira tentativa de acerto do posicionamento do elevador (Arquivo pessoal).

Nesta primeira tentativa de acerto do *layout*, o espaço para o armazenamento de materiais pode ser considerado adequado. Porém, a proximidade com uma das faces do edifício faria com que em fases posteriores, como por exemplo na fase de execução de revestimento argamassado de fachada ou na de pintura de fachada, o posicionamento estudado na primeira tentativa dificulte a execução dos trabalhos, atrapalhando a produtividade da equipe. É importante ressaltar que o elevador cremalheira foi utilizado pela obra até que o elevador definitivo do empreendimento seja instalado e entregue, algo que geralmente dura de 2 a 3 meses após a finalização da estrutura. É necessário que todos os caixilhos do edifício sejam transportados para os andares antes da remoção do elevador cremalheira, pois as dimensões do elevador definitivo não permite este transporte.

Devido às dificuldades encontradas na primeira tentativa de acerto do *layout*, foi executada uma segunda tentativa de acerto do *layout* de acordo com a Figura 3.30.

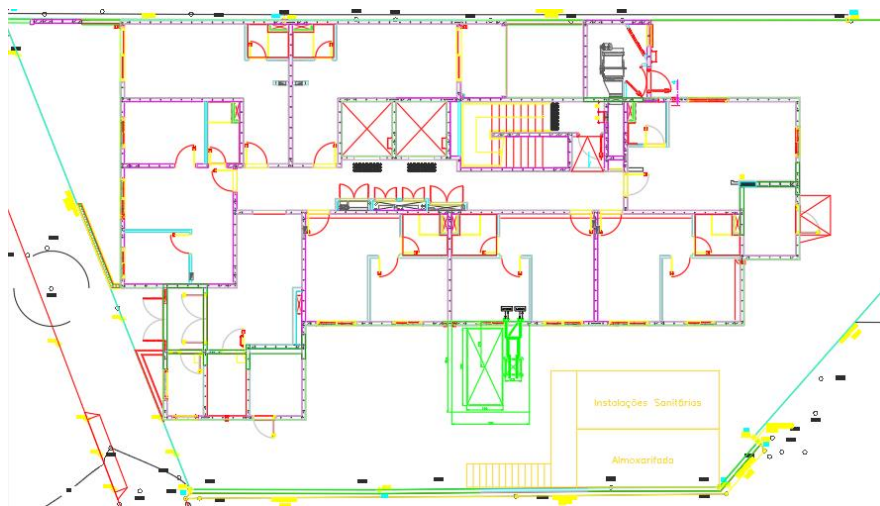


Figura 3.30 – Segunda tentativa de acerto do posicionamento do elevador (Arquivo pessoal).

Esta nova tentativa de acerto do *layout* com o posicionamento do elevador cremalheira possui um bom espaço para armazenamento de materiais. Porém, devido a sua proximidade com o conjunto de *containers*, o acesso aos fundos da obra fica extremamente limitado, fazendo com que o trânsito de pessoas e principalmente dos materiais de maior dimensão fiquem limitados.

Por isso, foi proposta uma terceira alternativa de posicionamento do elevador cremalheira de acordo com a Figura 3.31.

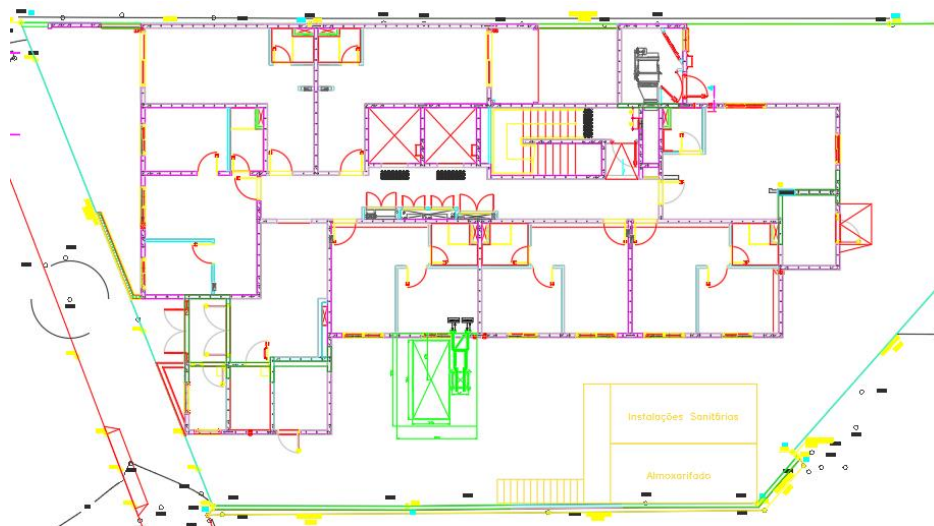


Figura 3.31 – Terceira tentativa de acerto do posicionamento do elevador (Arquivo pessoal).

Esta nova tentativa de acerto do *layout* pareceu ser a mais plausível. Apesar de este acerto do *layout* não favorecer a estocagem de materiais na obra, ele possuía alguns pontos positivos, como o livre acesso de materiais e pessoas aos fundos da obra e também não dificulta o trabalho nas fases de execução de revestimento argamassado de fachada ou de pintura.

Com relação à definição da grua, primeiramente foi definido que não seria possível instalar uma grua com as dimensões convencionais de mercado, e sim uma mini-grua, que possui uma dimensão menor e consegue suprir a necessidade de peso da obra em questão. De acordo com as indicações do fornecedor desse tipo de equipamento, havia a possibilidade de instalar uma mini-grua com uma lança de 6,00 metros, a qual iria suprir a necessidade de peso da obra. Um detalhe importante, apontado pelo fornecedor da grua, é que o espaço gerado pelo raio da lança da mini-grua não pode coincidir com o espaço do elevador cremalheira, pois isso poderia causar um acidente durante a movimentação de materiais na obra. Essa restrição no posicionamento da mini-grua fez com que ela só pudesse ser instalada apenas na frente ou nos fundos do edifício.

A Figura 3.32 a seguir, mostra a primeira tentativa de acerto do *layout* do estaleiro, com o posicionamento da mini-grua.

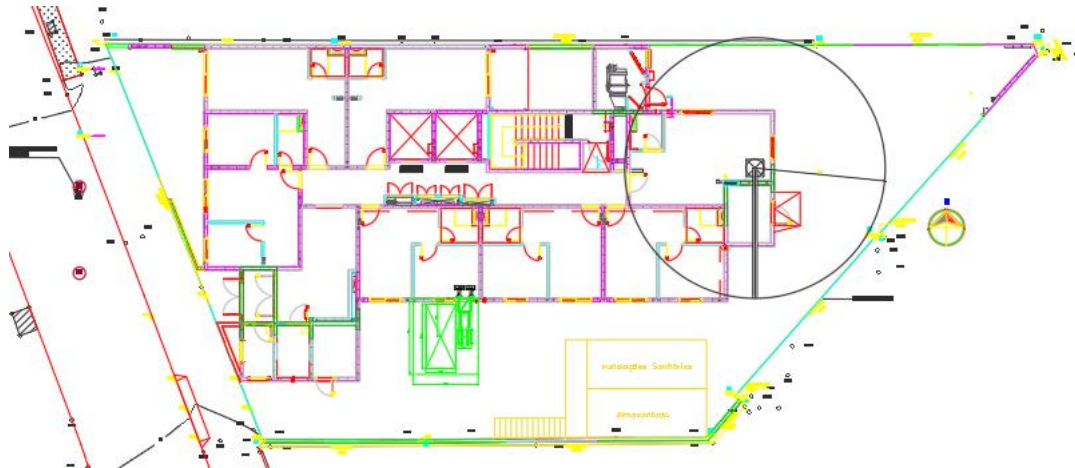


Figura 3.32 – Primeira tentativa de acerto do posicionamento da mini grua (Arquivo pessoal).

Essa primeira tentativa de acerto do *layout* possuía uma área suficiente para que o material possa ser içado e transportado até as lajes. Porém, a equipa de planeamento identificou que para tal, seria necessário transportar todo o aço até os fundos da obra, para que ele possa ser içado. Geralmente, este tipo de material é difícil de ser transportado pelo estaleiro, já que possui grandes dimensões e elevado peso. De acordo com o projeto, o aço do edifício seria entregue em barras com até 8,00 metros de comprimento, confirmando às expectativas da equipa de planeamento.

Foi necessário executar uma segunda tentativa de acerto do *layout* para sanar as dificuldades encontradas na primeira tentativa. A Figura 3.33 retrata a segunda tentativa.

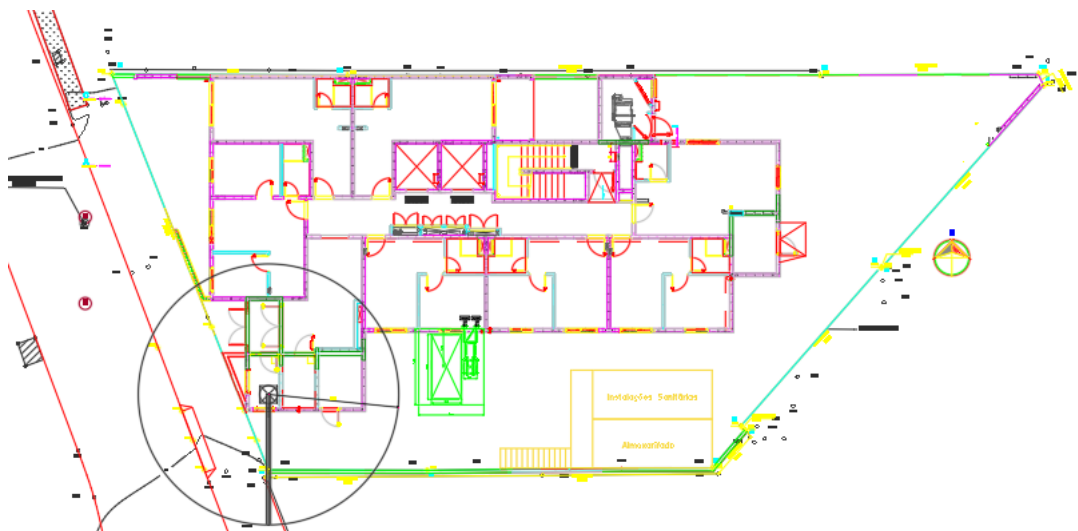


Figura 3.33 – Segunda tentativa de acerto do posicionamento da mini grua (Arquivo pessoal).

Nesta segunda tentativa, o espaço de içamento ficava bem mais próximo da entrada do edifício, facilitando o transporte do material no estaleiro. Um inconveniente deste *layout* era que a área para içamento ficava bem reduzida. Por isso, a equipa de execução deveria ter bastante cuidado com a estocagem diária de material.

Para planejar a entrega dos materiais, assim como nas outras etapas de execução, foi acertado com o empreiteiro de execução de alvenaria, uma produtividade média, a qual serviria de base para o planejamento. O empreiteiro informou que a produção de cada pavimento iria demorar em média 8 dias trabalhados. Nos quatro primeiros seria executada a alvenaria. Logo após, seria necessário mais 1,5 dia para a execução da forma das lajes e 1,5 dia para a execução das armaduras das lajes. No 8º dia ocorreria a betonagem da laje do pavimento superior.

De acordo com a informação do empreiteiro, a quantidade total de blocos de betão foi dividida em quatro entregas, sendo que elas ocorreriam sempre à noite, devido à restrição de caminhões na região central de São Paulo, começando pela noite antecedente ao 1º dia de execução do pavimento e terminando na noite anterior ao 4º dia. Essa distribuição na entrega dos blocos foi feita tendo em vista a necessidade que diariamente ocorreria na obra. As entregas foram realizadas com 13 *pallets* nos primeiros dias e de 10 *pallets* no último dia, para completar a necessidade da obra.

De acordo com o planejamento feito para a entrega dos blocos, seria necessário espaço para receber 13 *pallets* diariamente na obra. Porém, foi previsto um espaço extra caso não ocorra a utilização dos *pallets* constantemente em todos os dias. Os *pallets*, segundo a fornecedora do material, poderiam ser estocados de 2 em 2 para economizar espaço, sem comprometer a integridade do material. Sendo assim, seria necessário reservar um espaço para apenas 7 *pallets*, os quais possuem uma dimensão de 1,00 metros x 1,20 metros, pelo que foi necessário um espaço de 1,20 metros x 7,00 metros, além do espaço extra. A Figura 3.34 mostra a zona que foi reservada para efetuar o *stock* deste material.

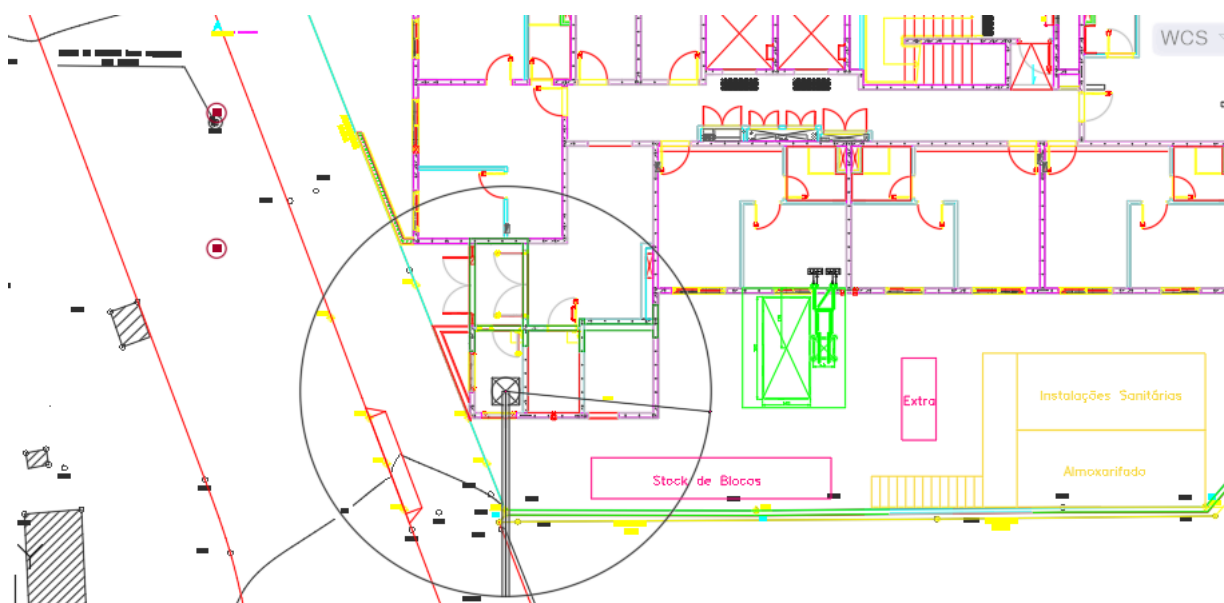


Figura 3.34 – Posicionamento do *stock* de blocos (Arquivo pessoal).

A entrega de *grout* e argamassa também foi dividida em entregas diárias para não haver excesso de *stocks*. Este material também foi entregue em 4 dias da mesma forma que na entrega de blocos, acompanhando

a execução alvenaria. De acordo com o projeto foram necessários ao todo 820 sacos para executar um pavimento, entre argamassa e *grout*. Deve-se realçar que a argamassa e o *grout* foram entregues industrializados e já ensacados, permitindo que o material fique descoberto, até o prazo de validade especificado pelo fabricante.

Para suprir a necessidade da obra, foram entregues 5 *pallets* por dia. Assim como na entrega dos blocos, os *pallets* também foram entregues com 1,00 metros por 1,20 metros. Foi reservado no estaleiro um espaço para estocar 8 *pallets*, que é um número estimado de reserva de segurança caso não haja um consumo constante dos materiais. Os *pallets* de argamassa e *grout* também poderiam ser estocadas de 2 em 2, diminuindo a área de *stock*. Os ensacados seriam estocados no fundo da obra, pois possuem fácil manuseio e poderiam ser descarregados em maior distância pelos fornecedores. A Figura 3.35 mostra a área de implantação reservada ao *stock* de argamassa e *grout*.

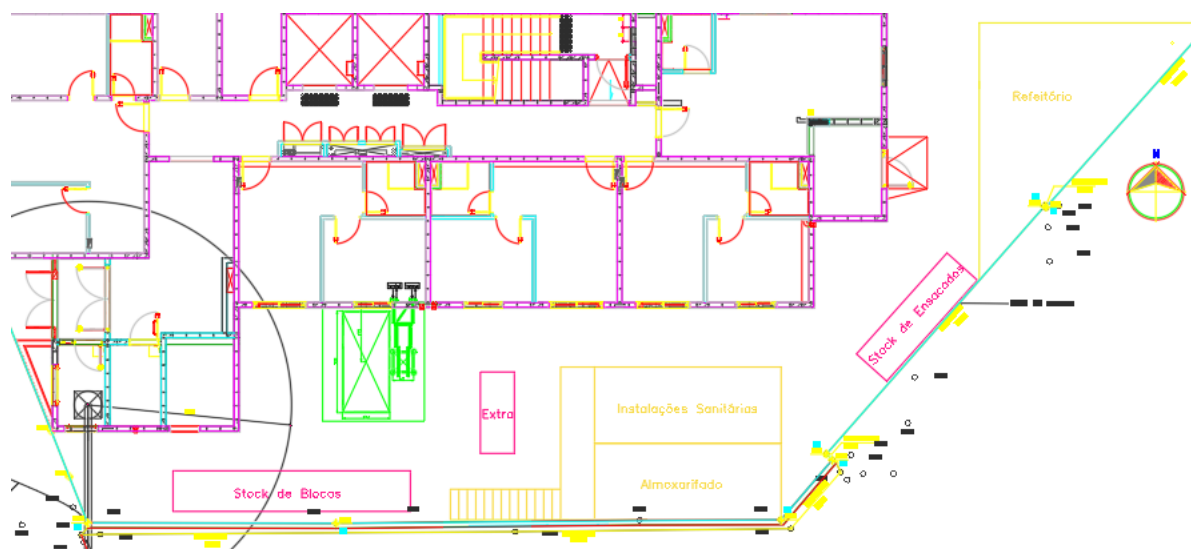


Figura 3.35 – Posicionamento do *stock* de ensacados (Arquivo pessoal).

A entrega de aço na obra foi dividida em duas entregas, a fim de não ocorrer excesso de *stock* na obra. A primeira entrega foi de aço para a alvenaria estrutural, a decorrer durante o 1º dia de execução das atividades. Já o aço para as lajes foi entregue no 3º dia de execução das atividades. Seriam reservados dois espaços, um para as barras maiores de 6,00 metros, as quais representam apenas 20% do total de aço, e outro para as barras menores de 6,00 metros. A Figura 3.36 identificam as áreas para *stock* de aço.

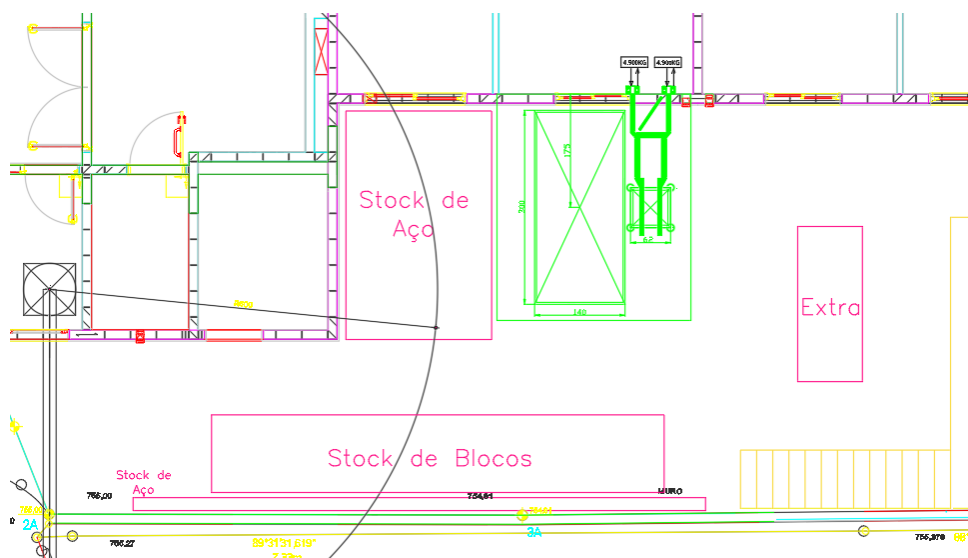


Figura 3.36 – Posicionamento do stock de aço (Arquivo pessoal).

A betonagem ocorreu da mesma maneira que a 5ª etapa dos blocos de fundação, ou seja, seria necessário estacionar tanto o caminhão bomba quanto o caminhão betoneira na rua. A equipa de planeamento previu que a equipa de execução deveria obter da prefeitura de São Paulo a reserva de vaga com antecedência.

A Figura 3.37 ilustra o planeamento executado para o 8º dia de execução da alvenaria estrutural, ou seja, o dia de betonagem da laje.

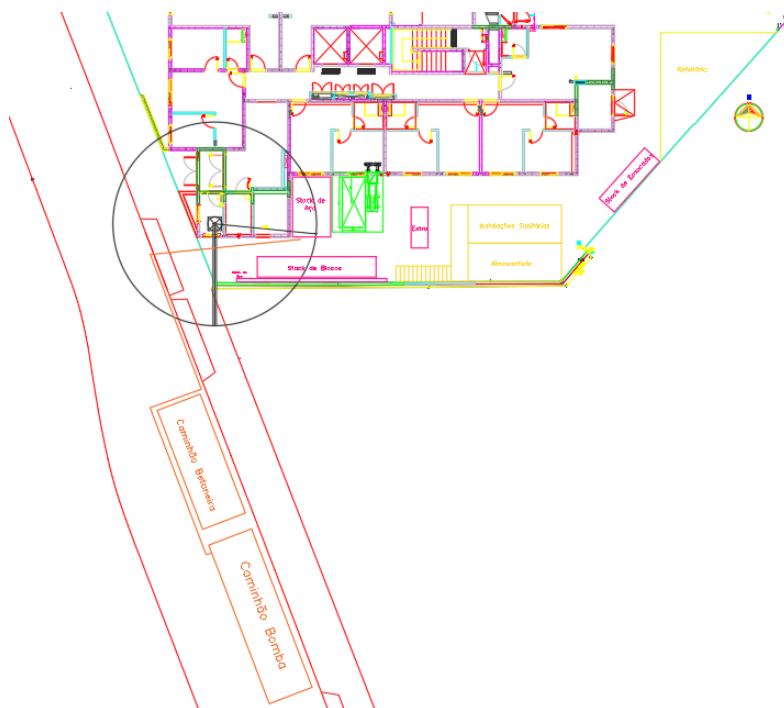


Figura 3.37 – Planeamento da betonagem das lajes (Arquivo pessoal).

Para verificar se o planeamento final, para a fase de execução da alvenaria estrutural, atende às correlações apontadas como importantes no início do estudo, foi feita uma segunda matriz de

correlações. A Tabela 3.8 mostra se o *layout* desenvolvido para esta fase de construção esta atendendo às correlações identificadas como importantes.

Tabela 3.8 – Verificação das correlações importantes na fase de alvenaria estrutural (Arquivo pessoal).

Correlações com	Escritório de Engenharia	Almoxarifado	Refeitório	Instalações Sanitárias	Vestiário	Stock de Ensacados	Stock de Blocos	Stock de Aço	Elevador Cremalheira	Grua	Bomba / Betoneira
Instalações											
Escritório de Engenharia											
Almoxarifado											
Refeitório											
Instalações Sanitárias											
Vestiário											
Stock de Ensacados									A		
Stock de Blocos									A		
Stock de Aço										A	
Elevador Cremalheira											
Grua											
Bomba / Betoneira											
		A = Atende			N = Não Atende						

De acordo com a tabela, foi possível perceber que as correlações compreendidas como principais nesta fase da obra, foram atendidas pelos *layouts* escolhidos.

Com essas medidas tomadas neste planeamento, foram utilizadas algumas ferramentas do *Lean Construction*. Quando a equipa de planeamento estabeleceu a execução do pavimento em um período determinado de tempo e planejou as entregas em função disto, ela utilizou a técnica do *heijunka*, a qual tem como objetivo nivelar a produção fazendo com que a utilização dos materiais seja o mais constante possível e também utilizou a técnica do *kanban*, fazendo com que os fornecedores entreguem os materiais no momento necessário. Com distribuição das entregas dos materiais necessários de acordo com a necessidade da obra também foi utilizada a ferramenta **5S**, fazendo com que o estaleiro esteja sempre organizado e com *stocks* apenas de materiais que serão utilizados brevemente. Além disso, a equipa de planeamento previu a identificação com placas, de todos os materiais dispostos no estaleiro. E estas placas deveriam conter uma breve descrição do material e a sua resistência. A responsabilidade por essa identificação seria do ferramenteiro, o qual foi treinado para desempenhar tal tarefa.

A Tabela 3.9 mostra uma síntese dos desperdícios, ações tomadas, ferramentas do *Lean Construction* e melhorias esperadas nesta fase de planeamento.

Tabela 3.9 – Síntese de ações e melhorias esperadas na fase de alvenaria estrutural (Arquivo pessoal).

Fase de Alvenaria Estrutural			
Desperdícios	Ações Tomadas	Ferramentas <i>Lean</i>	Ganhos Esperados
Tempos de espera;	Nivelamento da produção diária;	<i>5S, Heijunka e Kanban.</i>	Redução no tempo dos transportes de materiais dentro do estaleiro, redução no espaço dos <i>stocks</i> , melhoria na logística interna do estaleiro, melhoria na organização do estaleiro, e como resultado de todos os itens anteriores, um possível ganho de produtividade.
Transportes;	Estudo do posicionamento da mini-grua e cremalheira;		
Excesso de <i>stocks</i> ;	Estudo do <i>layout</i> da obra durante a concretagem;		
Movimentação desnecessária;	Nivelamento da entrega de aço, blocos e ensacados;		
<i>Making-do</i> ;	Estudo do posicionamento do <i>stock</i> aço, blocos e ensacados;		

Os ganhos obtidos nessa fase foram quantificados, comparando o tempo de duração desta fase na obra do caso de estudo e em uma obra semelhante executada pela construtora. O tempo total desta fase na obra foi de 4 meses enquanto na obra semelhante foi de 4 meses e 20 dias. O ganho obtido é significativo, principalmente quando considerado a complexidade dos estaleiros das obras.

3.9 SÍNTESE DAS FERRAMENTAS *LEAN* UTILIZADAS NO PLANEAMENTO DO CASO DE ESTUDO

Antes de realizar uma síntese geral das ferramentas *Lean* utilizadas no estudo de caso, é importante realçar que durante todo o planeamento da obra em questão, foram utilizados os princípios compreendidos no referencial teórico apresentado neste trabalho.

O aumento da produtividade através da redução dos desperdícios, que é um dos princípios chave da teoria *Lean*, foi intensamente colocado como objetivo no planeamento das 3 fases executivas estudadas neste trabalho. Os principais desperdícios possíveis de serem identificados na fase de planeamento são: o desperdício com transporte e excesso de *stocks*, devido à falta de espaço no estaleiro.

Na fase de fundações profundas foram utilizadas o *5S*, o *heijunka*, o *kanban*, o *andon* e o *poka yoke*. Essas ferramentas foram utilizadas com o intuito de se obter um estaleiro organizado, limpo, sem excesso de *stocks* e criar um dispositivo à prova de erro no caso da ferramenta *poka yoke*.

Na fase de execução dos blocos de fundação e na alvenaria estrutural também foram utilizados o *5S*, *kanban* e o *heijunka*. A aplicação destas ferramentas também foi voltada para a redução dos *stocks* no estaleiro e também um melhor senso de organização e limpeza.

Apresenta-se um quadro resumo (Tabela 3.10) com a referência às ferramentas *Lean* utilizadas e as fases de construção.

Tabela 3.10 – Fases de construção e as ferramentas *Lean* (Arquivo pessoal)

Fases de Construção	Ferramentas <i>Lean</i>	Ações Tomadas
Fundações	5S	Redução de <i>stocks</i> e implementação de cultura 5S
	<i>Heijunka</i>	Nivelamento da produção diária
	<i>Poka Yoke</i>	Criação de uma sequência de execução
	<i>Kanban</i>	Nivelamento das entrega dos insumos necessários
	<i>Andon</i>	Apresentação do planejamento de quadro da obra
Blocos de Fundação	5S	Redução de <i>stocks</i> e implementação de cultura 5S
	<i>Heijunka</i>	Nivelamento da produção através de fases
	<i>Kanban</i>	Nivelamento das entrega dos insumos necessários
	<i>Andon</i>	Apresentação do planejamento de quadro da obra
Alvenaria Estrutural	5S	Redução de <i>stocks</i> e implementação de cultura 5S
	<i>Heijunka</i>	Nivelamento da produção
	<i>Kanban</i>	Nivelamento das entrega dos insumos necessários

De uma maneira geral o estudo e a utilização das ferramentas utilizadas neste caso de estudo não foram de difícil identificação na fase de planejamento. Mas como apresentado anteriormente no capítulo 2, a maior dificuldade está em manter as ferramentas funcionando no dia a dia da obra. Além disto, muitas das ferramentas *Lean* devem ser aplicadas ao dia a dia da obra, fazendo com que no planejamento apenas haja uma previsão de utilização de determinada ferramenta.

Durante a execução das ações, acontecerem algumas tentativas de utilização da ferramenta conhecida como **diagrama de spagueti**. Porém, devido à falta de espaço no estaleiro, as distâncias do posto de trabalho até o local dos *stocks* quase sempre se apresentavam iguais, fazendo com que a ferramenta, para este tipo de estaleiro, se apresentasse pouco eficaz.

De acordo com o estudo em questão, foi possível identificar que as ferramentas *Lean* que foram utilizadas são de grande potencialidade na construção civil, fazendo com que apesar do estaleiro ser muito restrito quando se tratando de espaço, os prazos foram sempre atingidos, com eficiência superior ao esperado, quando comparado com uma obra muito similar.

A tabela 3.11 a seguir, apresenta uma comparação dos prazos obtidos na obra do caso de estudo e os prazos obtidos em uma outra obra similar da construtora, que não utilizou a filosofia *Lean* em seu planejamento. É importante lembrar que em ambas as obras, a quantidade de recursos financeiros e de recursos de mão de obra eram os mesmos, fazendo com que estes fatores não tivessem influência na produtividades das fases estudadas por esta dissertação.

Tabela 3.11 – Fases de construção e respectivos prazos (Arquivo pessoal)

Fases de Construção	Prazos na Obra do Caso de Estudo	Prazos na Obra Similar	Ganho Obtido
Fundações	12 dias	13 dias	8%
Blocos de Fundação	1 mês e 4 dias	1 mês e 10 dias	15%
Alvenaria Estrutural	4 meses	4 meses e 20 dias	14%

É importante ressaltar que na construção civil o produto em questão, no caso um edifício, é sempre único, pois um projeto sempre é diferente do outro, mesmo nos casos onde a arquitetura é a mesma. Por este motivo, a comparação das melhorias e dos benefícios que uma nova metodologia de trabalho possa agregar sempre se apresenta de uma maneira muito complexa, fazendo com que aproximações sejam necessárias. Apesar disso, os benefícios deste caso de estudo se apresentaram positivos, com reduções nos tempos de todas as fases construtivas.

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 CONCLUSÕES

A filosofia *Lean* mostrou-se perfeitamente adaptável à construção civil. Possui princípios e ferramentas que podem auxiliar as empresas de construção civil que buscam se destacar e atingir melhores resultados, em um mercado cada vez mais competitivo e com margens de lucro cada vez mais escassas.

O planejamento do estaleiro fase a fase, é de suma importância para a redução dos desperdícios. Fica claro que organizar a utilização do espaço físico disponível em uma obra é uma das maneiras de melhorar a produtividade, reduzindo tempo de transporte e de estocagem e contribuindo indiretamente para aumentar a eficiência dos colaboradores nas atividades do estaleiro. A execução e análise da matriz de correlações para cada uma das fases de execução é de extrema importância, para que todos as necessidades nas correlações do estaleiro sejam identificadas previamente.

Foi possível avaliar a aplicação das ferramentas *Lean* nas fases abrangidas por este trabalho, sendo elas, execução de fundações profundas, execução de blocos de fundação e execução de alvenaria estrutural. O caso de estudo realizado mostrou que para cada fase estudada existem diversas possibilidades de acerto de cada *layout*. Porém, cada posicionamento possui pontos positivos e negativos, os quais devem ser estudados, para que não ocorram desperdícios durante a produção.

Outro ponto importante que deve ser salientado é que as ferramentas advindas do *Lean Production* devem sofrer algumas adaptações para que sejam aplicáveis ao meio da construção civil. Essas adaptações não alteram de forma alguma a essência da ferramenta, apenas as tornam mais compatíveis com a realidade de um estaleiro.

Portanto, embora o objetivo original deste trabalho fosse avaliar os benefícios da adoção da filosofia *Lean* na fase de planejamento de uma obra, também foi possível avaliar os ganhos obtidos durante a execução da obra, utilizada no caso de estudo. A análise dos ganhos obtidos foi feita através da comparação da obra estudada no caso de estudo com uma outra obra da mesma empresa com projetos executivos muito similares, porém com um canteiro menos restrito, fazendo com que os resultados obtidos sejam ainda mais positivos.

É importante realçar que o estudo de caso realizado nesta dissertação é apenas o início de uma implementação da filosofia do *Lean Construction* em uma obra. A maioria das ferramentas *Lean*, na verdade, mostram-se aplicáveis ao dia a dia de uma obra, e por isso pode ser implementadas diariamente.

4.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Apesar de esta dissertação ter atingido seus objetivos no caso de estudo, ela ainda representa apenas o início de uma implementação de uma filosofia *Lean Construction*. Portanto é possível identificar diversos temas que poderiam ser tratados em trabalhos futuros, para complementar o trabalho já desenvolvido, como por exemplo:

- Análise da eficiência do planeamento executado para a obra residencial no centro de São Paulo nesta dissertação, ou seja, verificação das melhorias esperadas deste trabalho;
- Estudo da implementação do *Lean Construction* no dia a dia de uma obra;
- Estudo da implementação do *Lean Construction* em uma obra de grande porte;
- Estudo da implementação do *Lean Construction* em uma obra de infraestrutura urbana, como na construção de uma ponte por exemplo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMAT. Perfil da cadeia produtiva da construção e da indústria de materiais e equipamentos. FGV Projetos. 2017.

ABBASIAN-HOSSEINI, Alireza; NIKAKHTAR, Amin; GHODDOUSI, Parviz – Verification of Lean Construction Benefits Through Simulation Modeling: A Study of Bricklyng Process. Coréia do Sul: Journal of Civil Engineers, 2014. ISSN 1248-1260.

AGUIAR, Gustavo dos Santos Guimarães de – Inovação em logística de estaleiro de obras na construção de edifícios. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2016. Dissertação de mestrado.

ALVARENGA, Thomas Wunsch; SILVA, Edson Neves da; MELLO, Luiz Carlos Brasil de Brito – BIM and Lean Construction: The Evolution Obstacle in the Brazilian Civil Construction Industry. Rio de Janeiro: Engineering, Technology e Applied Science Reserch, 2017. Vol. 7, No. 5.

ARANTES, Paula Cristina Fonseca Gonçalves – Lean Construction – Filosofia e Metodologias. Porto: Universidade do Porto, 2008. Dissertação de mestrado.

ARAÚJO, Pedro Jorge Martins de – Lean Management – aplicação a uma pequena empresa de construção civil. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2015. Dissertação de mestrado.

BALASHOVA, Elena; GROMOVA, Elizaveta - Lean construction as an effective organization model in Arctic. São Petersburgo. Theoretical Foundation of Civil Engineering. 2017.

BALLARD, Glenn; HOWELL, Gregory. What kind of production is Construction. 6° Annual Conference of the International Group for Lean Construction. 1998.

CABAÇO, António Manuel Gardete Mendes – Contratação de Empreendimentos de Construção: Análise de Modelos Tradicionais e Não Tradicionais e Contributos Para o Seu Aperfeiçoamento. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2011.

CALÉ, Tiago André Lourenço - Aplicação da Filosofia Lean a Um Caso de Estudo para Otimização de Processos de Construção na Pré-Fabricação de Peças de Betão. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2015. Dissertação de mestrado.

CÂMERA, Elaine – Lean Construction como Estratégia para Melhorias em Estaleiros de Obras: Uma Revisão Sisteática na Literatura Nacional. Bauru: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2015. Dissertação de mestrado.

CAMPOS, Eduardo Filipe da Silva – Construção Lean – Desenvolvimento de um Guia de Diagnóstico para Empresas Construtoras. Porto: Universidade do Porto, 2017. Dissertação de mestrado.

CAMPOS, Patrícia Cesare – Adoção de Prática da Produção Enxuta na Construção Civil. Guaratinguetá: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2013. Trabalho de conclusão da graduação.

CHITLA, V. – Performace Assesment of Planning Processes During Manufactured Housing Production Operation Using Lean Production Principles. Michigan: Michigan State University, 2002. Master Thesis.

CORTÊS, Alexandre Morgani de Menezes – Impactos da Metodologia Lean Production em Obras de Engenharia. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014. Trabalho de conclusão da graduação.

COVELLO, Thomás Migliorini – Implementação de Sistema de Produção Ritmada em Obra de Infraestrutura. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2017.

CUNHA, Francisco Xavier Mendes – Aplicação de Estratégias Lean em Obra e a Resistência à Mudança – Um Caso de Estudo. Porto: Universidade do Porto, 2017. Dissertação de mestrado.

DAVE, Bhargav [et al] - Opportunities for enhanced lean construction management using Internet of Things standards. Finland. Automation in Construction. V. 61 (2016). p. 86-97.

DIEPENBRUCK, Thomas Martin – Aprimoramentos do Sistema de Gestão da Produção em Empresa Construtora Utilizando Lean Thinking – Estudo de Caso. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2017. Dissertação de mestrado.

DUPIN, Patrick – Le Lean Appliqué à la Construction: Comment Optimiser la Gestion de Projet et Rédiore Coûts et Délais Dans le Bâtiment. Paris: Eyrolles, 2014.

FERREIRA, E. A. M.; FRANCO, L. S. – Metodologia para elaboração do projeto do estaleiro de obras de edifício. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1998.

FIGUEIREDO, Dany Luís Pereira – Analysis and Comparison of Different Structural Solutions with Regard to Construction Site Organisation Based on BIM 4D. Porto: Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2016. Dissertação de mestrado.

FONSECA, Alexandre Lopes – Estudo de Instalação, Organização e Manutenção em Estaleiro de Obras. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

- FORMOSO, Carlos Torres, et al. - Perdas na Construção Civil: Conceitos, Classificações e seu Papel na Melhoria do Setor. Porto Alegre: Universidade Federa do Rio Grande do Sul, 1997.
- FORMOSO, Carlos Torres – Lean Construction: Princípios básicos e exemplos. Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obra. Porto Alegre: Universidade Federa do Rio Grande do Sul, 2002.
- FORMOSO, Carlos Torres; SAURIN, Tarcisio Abreu – Planeamento de Estaleiros de Obra e Gestão de Processos. Porto Alegre: ANTAC, 2006. ISBN 85-89478-17-3.
- GATTI JUNIOR, Wilian – A ZMRC e o Transporte Urbano de Cargas na Cidade de São Paulo. São Paulo. ISSN 2177-7284. Vol. 2, nº 1 (2011), p. 205 -227.
- GRENHO, Luís Filipe Santos – Last Planner System e Just-in-Time na Construção. Porto: Universidade do Porto, 2009. Dissertação de mestrado.
- HERAVI, Gholamreza; RASHID, Mehdi - Developing an Approach to Develop and Validate a Lean Construction Plan Using Performance Evaluation of Repetitive Subprojects. Tehran. Journal of Architectural Engineering, 2018. Vol. 24.
- ISATTO, Eduardo Luis [et al] – Lean Construction: Diretrizes e Ferramentas Para o Controle de Perdas na Construção Civil. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000.
- KOSKELA, Lauri – Application of the New Production Philosophy to Construction. Stanford: Stanford University, 1992.
- KOSKELA, Lauri – An Exploration Towards a production Theory and its Aplication to Construction. Espoo: VTT Building Technology, 2000.
- KOSKELA, Lauri [et al] – Current Condition and Future Directions fo Lean Construction in Highways Projects: A Smal and Mediuin Sized Enterprises Perspective. Manchester: University of Salford, 2017. ISSN 0263-7863
- KOSKELA, Lauri; HOWELL, Gregory – The Underlying Theory of Project Management is Obsolete. Manchester: University of Salford, 2002. Conference or Workshop Item.
- KOSKELA, Lauri – Making-do: The Eight Category of Waste. Elsenore: 12ª Annual Conference of the IGLC, 2004.
- LI, Shuquan [et al] - A Study on the Evaluation of Implementation Level of Lean Construction in Two Chinese Firms. Tiajin. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017. p 846 – 851.
- LIKER, Jeffrey K. – O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005. ISBN 9788536304953.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LÓPEZ, Miguel David Rojas; GRAJALES, Mariana Henao; CORRALES, María Elena Valencia – Lean Construction: LC bajo pensamiento Lean. Medellín: Universidad de Medellín, 2016.

MORO, Luis Fernando Crema – Análise do Layout de Estaleiros de Obras Visando o Processo Produtivo. Santa Maria: Univerisdade Federal de Santa Maria, 2015. Trabalho de conclusão da graduação.

NR 04. 2014, Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho. Brasília: Ministério do Trabalho. 30 p.

NR 18. 2015, Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Brasília: Ministério do Trabalho. 62 p.

OHNO, Taiichi – O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala. Porto Alegre: Bookman, 1997. ISBN: 9798573071701.

PAFFENZELLER, Marta Schimdt [et al.] – Lean Thinking na Construção Civil: Estudo da Utilização de Ferramentas da Filosofia Lean em Diferentes Fluxos da Construção Civil. Florianópolis. Iberoamerican Journal of Industry Engineering. V.7 , n. 14 (2015), p. 86-107.

PICCHI, Flávio Augusto – Oportunidades de Aplicação do Lean Thinking na Construção. Porto Alegre. Ambiente Construído. V. 3, n. 1 (2003), p. 7-23.

RAMOS, Pedro – Kaizen na Indústria de Revestimentos e Pavimentos Cerâmicos. Porto: Universidade do Porto, 2011. Dissertação de Mestrado.

ROTHER, Mike; SHOOK, John - Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda. Massachusetts: The Lean Interprise Institute, 2003.

RUSCHEL, Regina Coeli; ANDRADE, Max Lira Veras de; MORAIS, Marcelo de. O Ensiono de BIM no Brasil: onde estamos?. Porto Alegre. Ambiente Construído, 2013. ISSN 1678-8621. P. 151-165.

SANTOS, Agnaldo dos. - Application of Flow Principles in the Production Management of Construction Sites. Manchester: University of Salford, 1999.

SANTOS, Luciano Costa; GOHR, Cláudia Fabiana; LAITANO, Jean Carlos Argiles – Planeamento Sistemático de Layout: Adptação e aplicação em operações de serviços. Revista Gestão Industrial. V. 8, n. 1, 2012.

SARHAN, Grazi Jamil [et al.] – Lean Construction Implementation in the Saudi Arabian Construction Industry. Queensland: Construction Economics and Building, 2017. Vol. 17, No. 1.

SHINGO, Shingeo – O Kaizen e a Arte do Pensamento Criativo: O Mecanismo do Pensamento Científico. Porto Alegre: Bookman, 2010. ISBN: 9788577806805.

SHINGO, Shigeo – O Sistema Toyota de Produção: Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre: Bookman, 1996. ISBN: 8573071699.

- SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat – Metodologia de Pesquisa e Elaboração de Dissertação. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.
- SMYTH, Hedley – Construction Industry Performance Improvement programmes: The UK Case of Demonstration Projects in the Continuous Improvement programme. London. Construction Management and Economics, 2010. p. 255-270.
- SOUSA, Lucas Ythalo Nunes de; GONÇALVES, Sandra de Lourdes – Estudo de Viabilização e Utilização de Peças Pré-moldadas na Construção Civil. Aracaju: Interfaces Científicas, 2018. V.3 . N.1. p. 35-42.
- SUCCAR, Bilal - Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. Newcastle: University of Newcastle, 2009.
- SUGIANTARI, Sri; PUTERA, Adnyana; DIPUTRA, Astawa – Aplikasi Lean Construction Untuk Mengidentifikasi Pemborosan Pada Proses Logistik Proyek. Indonésia. Jurnal Spektran, (2015). Vol. 3, No. 2. p. 1-9.
- TEZEL, Algan; KOSKELA, Lauri; AZIZ, Zeeshan - Current condition and future directions for lean construction in highways projects: A small and medium-sized enterprises. Queensgate. International Journal of Project Management. V. 36 (2018). p. 267-286.
- (SMEs) perspective
- VENTURINI, Juliana Sanches – Proposta de ações Baseadas nos 11 Princípios Lean Construction Para Implementação de um Estaleiro de Obras de Santa Maria. Santa Maria: Univerisdade Federal de Santa Maria, 2015. Trabalho de conclusão da graduação.
- VIVEIROS, Cátia Isabel Martins – Lean e sua Aplicabilidade na Indústria da Constução. Madeira: Universidade da Madeira, 2016. Dissertação de Mestrado.
- YIN, Robert K. – Estudo de Caso: Planeamento e Métodos. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- WIJARA, Matias Roy Adi; HATMOKO, Jati Utomo Dwi; SURIPIN - Assessment of Lean Construction Principles: A Case Study at Semarang Medical Centre Hospital Project. Indonésia. Jurnal MKTS, 2015. Vol. 21, No. 2, p. 91 – 100.
- WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. – The Machine That Changed the World. New York, Macmillan Publishing Company, 1990. ISBN 0892563508.
- WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. – A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998. ISBN 8535201610.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ZHANG, Lianying; CHEN, Xi; SUO, Yongqing – Interrelationships Among Critical Factors of Work Flow Reliability in Lean Construction. Tianjin. Journal of Civil Engineering and Management. V. 23. (2017). p. 621-632.

ANEXO I – CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO DA OBRA

OBRA AMARAL GURGEL		< INÍCIO OBRA									
Base fev/18	Total do Item	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
11	PROJETOS E CONTROLE TECNOLÓGICO	3,52%	0,22%	0,22%	0,88%	0,44%	0,44%	0,44%	0,44%	0,44%	2,44%
12	GASTOS GERAIS	0,55%	0,00%	0,00%	0,00%	0,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,55%
13	PESSOAL PERMANENTE	6,86%	0,00%	0,53%	0,53%	0,53%	0,53%	0,53%	0,53%	0,53%	0,53%
14	GASTOS DE ADMINISTRAÇÃO	2,72%	0,17%	0,17%	0,17%	0,17%	0,17%	0,17%	0,17%	0,17%	0,17%
15	IMPLANTAÇÃO DO CANTIERIO	0,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,90%
16	PROTEÇÃO E SEGURANÇA	0,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,80%
17	OPERAÇÃO DO CANTIERIO	1,49%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,49%
19	TRANSPORTE E LIMPEZA	0,83%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,83%
25	PREPARO DO TERRENO	1,45%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,45%
27	FUNDAÇÃO E ESCORAMENTOS	5,93%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,93%
32	ESTRUTURA-FORMA	0,83%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,83%
33	ESTRUTURA-ARMACAO	2,18%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	2,18%
34	ESTRUTURA-CONCRETO	2,46%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	0,12%	2,46%
39	DRY-WALL	2,37%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,37%
40	ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO GLOBAL	0,26%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,26%
41	ALVENARIA ESTRUTURAL	10,83%	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%	0,26%	10,83%
45	COBERTURAS	2,36%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,36%
47	IMPERMEABILIZACAO/ISOLAMENTO	1,68%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,68%
51	REVESTIMENTO DE ARGAMASSA	5,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,71%
52	REVESTIMENTO CERAMICO INTERNO	2,59%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,59%
55	MARMORES E GRANITOS	1,63%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,63%
57	OUTROS REVESTIMENTOS - PISOS	2,24%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,24%
58	OUTROS REVESTIMENTOS - PAREDES	3,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,02%
59	OUTROS REVESTIMENTOS - TETO	1,29%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,29%
61	ESQUADRIA DE MADEIRA	2,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,03%
63	ESQUADRIA DE ALUMINIO	2,97%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,97%
65	ESQUADRIA DE FERRO	1,29%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,29%
67	VIDROS	7,60%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	7,60%
71	INSTALACOES ELÉTRICAS	8,07%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	8,07%
73	INSTALACOES HIDRAULICAS	0,92%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,92%
75	INSTALACOES - AR CONDICIONADO CENTRAL	1,31%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,31%
77	OUTRAS INSTALACOES	3,95%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,95%
78	TRANSPORTE VERTICAL	1,15%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,15%
81	APARELHOS SANITARIOS	4,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,38%
83	PINTURA / LIMPEZA	0,82%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,82%
93	ENTREGA / REVISAO DA OBRA	100,00%									100,00%
VALOR TOTAL		R\$ 6.872.859,93									
GASTO MÊS (%)			0,48%	4,36%	8,12%	7,76%	10,88%	9,90%	10,11%	10,62%	10,89%
GASTO ACUMULADO (%)			0,48%	4,71%	10,83%	18,59%	26,47%	36,37%	46,48%	57,10%	68,00%
GASTO MÊS (R\$)			R\$ 31.203,08	R\$ 298.711,24	R\$ 423.052,79	R\$ 533.320,03	R\$ 742.862,07	R\$ 907.312,74	R\$ 984.820,84	R\$ 1.034.723,65	R\$ 1.051.961,35
GASTO ACUMULADO (R\$)			R\$ 31.203,08	R\$ 329.914,32	R\$ 752.967,11	R\$ 1.286.287,14	R\$ 2.029.149,21	R\$ 2.936.461,95	R\$ 4.021.282,80	R\$ 5.056.003,45	R\$ 6.107.964,80

OBRA AMARAL GURGEL		FIM OBRA>										Total
Base fev/18	Total do Item	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18		
11	PROJETOS E CONTROLE TECNOLÓGICO				0,14%	0,14%					3,52%	
12	GASTOS GERAIS										0,55%	
13	PESSOAL PERMANENTE	0,53%	0,53%	0,53%	0,53%	0,53%					6,86%	
14	GASTOS DE ADMINISTRAÇÃO	0,18%	0,18%	0,18%	0,18%	0,18%					2,72%	
15	IMPLANTAÇÃO DO CANTIERIO										0,90%	
16	PROTEÇÃO E SEGURANÇA										0,80%	
17	OPERAÇÃO DO CANTIERIO										1,49%	
19	TRANSPORTE E LIMPEZA	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%				0,83%	
25	PREPARO DO TERRENO										1,45%	
27	FUNDAÇÃO E ESCORAMENTOS		0,04%	0,04%							5,93%	
32	ESTRUTURA-FORMA			0,11%							0,83%	
33	ESTRUTURA-ARMACAO		0,12%	0,12%							2,18%	
34	ESTRUTURA-CONCRETO		0,12%	0,12%							2,46%	
39	DRY-WALL		0,00%	0,00%							2,37%	
40	ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO GLOBAL		0,00%	0,00%							0,26%	
41	ALVENARIA ESTRUTURAL		0,26%	0,26%							10,83%	
45	COBERTURAS										2,36%	
47	IMPERMEABILIZACAO/ISOLAMENTO										1,68%	
51	REVESTIMENTO DE ARGAMASSA		0,17%	0,17%							5,71%	
52	REVESTIMENTO CERAMICO INTERNO		0,52%	0,52%							2,59%	
55	MARMORES E GRANITOS		0,41%	0,41%							1,63%	
57	OUTROS REVESTIMENTOS - PISOS										2,24%	
58	OUTROS REVESTIMENTOS - PAREDES		0,30%	0,30%							3,02%	
59	OUTROS REVESTIMENTOS - TETO		0,25%	0,25%							1,29%	
61	ESQUADRIA DE MADEIRA		0,89%	0,89%							2,03%	
63	ESQUADRIA DE ALUMINIO		0,19%	0,19%							2,97%	
65	ESQUADRIA DE FERRO										1,29%	
67	VIDROS	0,03%	0,03%								7,60%	
71	INSTALACOES ELÉTRICAS	0,89%	0,89%	0,89%	0,89%	0,89%	0,27%	0,16%			8,07%	
73	INSTALACOES HIDRAULICAS	0,94%	0,94%	0,94%	0,94%	0,94%	0,29%	0,16%			0,92%	
75	INSTALACOES - AR CONDICIONADO CENTRAL	0,26%	0,26%	0,26%		0,22%	0,22%				1,31%	
77	OUTRAS INSTALACOES	0,56%	0,56%	0,56%	0,56%	0,56%					3,95%	
78	TRANSPORTE VERTICAL	0,23%	0,23%	0,23%	0,23%	0,23%					1,15%	
81	APARELHOS SANITARIOS	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%	0,73%					4,38%	
83	PINTURA / LIMPEZA						0,27%	0,27%	0,27%		0,82%	
93	ENTREGA / REVISAO DA OBRA										100,00%	
VALOR TOTAL		R\$ 6.872.859,93										
GASTO MÊS (%)			9,16%	7,34%	4,06%	3,94%	3,94%	0,88%	0,99%	0,27%	0,00%	
GASTO ACUMULADO (%)			78,20%	86,33%	90,39%	94,33%	98,26%	99,14%	99,73%	100,00%	100,00%	
GASTO MÊS (R\$)			R\$ 628.011,17	R\$ 504.493,03	R\$ 270.108,24	R\$ 270.108,05	R\$ 270.800,06	R\$ 80.466,80	R\$ 43.242,25	R\$ 18.707,64	R\$ 0,00	
GASTO ACUMULADO (R\$)			R\$ 628.011,17	R\$ 1.132.504,20	R\$ 1.402.612,44	R\$ 1.672.720,49	R\$ 1.943.520,55	R\$ 2.023.987,35	R\$ 2.077.229,60	R\$ 2.095.937,24	R\$ 2.095.937,24	