

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

KAIO ARTHUR MASCARENHAS CAMPOS

**GERENCIAMENTO DO TEMPO USANDO A FERRAMENTA “*LAST PLANNER
SYSTEM*” – *LEAN CONSTRUCTION***

São Luís - MA
2016

KAIO ARTHUR MASCARENHAS CAMPOS

GERENCIAMENTO DO TEMPO USANDO A FERRAMENTA “*LAST PLANNER SYSTEM*” – *LEAN CONSTRUCTION*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil – UEMA, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Clayton Carvalhêdo Silva

São Luís - MA
2016

Campos, Kaio Arthur Mascarenhas.

Gerenciamento do tempo utilizando a ferramenta “LAST PLANNER System” – Lean Construction / Kaio Arthur Mascarenhas Campos. – São Luís, 2016.

98 f

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2016.

Orientador: Prof. Esp. Clayton Carvalhêdo.

1.Desperdícios. 2.Toyota . 3.Lean Construction. 4.Last planner. I.Título

CDU: 69:658.531

KAIO ARTHUR MASCARENHAS CAMPOS

**GERENCIAMENTO DO TEMPO USANDO A FERRAMENTA "LAST PLANNER
SYSTEM" – LEAN CONSTRUCTION**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
curso de graduação em Engenharia Civil –
UEMA, como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Clayton Carvalhêdo Silva

Aprovado em: 13 / 04 / 16

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Clayton Carvalhêdo Silva (Orientador)
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Msc. Clodoaldo César Malheiro Ferreira
Universidade Estadual do Maranhão

Prof. Dr. Eduardo Aurélio Barros Aguiar
Universidade Estadual do Maranhão

A todos os meus professores, do pré-escolar ao ensino superior. Dedico este trabalho a todos vocês, responsáveis por me proporcionar o conhecimento, a manifestação de caráter, o senso de criatividade. Pela dedicação e afetividade no processo de minha formação como cidadão e agora como profissional. Por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas sim por terem me feito aprender.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, felicidade, saúde e força para vencer todas as dificuldades, como também por todos os momentos gratificantes que me concedeu.

A minha companheira Noelly Dantas, pelo amor incondicional, pela companhia, carinho, cuidado e compreensão.

Aos meus pais, Hilário Campos e Márcia Campos, pela educação, apoio e amor que me deram durante toda minha vida.

Aos meus avós, Bernardo Mascarenhas e Neuza Mascarenhas, pelos conselhos e pela voz da experiência, por serem meus segundos pais em muitos momentos de minha vida,

Ao meu irmão Kassio Campos, meu melhor amigo e companheiro, pelo incentivo e força que me deu durante todo este trabalho.

A todos da minha família que me incentivaram e apoiaram para que eu alcançasse esta conquista.

Ao meu orientador Prof. Clayton Carvalhêdo Silva, pela orientação única e cuidadosa, pelos valiosos ensinamentos e experiências que me foram passados, pela amizade e companheirismo durante todo este trabalho.

A toda equipe da Builders Construções, pela atenção, apoio e contribuição valiosa na elaboração do estudo de caso deste trabalho.

A todos os meus professores da engenharia civil da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), por todos os ensinamentos, experiências compartilhadas, paciência e orientação.

A todos os meus amigos e amigas de faculdade pelo companheirismo e momentos de descontração ao longo desses 5 anos de curso.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, para minha formação como pessoa e agora como profissional.

Meu muito obrigado a todos!

“Por exemplo, quem de vocês, querendo construir uma torre não se senta primeiro e calcula a despesa, para ver se tem o suficiente para completá-la? Senão, ele lançará o alicerce dela, mas não conseguirá terminá-la, e todos os observadores começarão a zombar dele, dizendo: ‘Este homem começou a construir, mas não conseguiu terminar’”.

Lucas 14: 28-30

RESUMO

O setor da construção civil possui características peculiares que imperceptivelmente geram desperdícios. Isto pode ser exemplificado pelo fato do setor utilizar, em sua maior parte, processos artesanais a processos automatizados. Todavia, os desperdícios não se restringem apenas à fase de execução; na fase de projeto, orçamento e planejamento eles também estão presentes. Com o objetivo de proteger o setor da construção civil destes e outros desperdícios, Lauri Koskela idealizou em 1992 uma filosofia de gestão baseada principalmente no Sistema Toyota de Produção (STP), a qual foi denominada de *Lean Construction*. Esta denominação adveio da filosofia de produção seguida dentro das fábricas da Toyota, que nos anos 90 ficou conhecida no meio acadêmico e profissional como *Lean Production*. Por intermédio da adequação da *Lean Production* à construção civil, Koskela consolidou esta forma inovadora de gerir a produção tornando o setor mais confiável e previsível. Este trabalho apresentará a *Lean Construction* desde o histórico até os princípios que a regem, apresentando algumas ferramentas essenciais que garantem o desenvolvimento da filosofia. Entretanto, o objetivo principal não é apresentar maneiras de reduzir os desperdícios durante a fase de execução, onde eles são mais perceptíveis, mas sim na etapa de planejamento e controle da produção quase sempre ignorada pelos gestores. Uma das ferramentas criadas na dimensão do planejamento a partir da filosofia *Lean* foi o *Last Planner System* (LPS), cujo objetivo maior é proteger a produção das variabilidades partindo da fase de planejamento até a de execução. Esta ferramenta deve ser encarada como uma melhoria realizada no já tradicional processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP), pois também adquire a forma de uma filosofia e não de uma metodologia nova. Através da ferramenta *Last Planner*, é possível formalizar um planejamento mais seguro, eficaz e “enxuto”, livre de incertezas e restrições, tornando o ambiente produtivo mais dinâmico e seguro.

Palavras Chave: Desperdícios. Toyota. *Lean Construction*. *Lean Production*. *Last Planner*.

ABSTRACT

The construction sector has peculiar characteristics that imperceptibly generate waste. This can be exemplified because the sector uses, mostly, artisan processes to automated processes. However, the wastes are not restricted only the execution phase; in the project phase, budgeting and planning, they are also present. In order to protect the construction sector these and others wastes, Lauri Koskela devised in 1992 a management philosophy based mainly on the Toyota Production System (STP), which was named Lean Construction. This denomination came from the production philosophy within the Toyota factories, which in the 90s was known in academic and professional circles as Lean Production. Through the adaptation of Lean Production to construction, Koskela consolidated this innovative way to manage the production making it the most reliable and predictable sector. This paper will present the Lean Construction from the historical until to the principles that govern it, with some essential tools that guarantee the development of philosophy. However, the main aim is not to present ways to reduce waste during the execution phase, where they are more noticeable, but in the planning stage and production control often ignored by managers. One of the tools created in the dimension of planning from the Lean philosophy was the Last Planner System (LPS), which larger objective is to protect the production of variabilities starting from the planning stage to execution. This tool should be seen as an improvement made in the already traditional process of Planning and Production Control (PCP), it also takes the form of a philosophy and not a new methodology. Through the Last Planner tool, its possible to formalize a safer planning, effective and “lean”, free of uncertainties and constraints, making the production environment more dynamic and secure.

Keywords: Wastes. Toyota. *Lean Construction*. *Lean Production*. *Last Planner*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do Sistema Toyota de Produção	21
Figura 2 - Cinco princípios <i>lean</i>	27
Figura 3 - Os 7 desperdícios da <i>Lean Production</i>	31
Figura 4 - Modelo do sistema tradicional	34
Figura 5 - Modelo de processo da <i>lean construction</i>	35
Figura 6 - Cinco fases do processo de planejamento	52
Figura 7 - Exemplo de uma WBS	53
Figura 8 - Pirâmide Organizacional, níveis de decisão e tipos de planejamento	59
Figura 9 - Níveis Hierárquicos do Last Planner	62
Figura 10 - Funcionamento do mecanismo Shielding Production	70
Figura 11 - Processo de planejamento Last Planner	71
Figura 12 - Planejamento Last Planner e sua hierarquia	72
Figura 13 - Planejamento Last Planner e sua hierarquia – detalhado	72
Figura 14 - Linha de Balanço: Primeira Etapa	78
Figura 15 - Linha de Balanço: Primeiras 4 semanas	79
Figura 16 - Linha de Balanço: Fluxo de Equipes	80
Figura 17 - Planejamento de Médio Prazo	82
Figura 18 - Planilha de Restrições	83
Figura 19 - Planejamento de Curto Prazo	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação entre os princípios Lean Thinking e Lean Construction	46
Quadro 2 - PCP Tradicional versus PCP baseado no Last Planner	73
Quadro 3 – Descrição das residências do empreendimento estudado	74
Quadro 4 – Especificação dos pacotes de trabalho conforme cores na linha de balanço	78
Quadro 5 – Problemas que podem ocorrer durante a produção	86

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

AAUQ – Areia Asfalto Usinado a Quente

CPM - *Critical Path Method*

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

JIT – *Just in Time*

LPS – *Last Planner System*

PCP – Planejamento e Controle da Produção

PERT - *Program Evaluation and Review Technique*

PES – Procedimento de Execução de Serviços

PNE – Portadores de Necessidades Especiais

PPC – Percentual de Planos Completos

STP – Sistema Toyota de Produção

TQM – Gestão da Qualidade Total

WBS – *Work Breakdown Structure*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	OBJETIVOS	15
1.2	ESTRUTURA DA PESQUISA	16
2	METODOLOGIA DA PESQUISA	18
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1	FILOSOFIA <i>LEAN</i>	19
3.1.1	Histórico do Sistema Toyota de Produção – STP	19
3.2	LEAN PRODUCTION	21
3.2.1	<i>Lean Thinking</i>	23
3.2.2	Princípios da <i>Lean Production</i>	24
3.2.2.1	Valor	24
3.2.2.2	Cadeia de valor	25
3.2.2.3	Fluxo de valor (fluxo contínuo)	25
3.2.2.4	Produção Puxada	26
3.2.2.5	Perfeição	26
3.2.3	Os 7 desperdícios da produção	27
3.2.3.1	Perda por superprodução	28
3.2.3.2	Perda por espera	28
3.2.3.3	Perda por transportes e movimentações excessivas	29
3.2.3.4	Perda no processamento que não acrescenta valor	29
3.2.3.5	Perda por excesso de estoque	30
3.2.3.6	Perda por fabricação de produtos defeituosos	30
3.2.3.7	Perda devido o potencial humano desvalorizado	30
3.3	<i>LEAN CONSTRUCTION</i>	31
3.3.1	<i>Lean construction versus modelo tradicional de gestão</i>	33
3.3.2	Princípios da <i>lean construction</i>	37
3.3.2.1	Redução das atividades que não agregam valor	37
3.3.2.2	Aumento do valor do produto através de uma consideração sistemática dos requisitos do cliente	38
3.3.2.3	Redução da variabilidade	39
3.3.2.4	Redução do tempo de ciclo (<i>lead time</i>)	40
3.3.2.5	Simplificação pela minimização do número de passos e partes	41

3.3.2.6	Aumento da flexibilidade na execução do produto.....	42
3.3.2.7	Aumento de transparência.....	43
3.3.2.8	Foco no controle do processo global	43
3.3.2.9	Estabelecimento de melhoria contínua ao processo.....	44
3.3.2.10	Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões	44
3.3.2.11	<i>Benchmarking</i>	45
3.4	FERRAMENTAS DO <i>LEAN THINKING</i> MAIS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	46
3.4.1	Kanban	46
3.4.2	Kaizen	47
3.4.3	5S – Cinco S	48
3.4.4	Cinco vezes Porquê	49
3.4.5	Relatório A3	49
3.4.6	Gestão à Vista	50
3.5	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP) COMO FERRAMENTA DE IMPLANTAÇÃO DA <i>LEAN CONSTRUCTION</i>	50
3.5.1	Definição	51
3.5.2	Dimensão horizontal	51
3.5.2.1	Planejamento do processo de planejamento	52
3.5.2.2	Coleta de informações.....	54
3.5.2.3	Preparação dos planos.....	54
3.5.2.4	Difusão de informações	56
3.5.2.5	Ação	57
3.5.2.6	Avaliação do processo de planejamento	57
3.5.3	Dimensão vertical	58
3.6	<i>LAST PLANNER SYSTEM</i> (LPS)	60
3.6.1	Estrutura hierárquica do <i>Last Planner</i>	61
3.6.1.1	Planejamento mestre (longo prazo)	62
3.6.1.2	Planejamento <i>Lookahead</i>	63
3.6.1.3	Planejamento de comprometimento.....	67
3.6.2	<i>Shielding production</i>	69
3.6.3	O processo de planejamento do <i>Last Planner</i>	70
4	ESTUDO DE CASO.....	74
4.1	CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA E DA OBRA	74

4.2	DELINEAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	75
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	76
5.1	PLANEJAMENTO MESTRE (LONGO PRAZO)	76
5.2	PLANEJAMENTO <i>LOOKAHEAD</i> (MÉDIO PRAZO)	81
5.3	PLANEJAMENTO DE COMPROMETIMENTO (CURTO PRAZO)	84
6	CONCLUSÃO	87
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
	APÊNDICES	93
	APÊNDICE A – Linha de Balanço Completa	94
	APÊNDICE B – Mapeamento do Fluxo de Valor Futuro	95
	APÊNDICE C – <i>Layout</i> do canteiro	96
	ANEXOS	97
	ANEXO A – PES: FUNDAÇÃO DIRETA (documento parcial)	98

1 INTRODUÇÃO

As ferramentas de gestão de projetos sempre foram extremamente úteis em qualquer empreendimento. Com elas foi possível maior controle e visão sistêmica de todo o negócio para garantir que tudo siga conforme metas previamente elaboradas. Este objetivo tem se tornado nas últimas décadas a busca principal das empresas de construção civil espalhadas pelo país e pelo mundo.

A procura incessante pela qualidade, redução de desperdícios, redução de custo, menor prazo, satisfação do cliente, entre outros, resultou na maior aplicação das técnicas existentes no meio acadêmico e a idealização de novas como proposta de melhoria das já existentes. Estas preocupações nascem diante do surgimento de situações desfavoráveis à produção, como a alta competitividade no mercado ou quedas no setor devido crises políticas ou questões sociais/econômicas. Estas situações, entre outras, fazem com que as empresas busquem cada vez mais pelo plano de gestão ideal para tocar seus empreendimentos.

Para que isso seja possível, é necessário haver como primeiro passo, um planejamento consolidado que preveja todas as etapas e incertezas de uma obra. Este tipo de planejamento torna-se de certa forma fantasioso diante de algumas características inerentes ao setor da construção civil como (MESSEGUER, 1991 apud GRENHÖ, 2009): variabilidade do processo construtivo; o fato de tratar-se de um processo em sua maioria artesanal; a grande concentração de mão-de-obra desqualificada; o fato de tratar-se de um processo não seriado; e o fato de tratar-se de um setor tradicional e resistente a mudanças.

A proposta para o novo paradigma de gestão da produção que se consolidou foi o modelo baseado no Sistema Toyota de Produção (STP). Diante das características mencionadas acima, percebeu-se que o sistema não podia ser aplicado puramente na indústria da construção civil, já que o STP é voltado em sua maior parte para procedimentos seriados presentes em indústrias manufatureiras.

Diante deste choque de realidades surge a filosofia de gestão chamada *Lean Construction*, idealizada inicialmente pelo finlandês Lauri Koskela em 1992 e aprimorada através de encontros do Grupo Internacional da *Lean Construction* – IGLC, que acontecem todos os anos. Esta nova filosofia de gestão utiliza o STP como suporte, tratando-se apenas de uma adequação dos princípios da indústria manufatureira à indústria da construção civil. A forma para se aplicar esta nova filosofia na dimensão do planejamento surgiu em 1994 por meio do artigo “*The Last Planner*” publicado por Glenn Ballard apresentando a ferramenta *Last*

Planner. O *Last Planner* só se espalhou de fato em 1997 quando o mesmo autor em parceria com Gregory Howell publicou o artigo *Shielding Production*.

O *Last Planner* surgiu com o objetivo de melhorar o sistema tradicional de planejamento, tornando-se mais eficiente principalmente por aderir ao conceito de produção puxada (presente de forma absoluta no sistema Toyota – *Just in Time*), não só na produção em si como também no processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP). Esta nova visão levou a um maior entrosamento entre os diferentes níveis hierárquicos do planejamento, resultando na aplicação deste de forma mais segura e eficaz na unidade de produção (obra).

A partir desta nova forma de gerir o planejamento, tem-se um modelo de gerenciamento do tempo focado na redução de incertezas, e consequentemente também nos desperdícios, impactando diretamente na qualidade do produto, na economia financeira e garantindo mais segurança no cronograma do empreendimento.

Deseja-se mostrar através deste trabalho como que a ferramenta *Last Planner* protege a produção contra as variabilidades inerentes ao setor, e como permite que o planejamento chegue a unidade de produção o mais “enxuto” possível ao ponto de ser seguido, com as incertezas e restrições previamente eliminadas, proporcionando um ambiente produtivo mais previsível, mais seguro e mais seriado. A exemplo das situações desfavoráveis comentadas anteriormente, ou também de outras que possam vir a surgir, esta proposta se apresenta como um meio para contornar tais situações, reduzindo ou até eliminando os impactos negativos proveniente destas.

1.1 OBJETIVOS

Tendo em vista que a *Lean Construction* não se configura como uma nova modalidade de gestão da produção, mas sim uma nova filosofia para ser implantada ao modelo tradicional, o trabalho abordará como este modelo pode ser melhorado para que os princípios *Lean* sejam devidamente implantados no ambiente produtivo, resultando em menos desperdícios, mais economia, mais qualidade, mais satisfação do cliente e menos tempo de execução dos empreendimentos.

O enfoque maior deste trabalho será mostrar como que a ferramenta *Last Planner* (derivada da filosofia *Lean*) pode tornar a produção mais segura possível na dimensão do planejamento, como que podemos eliminar previamente as incertezas e restrições e tornar a produção mais previsível e mais controlada pelo engenheiro. Será analisado em paralelo como

que o planejamento é executado tradicionalmente e quais as principais falhas encontradas, sendo estas as que mais acarretam em atrasos e prejuízos durante a fase de execução.

Como o empreendimento alvo do estudo de caso ainda se encontra nas etapas pré-obra, serão elaborados todos os níveis hierárquicos de planejamento conforme o *Last Planner* (Plano Mestre, *Lookahead* e Plano de Comprometimento), como também se fará o mapeamento do fluxo de valor, determinando-se os fluxos de trabalho, de materiais e de informações que serão empregados no empreendimento, com o objetivo principal de otimizar o ambiente produtivo afim de reduzir os desperdícios. Assim, protege-se ainda mais a produção, facilitando o dimensionamento de recursos, evitando surpresas, sinistros e desperdícios.

1.2 ESTRUTURA DA PESQUISA

Este trabalho foi dividido em seis capítulos, sendo o primeiro para a introdução, o segundo para a metodologia, o terceiro para a fundamentação teórica, o quarto para o estudo de caso, o quinto para os resultados e discussões e o sexto para as devidas conclusões.

O capítulo 1, Introdução, situa o leitor no tema e introduz os primeiros aspectos que serão abordados ao longo de todo estudo. Também, neste mesmo capítulo, apresentam-se os objetivos que justificam a elaboração deste trabalho.

O capítulo 2, Metodologia, apresenta os métodos adotados para a realização do presente trabalho, além de classificá-lo quanto à natureza, abordagens, objetivos e procedimentos.

O capítulo 3, Fundamentação Teórica, contém todo o embasamento teórico necessário para sustentar a veracidade e confiabilidade dos métodos utilizados no estudo de caso.

O capítulo 4, Estudo de Caso, especifica como se fez o estudo aplicado caracterizando, primeiramente, o empreendimento alvo do estudo como um todo e por fim delineando apenas o que foi utilizando para compor este trabalho.

O capítulo 5, Resultados e Discussões, apresenta os resultados obtidos da aplicação dos entendimentos e técnicas da fundamentação teórica ao estudo de caso, fazendo observações e discussões a cada etapa deste capítulo.

O capítulo 6, Conclusão, apresenta as conclusões que podem ser retiradas dos resultados apontados no capítulo anterior, bem como sugestões para trabalhos futuros, além de reiterar a importância do tema e expectativas futuras.

Por fim, apresentam-se as referências bibliográficas, apêndices e anexos. Estes últimos elementos complementam toda a estrutura do trabalho reforçando as partes ao qual foram referenciadas durante a redação deste.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

De maneira sucinta, classifica-se este trabalho da seguinte forma de acordo com abordagens de Kauark et al (2010):

- Quanto à natureza: pesquisa aplicada, pois visa a geração de conhecimentos para aplicação prática, direcionando-se para solução de problemas específicos e envolvendo verdades e interesses locais;
- Quanto à abordagem: pesquisa qualitativa, porque a atuação do autor na interpretação dos dados é um instrumento-chave;
- Quanto aos objetivos: pesquisa exploratória, visto que tem a finalidade de elevar a familiaridade com a questão temática em estudo e, nesses tipos de pesquisas, há a tendência de assumir a forma de pesquisas bibliográfica e estudos de caso.
- Quanto aos procedimentos técnicos: pesquisa bibliográfica, já que envolve a pesquisa em materiais já publicados; e estudo de caso, pois abrange o estudo profundo e exaustivo dos objetos de estudo de modo que seja possibilitado seu conhecimento amplo e detalhado.

O presente trabalho foi elaborado a partir de pesquisas realizadas na literatura disponível, sendo usados trabalhos de autores renomados, dentro da dimensão do tema proposto com o objetivo de colher informações para a formalização do trabalho e também para a aplicação do tema através de um estudo de caso. Dentre os autores consultados, destaca-se Koskela, que foi o criador do *Lean Construction* a partir do Sistema Toyota de Produção, em cujo contexto há o *Last Planner System* (LPS), que faz parte do objeto de estudo deste trabalho.

Por sua vez, o estudo de caso se desenvolveu no contexto de uma empresa real, sendo o enfoque em um empreendimento residencial em fase de planejamento da execução de suas obras na região metropolitana de São Luís - MA. Foram usadas informações colhidas da literatura para elaborar um planejamento ao nível da unidade de produção, ou seja, utilizando-se da ferramenta *Last Planner*. Será levado em conta a cultura organizacional da empresa, bem como suas filosofias internas, para então consolidar o planejamento proposto e determinar os fluxos anteriormente mencionados.

As atividades de coleta de dados foram executadas em campo juntamente com as gerências e colaboradores da empresa; a elaboração do planejamento e mapeamento dos fluxos foram realizadas com o apoio de ferramentas computacionais *Microsoft Excel*, *MS Project* e *AutoCAD*, resultando, desta forma, nos resultados deste trabalho.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 FILOSOFIA *LEAN*

3.1.1 Histórico do Sistema Toyota de Produção – STP

Para que os conceitos da filosofia *Lean* sejam entendidos de maneira eficiente, é necessário fazer uma breve busca através da história para descobrir as razões que motivaram os estudiosos a desenvolver e implantar esta filosofia de produção em grandes companhias. Os primeiros conceitos da filosofia *Lean* remetem ao ano de 1937 no Japão com a fundação da *Toyota Motor Company* por Kiichiro Toyoda, porém, o surgimento da filosofia só aconteceu de fato em 1956 com a criação de um dos sistemas de produção mais conhecidos no mundo: o Sistema Toyota de Produção (STP) (GHINATO, 2000; GRENHO, 2009). Esta filosofia nasceu impulsionada por um cenário tenebroso, economia desfavorável, mercado competitivo e praticamente tomado por outras empresas. Mesmo assim, ela conseguiu ganhar força e apresentar resultados, tornando-se a filosofia de produção mais cobiçada pelas grandes manufatureiras do mundo.

A Toyota iniciou sua produção fabricando caminhões para as forças armadas, mas sempre com o firme propósito de posteriormente entrar no ramo de carros de passeio e caminhões comerciais. Entretanto, este propósito precisou ser adiado com o envolvimento do Japão na 2ª Guerra Mundial. Ao final da guerra, a Toyota teve dificuldades em retomar sua produção devido a realidade da economia japonesa no pós-guerra, que não era das melhores e passava constantemente por crises. Além disso, as concorrentes americanas e europeias já se encontravam a uma distância monstruosa da realidade Toyota, sobretudo a americana Ford, idealizadora do modelo de produção em massa denominado Fordismo. Este modelo proposto por Henry Ford já estava em atividade desde o início de 1914, tornando cada vez mais remota as chances da Toyota de ingressar neste mercado praticamente monopolizado. Esta constatação, além da situação econômica do país, serviu para “acordar” e motivar os japoneses a alcançarem a indústria americana (GHINATO, 2000).

Em 1950 o jovem engenheiro Eiji Toyoda empreendeu uma visita de três meses às fábricas da Ford, em Detroit, para observar o modelo de produção em massa adotado nas fábricas. Eiji Toyoda tentou por anos reproduzir a organização e os resultados obtidos na Ford, porém sem sucesso. Foi apenas em 1956 que o então engenheiro-chefe Taiichi Ohno, em apenas uma visita às fábricas da Ford, detectou que na verdade o sistema de produção observado é que

deveria ser modificado e implantado à realidade japonesa, e não apenas copiado como se vinha fazendo. Diante de um mercado bem menor e caracterizado pela escassez de recursos (materiais, financeiro, humanos e de espaço físico), Ohno e Toyoda adotaram medidas radicais de contenção de gastos, implantando o princípio da eliminação contínua de desperdícios. Foi assim que, diante deste cenário delicado, a Toyota adotou o sistema de produção por demanda (ou produção puxada), também chamada de produção com estoque zero ou *Just-in-Time* (JIT) (GHINATO, 2000; GRENHO, 2009).

A produção JIT pregava o conceito que somente as peças certas, na quantidade certa e no momento certo deviam ser fornecidas aos postos de trabalho. Apenas o que era necessário a montagem dos automóveis era o que deveria ser disponibilizado ao lado das linhas de montagem (GHINATO, 1996). Desta forma, a Toyota melhorou os fluxos de produção possibilitando a fabricação de seus produtos na hora certa e na quantidade exata de acordo com a demanda, evitando a criação de estoques e eliminando os desperdícios.

Além do *Just-in-Time*, a Toyota aproveitou uma de suas principais características na época em que fazia parte da indústria têxtil: a automação, isto é, automação inteligente ou automação com toque humano. As máquinas têxteis eram projetadas para pararem ao serem detectados erros durante a produção, sendo assim, não necessitavam da supervisão direta de um operador, permitindo que apenas um colaborador supervisionasse várias máquinas ao mesmo tempo (SHINGO, 1996). Assim, a automação se tornou mais eficiente na medida em que facultava o operador ou a máquina a autonomia de parar o processamento sempre que era detectada alguma anormalidade (GHINATO, 1996).

As máquinas da *Toyota Motor* não estavam preparadas para parar automaticamente ao fim de um processo ou quando algo anormal acontecesse, o que levou Ohno a implantar a ideia das máquinas têxteis como forma de flexibilizar a mão-de-obra e melhorar a qualidade. A automação foi um dos fatores que possibilitou a identificação mais rigorosa dos erros de produção, fazendo com que fossem corrigidos ainda na fase de processamento, aumentando visivelmente a qualidade dos produtos. Surgiu assim o conceito de *jidoka* (ou automação como é mais conhecido), que aliado ao *Just in Time*, consolidaram o surgimento do Sistema Toyota de Produção.

A Figura 1 ilustra o Sistema Toyota de Produção com os seus dois pilares – JIT e *jidoka* – e outros componentes essenciais do sistema, os quais serão expostos proporcionalmente ao desenvolvimento deste trabalho.

Figura 1 - Estrutura do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Adaptado de David (2010)

A partir deste breve histórico, compreende-se o meio competitivo em que surgiu o Sistema Toyota de Produção, e como os dois pilares que até hoje sustentam o sistema foram criados. É importante destacar que o STP não pode ser confundido como uma simples adaptação do modelo norte-americano da produção em massa a um outro contexto. O modelo americano serviu apenas como base para que os japoneses criassem uma maneira totalmente nova de produzir (WOMACK et al., 1992), a qual anos depois começou a chamar a atenção das manufatureiras espalhadas pelo mundo, inclusive da Ford.

A funcionalidade do STP só foi reconhecida internacionalmente com a crise do petróleo nos anos 1970, que causou recessão em vários governos, empresas e em toda sociedade a nível global. Mesmo o Japão sendo também um dos atingidos, a Toyota foi a companhia que obteve maiores percentuais de lucro em comparação com todas as outras montadoras, fato este que despertou a curiosidade das organizações do mundo inteiro: “*Qual o segredo da Toyota?*” (GHINATO, 2000; GRENHO, 2009).

3.2 LEAN PRODUCTION

A definição da *Lean Production* segundo Womack et al. (1992) é a seguinte:

A produção enxuta é ‘enxuta’ por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: metade do esforço dos operários na fábrica, metade do espaço para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também menos de metade dos estoques atuais no local de fabricação, além de

resultar em menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos. (WOMACK et al., 1992, p. 3).

Como dito anteriormente, apenas nas últimas décadas do século XX, mais precisamente nas décadas de 1970-80, o STP começou a chamar a atenção das empresas ocidentais. Tais empresas passavam por sérias dificuldades financeiras devido a crise mundial e precisavam a qualquer custo mudar este quadro desfavorável. Muitos setores industriais experimentaram profundas modificações na organização de suas atividades produtivas, na busca de tentar estabelecer um novo paradigma de gestão da produção que as livrassem dos prejuízos constantes. Muitas dessas modificações propostas para o novo paradigma surgiram, inicialmente, na indústria automobilística japonesa, sendo a sua mais importante aplicação o Sistema Toyota de Produção (FORMOSO, 2000). Ao começar a chamar a atenção das empresas ocidentais, o STP começou a ter seus princípios teorizados em diversas publicações que começaram a se popularizar fora do Japão (GRENHO, 2009).

Muitas expressões foram dadas ao STP pelos autores ocidentais, como por exemplo, *Just in Time*, Gestão da Qualidade Total (TQM), Reengenharia, entre outras, porém maioria delas possuíam abordagens que de certa forma se sobrepunham (SANTOS, 1999). A denominação que se popularizou no meio acadêmico e profissional foi *Lean Production*, ou “produção enxuta”, apresentada ao mundo por Womack et al. (1992) em seu livro *The Machine that Changed the World* (A Máquina que Mudou o Mundo) (BERNARDES, 2003).

A produção enxuta não pode ser entendida como um novo sistema de produção, ela nada mais é que a denominação dada por Womack et al. (1992) à filosofia seguida dentro das indústrias da Toyota, possuindo também algumas poucas contribuições de outros modelos de gestão, modelos estes que foram propostos no período mencionado acima quando se buscava um novo paradigma de gestão da produção. Entretanto, praticamente toda estrutura da *Lean Production* é baseada nos conceitos, técnicas e princípios que regem o Sistema Toyota de Produção, sendo por isto comumente associada como sendo o próprio STP.

Após a publicação do livro, a *Lean Production* se consolidou como o novo paradigma de produção tanto procurado pelas empresas ocidentais. A partir de meados dos anos 90, esta filosofia saiu do chão das fábricas da Toyota e popularizou-se nas empresas de manufatura espalhadas pelo mundo, pois da sua aplicação verificavam-se melhorias da produção assegurando-se níveis elevados de eficiência, competitividade, flexibilidade e tempo de resposta (GRENHO, 2009).

O foco principal da produção enxuta é eliminar qualquer tipo de trabalho que seja considerado desnecessário na produção de um determinado bem ou serviço, o qual por este

motivo é denominado perda (BERNARDES, 2003). De maneira similar, Antunes Júnior (1999, apud BERNARDES, 2003) define perda como qualquer elemento (atividade ou não-atividade) que gera custos, mas que não agrega ou adiciona valor ao produto/serviço. Portanto, a melhoria no processo deve focar na análise das causas que produzam os desperdícios e da realização de ações para reduzir ou eliminar essas causas (SERPEL et al., 1996 apud BERNARDES, 2003).

Esta inovadora forma de gerir a produção (do ponto de vista ocidental) é analisada por Womack et al. (1992) da seguinte maneira:

- Um sistema produtivo integrado, com realce no fluxo de produção. Produção em pequenas quantidades baseando-se na filosofia *Just-in-Time* e estoques reduzidos;
- Proporcionar ações preventivas em relação aos defeitos em vez de medidas corretivas depois dos mesmos acontecerem;
- Funciona com produção puxada em vez de produção empurrada baseada em previsões de demanda;
- É flexível, sendo organizada por meio de equipes de trabalho formadas por mão-de-obra polivalente;
- Envolvimento efetivo de todos os setores na solução de causas de problemas objetivando a maximização do valor agregado ao produto final;
- Relacionamento de uma parceria intensiva desde o primeiro fornecedor até o cliente final.

Resumindo os 6 itens expostos acima, a gestão *Lean* pretende possibilitar que um produto esteja adaptado a procura atual utilizando uma quantidade mínima de recursos, resultando consequentemente no menor custo, e que tenha grande rapidez de resposta. No entanto, também procura que este tenha a qualidade apropriada. Para tal, é necessário operar com o mínimo possível de atividades, eliminando aquelas que não acrescentam valor, ou seja, as que são consideradas como geradoras de desperdício. É necessário que o sistema apresente flexibilidade, que esteja em sintonia em todo o momento com o tipo e volume de produção requisitado pela procura, de forma a corresponder com um produto ou serviço mais rápido, mais apropriado e menos dispendioso (WOMACK et al., 1992; GRENHO, 2009).

3.2.1 *Lean Thinking*

Após toda explanação da filosofia *Lean*, Womack e Jones (1998) criaram o termo *Lean Thinking* (pensamento enxuto) apresentando maneiras de como aumentar a possibilidade

de implementar em qualquer empresa os conceitos do sistema Toyota, ou seja, a filosofia da produção enxuta. Eles formularam 5 princípios chaves para o entendimento e implantação do novo paradigma:

1. Especificar o Valor para cada produto;
2. Identificar a Cadeia de Valor para cada produto;
3. Fazer o Fluxo de Valor acontecer sem interrupções;
4. Deixar o Cliente Puxar o valor do produto;
5. Perseguir a Perfeição (melhoria contínua)

3.2.2 Princípios da *Lean Production*

3.2.2.1 Valor

O conceito de valor constitui o ponto de partida essencial para a *Lean Production*. É importante perceber, e dar grande ênfase a este princípio, pois o valor só pode ser definido e identificado pelo cliente final (GRENHO, 2009).

Womack e Jones (1998) afirmam que é preciso que a empresa saiba exatamente o que o cliente deseja definindo precisamente o valor em termos de produtos específicos com capacidades específicas oferecidas a preços específicos através de diálogo com clientes específicos. Para fazer isso, é preciso ignorar os ativos e tecnologias existentes na empresa e repensar as empresas com base numa linha de produtos com equipes de produção fortes e dedicadas. Embora pareça óbvio, são inúmeros os exemplos de empresas que projetam os seus produtos e determinam a forma como os serviços serão prestados negligenciando aspectos fundamentais para os clientes, levando as empresas ao fracasso por não terem a percepção da realidade do mercado (GRENHO, 2009).

Existe uma inversão em relação a forma tradicional de produção em massa (fordismo), onde os produtos e serviços e seus respectivos custos/preços são em função dos ativos utilizados e da sua capacidade de produção, em outras palavras, o fornecedor determina o que o cliente deve comprar e a que preço. No pensamento enxuto (*Lean Thinking*), o fornecedor pesquisa aquilo a que o cliente atribui valor e organiza a sua produção para corresponder (SILVA FILHO, 1998 apud GRENHO, 2009).

É preciso que, ao sair da empresa, o produto satisfaça os anseios do cliente ao invés de ser apenas entregue o resultado de um processo de produção perfeito, mas que não lhe é atraente (ALVES, 2000).

3.2.2.2 Cadeia de valor

Uma vez compreendida a definição de valor, torna-se necessário a identificação da cadeia de valor. A cadeia de valor consiste na identificação de todo o conjunto de atividades envolvidas na criação de um produto específico com o objetivo de identificar e remover os desperdícios na realização do mesmo, desde a matéria-prima até a sua entrega ao consumidor final. Esta é a ideia chave desse princípio (GRENHO, 2009).

O mapeamento da cadeia de valor permite analisar e sistematizar a definição de valor na perspectiva do cliente, devendo-se analisar os três tipos de ações que ocorrem ao longo de sua extensão: 1) ações que criam valor; 2) ações que não criam valor, mas que no momento são inevitáveis, e 3) ações que não criam valor e que devem ser evitadas imediatamente (desperdícios). Esta análise deve ser feita envolvendo todos os processos desde a criação do produto até a venda final (WOMACK e JONES, 1998).

Com esta definição, torna-se mais fácil identificar enormes quantidades de desperdícios, sendo a prioridade em um primeiro momento a eliminação das ações do tipo 3, como estoques, esperas, erros de fluxos, etc. Assim que esse tipo de ação for eliminado, os esforços devem ser direcionados à eliminação ou melhoria das ações do tipo 2, como o transporte, movimentação, etc.

3.2.2.3 Fluxo de valor (fluxo contínuo)

Uma vez que o valor tenha sido detalhado com precisão, que a cadeia de valor de determinado produto tenha sido totalmente mapeada pela empresa, o próximo passo no caminho para a produção enxuta consiste em fazer com que as etapas definidas, que criam valor, fluam. O fluxo de valor nada mais é que a forma como as atividades da cadeia de valor é realizada. Nesta etapa é definida a melhor maneira de estabelecer estes fluxos para se obter maior eficiência possível. A produção ideal, do ponto de vista da produção enxuta, é o fluxo contínuo, peça a peça, sem estoques intermediários nem interrupções durante o processamento. Isso traz

inúmeros benefícios, dentre os quais: menor tempo de produção (*lead time*), obrigatoriedade de qualidade 100% e eliminação de vários tipos de desperdícios (GRENHO, 2009).

O estudo dos fluxos é realizado através do mapeamento do fluxo de valor, através do qual analisa-se toda a cadeia de valor e não apenas pontos isolados. A partir disto, pode-se apontar as fontes geradoras de perdas na cadeia de valor, e também, as ligações entre os fluxos de material e informação (ROTHER e SHOOK, 1998 apud ALVES, 2000).

3.2.2.4 Produção Puxada

Para a *Lean Production*, a forma de desperdício mais combatida é a criação de estoques proveniente da superprodução. Na produção em massa este tipo de desperdício é bastante comum devido a cultura da produção “empurrada” já enraizada no sistema, que produz mesmo sem ser requisitado pelo cliente, resultando na criação de estoques (GRENHO, 2009).

A capacidade de desenvolver, produzir e distribuir rapidamente o produto permite o atendimento ao cliente quase que instantaneamente. O consumidor passa a puxar a produção, eliminando os estoques e valorizando o produto (GRENHO, 2009). Segundo Womack e Jones (1998), após o estabelecimento do princípio de valor, cadeia de valor e fluxo, nas empresas ocorrerá quase automaticamente uma redução dos estoques. Isto ocorre graças a capacidade adquirida pela empresa de projetar, programar e fabricar exatamente o que o cliente quer e quando quer.

Para Womack e Jones (1998) isto significa ignorar a projeção de vendas e simplesmente fazer o que os clientes lhe dizem o que precisam. Ou seja, pode-se deixar que o cliente puxe o produto, em vez de empurrar os produtos muitas vezes indesejados pelo cliente.

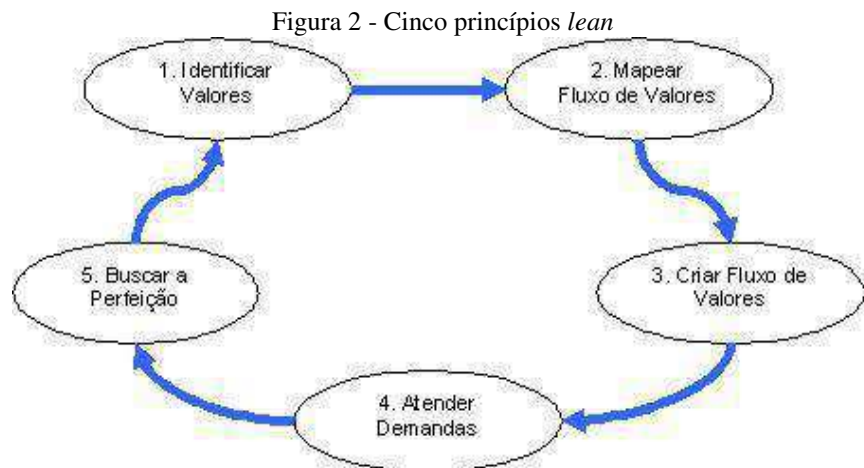
3.2.2.5 Perfeição

Womack e Jones (1998) sugeriram a Perfeição como uma consequência da aplicação dos princípios anteriores, e não como um novo princípio a ser seguido à semelhança dos demais. Eles ressaltaram:

À medida que as organizações começarem a especificar valor com precisão, identificarem a cadeia de valor como um todo, à medida que fizerem com que os passos para a criação de valor referentes fluam continuamente, e deixem que os clientes puxem o valor da empresa, algo muito estranho começará a acontecer. De repente, a perfeição, o quinto e último conceito do pensamento enxuto não parece uma ideia maluca (WOMACK e JONES, 1998, p.15).

Atingir a perfeição prende-se com a melhoria contínua, com a participação dos diferentes níveis operacionais. A identificação das causas dos problemas faz parte do pensamento enxuto e conta com métodos específicos, baseados em ferramentas de qualidade. A perfeição deve ser vista como o objetivo constante de todos envolvidos nos fluxos de valor (GRENHO, 2009).

A Figura 2 ilustra o ciclo proposto por Womack e Jones (1992) como forma de fixar o pensamento *Lean* eficientemente no ambiente produtivo.



Fonte: Adaptado de Womack et al. (1992)

3.2.3 Os 7 desperdícios da produção

Conforme exposto acima no histórico do sistema Toyota, houve uma época em que a economia japonesa era regressa e desfavorável para o setor industrial e à toda sociedade a nível global. Não se podia mais ter o luxo de impor um preço ao mercado baseado na soma dos custos de fabrico mais o lucro pretendido ($\text{Venda} = \text{Custo} + \text{Lucro}$). Com o aumento da concorrência, economia quebrada e o surgimento de consumidores mais exigentes, o preço passou a ser determinado pelas leis do mercado, invertendo a equação agora pouco citada para $\text{Lucro} = \text{Venda} - \text{Custo}$. Sendo assim, a única forma de aumentar ou manter o lucro foi através da redução de custos, obtido através da melhor utilização dos recursos para a produção de um bem ou serviço (GHINATO, 1996, 2000).

De acordo com os conceitos *Lean*, as perdas são consideradas pontos importantíssimos para a melhoria do processo, e através da eliminação destas, os custos globais da produção seriam reduzidos. A análise de identificação das perdas é tão importante dentro do setor produtivo que Ohno (1997) sugeriu que os desperdícios dentro da produção eram responsáveis por até 95% dos custos totais de um ambiente não *Lean*.

Tanto se fala de desperdícios que a pergunta se torna inevitável: Que desperdícios são esses? Taiichi Ohno, propôs uma lista com os 7 grandes desperdícios que devem ser combatidos incansavelmente para que a produção fique mais “enxuta” possível.

3.2.3.1 Perda por superprodução

Refere-se às perdas que ocorrem devido a produção em quantidades superiores as necessitadas. De todas as sete perdas, esta é a mais danosa, pois tem o poder de camuflar ou induzir outras perdas, sendo a mais difícil de ser eliminada.

Existem dois tipos de perdas por superprodução (ANTUNES JÚNIOR, 1995 apud ALVES, 2000):

- Superprodução por quantidade (perda por se produzir demais) consiste em produzir mais que o volume programado ou exigido pelo mercado.
- Superprodução antecipada (perda por se produzir antecipadamente) é decorrente de uma produção realizada antes do momento necessário, levando a um enorme desperdício nas matérias-primas que são utilizadas antes da hora.

A produção deve ser programada de forma a atender a demanda, ou seja, deve fazer valer a característica de produção puxada, produzir exatamente o número de produtos que serão encomendados evitando produzir excessos.

3.2.3.2 Perda por espera

A perda por espera está relacionada principalmente com a sincronização entre as atividades da cadeia de valor e a disposição adequada de recursos proporcionalmente ao ritmo da produção. Se não forem bem planejadas, haverá um intervalo de tempo que nenhuma atividade estará sendo executada devido a espera de algum fator. De acordo com a filosofia *Lean*, todos os recursos devem ser fornecidos numa base *just-in-time*, ou seja, os recursos (material, informação, equipamentos, ferramentas, etc) devem estar disponíveis na hora exata e na quantidade exata (GRENHO, 2009).

Vários exemplos podem ser dados para caracterizar a perda por espera que frequentemente acontece nos ambientes produtivos, desde os mais simples como a espera de um documento por falta de assinatura até os mais complexos, como a espera do transporte de um material para outro setor comprometendo todo o processo. Tudo isso, mesmo a espera mais

“simples” detectada, impacta diretamente no *lead time* do empreendimento, comprometendo todo o processo de fabricação.

3.2.3.3 Perda por transportes e movimentações excessivas

Transportes desnecessários são frutos principalmente de um mau mapeamento da cadeia de valor, como o não planejamento das ações tipo 2 - ações que não criam valor, mas que são inevitáveis – já explicadas acima. Já as movimentações são frutos de um fluxo de trabalho pobre, de uma má organização na zona de trabalho ou de métodos inconsistentes de trabalho (GRENHO, 2009). Em vista dos transportes e movimentações serem algo essencial para a continuidade do processo produtivo, estes não adicionam valor ao produto em nada, e assim segundo a filosofia *Lean*, devem ser otimizados até o limite, próximo da completa extinção dessas ações.

Podemos otimizá-los por exemplo dando um destino certo, único e imutável da alocação das matérias primas. Em vez delas serem enviadas pelo fornecedor para o local de recebimento, depois transportadas para o armazém e finalmente transportadas para a linha de montagem, elimina-se toda este desperdício de tempo enviando-as diretamente para o local que serão utilizadas para montagem (GRENHO, 2009). Isto pode ser planejado previamente com uma boa disposição do *layout* do ambiente produtivo que facilite as movimentações de material (SHINGO, 1996)

3.2.3.4 Perda no processamento que não acrescenta valor

Um exemplo bastante comum desta perda são os chamados retrabalhos, presentes na maioria dos setores econômicos do mundo. É simples entender: enquanto uma mão de obra deveria estar alocada produzindo e agregando valor ao produto, ela está de fato “parada” consertando erros de etapas anteriores, gerando atrasos na produção e custos não previstos.

A filosofia *Lean* adota a técnica do “trabalho padronizado”, isto é, a melhor maneira de se realizar um conjunto de atividades atendendo ao um tempo padrão estabelecido, denominado *takt-time*. É mais fácil detectar os erros de processamento em uma produção que adota o trabalho padronizado, para isto, é recomendável recorrer à técnica de Mapeamento da Cadeia de Valor / Fluxo de Valor e analisar o passo a passo do processo para assim apontar as

origens dos erros, evitando antecipadamente a ocorrência de atividades que não acrescentam valor.

3.2.3.5 Perda por excesso de estoque

Os estoques estão ligados de certa forma à perda por superprodução. Porém, aqui a perda é mais específica. Enquanto a superprodução é entendida apenas por estoques de produtos acabados, a perda por estoque atenta além disso para os processos intermediários, para os produtos semiacabados em fase de processamento e dos estoques criados entre um processo e outro.

Existe uma grande resistência por parte dos empresários para a eliminação dos estoques intermediários, já que esses estoques apresentam “vantagens” no sentido de darem segurança na continuidade do processamento caso algum sinistro ocorra. Enquanto no ocidente os estoques são encarados como um “mal necessário”, o Sistema Toyota de Produção utiliza a estratégia da diminuição gradual dos estoques intermediários como uma forma de identificar outros problemas no sistema, escondidos por trás destes (GHINATO, 2000).

3.2.3.6 Perda por fabricação de produtos defeituosos

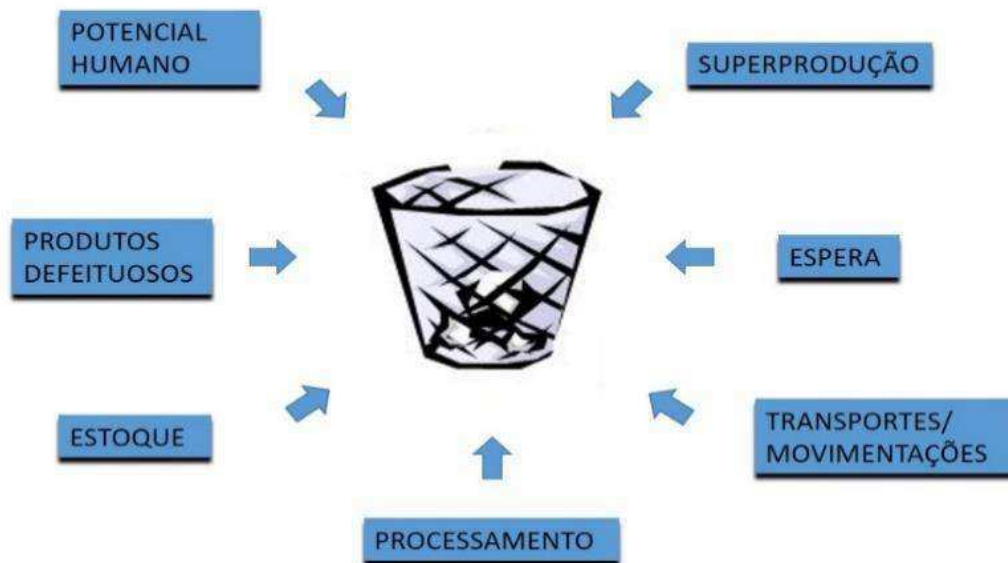
A perda pelo processamento (item 3.2.3.4) está ligada às perdas nas atividades intermediárias decorrentes de um mau dimensionamento da cadeia de valor. Quando esta perda não é corrigida, o resultando são produtos defeituosos que apresentam alguma de suas características de qualidade fora dos padrões (GRENHO, 2009). A perda por fabricação de produtos defeituosos provoca desperdícios maiores que a perda pelo processamento, pois há perda de energia, perda de matéria-prima - o material consumido não pode mais ser aproveitado - e também perda de mão de obra, pois a mão de obra utilizada não é recuperável, sendo novamente requisitada para repetir ou corrigir o produto.

3.2.3.7 Perda devido o potencial humano desvalorizado

Inclui a subutilização mental, criativa e física de faculdades e habilidades dos colaboradores. Ohno (1997) afirmou que um dos objetivos do STP era “criar pessoas pensantes”. Em um ambiente não *lean* apenas se reconhece a subutilização de atributos físicos,

ignorando as capacidades intelectuais dos colaboradores. Algumas das causas mais comuns para este tipo de desperdício são: fraco fluxo de trabalho, cultura organizacional, práticas de contratação inadequadas, formação fraca ou inexistente, e fraca rentabilização dos funcionários (PEINEROL, 2007 apud NUNES, 2010; GRENHO, 2009).

Figura 3 - Os 7 desperdícios da *Lean Production*



Fonte: Adaptado de Souza (2010)

Além dos 7 desperdícios expostos acima, Koskela (2004 apud NUNES, 2010) identificou um oitavo desperdício que é frequentemente ignorado na visão da *Lean Production*. Ele o chamou de “*Making-do*”, e consiste quando ocorrem situações em que uma atividade é iniciada sem que todos os recursos necessários para sua execução estejam disponíveis. Este oitavo desperdício é comumente identificado na indústria da construção civil, sendo este o próximo assunto a ser abordado. A implantação da *Lean Production* na construção civil culminou em uma nova forma de pensar, agir e gerir a construção, sacramentando uma nova filosofia para o setor que foi denominada *Lean Construction*.

3.3 *LEAN CONSTRUCTION*

É importante expor que:

A *Lean Construction* é um novo caminho para o gerenciamento na indústria da construção civil, com implicações nas relações comerciais e na concepção dos projetos. É planejar e controlar técnicas que reduzam os desperdícios, melhorando a confiabilidade dos fluxos produtivos (HOWELL, 1999 apud GRENHO, 2009, p.42)

De acordo com a apresentação feita dos conceitos da *Lean Production*, percebe-se que ela se mostra como uma filosofia de produção voltada essencialmente para a indústria manufatureira. Mesmo assim, esta filosofia foi sendo implantada em empresas de vários segmentos diferentes da manufatura através da aplicação dos princípios do *Lean Thinking*, o que trouxe êxito e melhorias em termos de produtividade para estas empresas. Foi apenas uma questão de tempo para que os conceitos *Lean* chegassem também à indústria da construção civil, entretanto, assim como nos outros setores, ela precisou ser remodelada para se adaptar.

A indústria da construção civil tem rejeitado muitas ideias da indústria manufatureira devido as características inerentes ao setor serem contrários. Messeguer (1991, apud GRENHO, 2009) caracteriza a construção civil como um setor atrasado em relação aos processos produtivos e técnicas de gestão que usa, e por esta razão os conceitos da *lean production* não podem ser puramente aplicados. Este autor destacou as seguintes características:

- A construção é uma indústria com produtos únicos e não seriados;
- A estrutura de produção é centralizada (os operários são móveis em torno de um produto fixo), ao contrário da produção em massa (produtos móveis e os operários fixos);
- É uma indústria muito tradicional e resistente a mudanças, conservando métodos e processos antigos, utilizando processos arcaicos e artesanais;
- Os trabalhos na construção geralmente realizam-se a céu aberto;
- Há grande concentração de mão-de-obra;
- Há grande concentração de mão-de-obra desqualificada;
- Há grande concentração de mão-de-obra temporária;
- O grau de precisão com que se trabalha na construção é geralmente menor que em outras indústrias, como por exemplo, os parâmetros relativos ao orçamento, prazo e qualidade.

Algumas características são bem abrangentes e mostram de cara o porquê que o Sistema Toyota de Produção não pode ser puramente aplicado na construção civil. O fato de tratar-se de um processo não seriado é uma delas, sendo esta talvez a característica mais marcante da produção em massa na manufatura. O fato dos processos serem arcaicos e artesanais também é relevante, pois nega por completo o conceito da “autonomação”, visto anteriormente como um dos pilares que sustentam o STP. Sendo assim, a filosofia *Lean* só poderia ser aplicada na indústria da construção civil após os conceitos já existentes serem

primeiramente entendidos e posteriormente adaptados e aplicados ao novo ambiente, mesmo ainda considerando as características particulares que possui (FEATHERSTON, 1999 apud GRENHO, 2009; MESSEGUER, 1991 apud GRENHO, 2009).

Koskela (1992) foi o primeiro a propor os conceitos, princípios e práticas para o novo paradigma de gestão na construção civil baseado na filosofia *Lean* (BERNARDES, 2003). Seu trabalho publicado em 1992 “*Application of the new production philosophy to construction*”, desafiou os profissionais de construção a quebrar seus paradigmas de gestão e adaptar técnicas e ferramentas desenvolvidas com sucesso no Sistema Toyota de Produção, lançando então as bases de uma nova filosofia de gestão por meio de adaptações dos conceitos do *Lean Thinking* à construção civil, a qual foi chamada de *Lean Construction* (JUNQUEIRA, 2008).

A consolidação da *Lean Construction* se deu a partir dos trabalhos de um grupo internacional de pesquisadores formado em 1994 logo após a publicação de Koskela (1992), o Grupo Internacional da *Lean Construction* – IGLC. Este grupo realiza conferências anuais sobre o assunto com o objetivo de estudar a aplicação e os avanços desta nova filosofia no setor da construção civil. Nos encontros anuais são apresentadas reformulações, novas técnicas e ferramentas que viabilizem a estabilização da filosofia no ambiente produtivo. (JUNQUEIRA, 2008)

Embora as inovações propostas pela *lean construction* sejam pouco conhecidas na indústria da construção, algumas empresas do setor já começaram a aplicar seus princípios, atingindo com isso melhorias significativas em seus índices de desempenho (ALARCÓN, 1997 apud BERNARDES, 2003; TOMMELEIN, 1998 apud BERNARDES, 2003). Através destes resultados positivos, torna-se possível pressupor que o desenvolvimento de trabalhos que contribuam para consolidação dos conceitos e princípios da *lean construction* podem auxiliar na melhoria do setor da construção civil como um todo (BERNARDES, 2003).

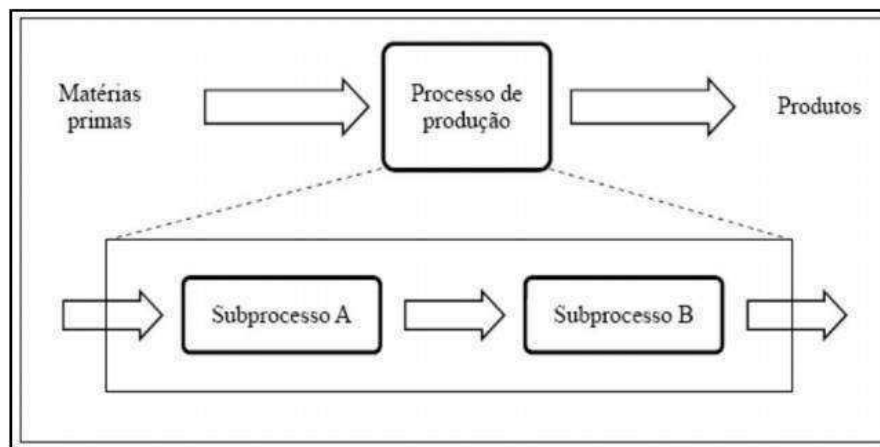
3.3.1 *Lean construction versus modelo tradicional de gestão*

Os princípios da *lean construction* são melhores entendidos se os analisarmos paralelamente ao modelo tradicional de gestão. Será abordado apenas a diferença conceitual entre um modelo e outro, isto é, apenas a diferença que despertou a criação desta nova filosofia de gestão para a construção civil. A mudança conceitual mais importante é a introdução de uma nova forma de se entender os processos produtivos (KOSKELA, 1992). Sendo assim, os novos

conceitos referem-se essencialmente a uma nova maneira pela qual os processos e operações são definidos (BERNARDES, 2003).

Um dos grandes erros do modelo tradicional, segundo Koskela (1992), é considerar apenas a ocorrência de atividades de conversão no processo produtivo, ou seja, a transformação de matérias primas (*inputs*) em produtos (*outputs*), constituindo o que foi denominado modelo de conversão. De acordo com esse modelo, o processo de conversão pode ser dividido em subprocessos, que são considerados também atividades de conversão. A menor divisão de um processo, segundo o modelo tradicional, é denominada operação (SHINGO, 1996).

Figura 4 - Modelo do sistema tradicional



Fonte: Adaptado de Koskela (1992)

Ainda segundo Koskela (1992), no modelo de conversão os custos do processo global podem ser minimizados através da redução dos custos dos subprocessos a ele associados. Este autor foi até mais preciso ao afirmar que por sua vez, o valor de um subprocesso está associado ao custo de sua matéria prima. Levando em consideração esta atitude ao concentrar as atenções em processos e subprocessos, não é possível ter uma visão global de todo o ambiente produtivo.

No caso dos orçamentos convencionais e planos de obra, Isatto et al. (2000) e Koskela (1992) apontam a falha quando se considera apenas o modelo de conversão para a elaboração destes. Os autores salientam que ao considerar apenas as atividades de conversão, implicitamente também se consideram as atividades de fluxo de forma despercebida, dificultando a real percepção dos custos e dos prazos prejudicando a gestão da produção. A definição das atividades de fluxos será dada nos parágrafos subsequentes.

Para facilitar a compreensão do que foi brevemente exposto, apresentam-se abaixo as principais deficiências detectadas por Koskela (1992) ao se considerar apenas o modelo de conversão no processo produtivo:

- Os fluxos físicos entre as atividades não são considerados, sendo a maior parte dos custos oriunda desses fluxos;
- O controle da produção tende a ser concentrado nos subprocessos individuais em detrimento do processo global, tendo um impacto relativamente limitado na eficiência global;
- A não-consideração dos requisitos dos clientes pode resultar em produtos inadequados ao mercado, visto que através do modelo de conversão admite-se que o valor de um produto pode ser melhorado somente através da utilização de insumos de melhor qualidade.

De acordo com a análise acima, ignorar os fluxos físicos (de materiais e mão-de-obra) é um dos erros cometidos pelo modelo de gestão tradicional e considerado um dos fatores da causa dos elevados desperdícios da construção civil. Embora sejam as atividades de conversão que agreguem valor ao processo, o gerenciamento das atividades de fluxo constitui uma etapa essencial na busca do aumento dos índices de desempenho dos processos produtivos (KOSKELA, 1992). Um sistema de produção focado nas informações de fluxos pode aumentar a produtividade e ser aplicado na construção mesmo com suas peculiaridades (ALARCÓN, 1997 apud GRENHO, 2009).

Sendo assim, a *lean construction* se contrapõe conceitualmente ao modelo tradicional de gestão por considerar que no ambiente produtivo deve-se atentar não só para as atividades de conversão, mas também às atividades de fluxo, melhorando consequentemente o processo produtivo e adicionando mais valor ao produto para o cliente (KOSKELA, 1992).

Koskela (1992) definiu em seu trabalho que existem três tipos de fluxos: de materiais, de mão-de-obra e de informações. Estes fluxos podem ser encontrados dentro da construção civil através das atividades de transporte, movimentação ou espera (Figura 5).

Figura 5 - Modelo de processo da *lean construction*



Fonte: Adaptado de Koskela (1992)

A partir da Figura 5, nota-se a grande importância das atividades de fluxo. No modelo de produção da *lean construction*, apenas a caixa “Processamento” representa a atividade de conversão, portanto, a única dentre as outras que realmente agrega valor ao produto. Como se pode observar, para a realização de um serviço é necessário realizar atividades que não agregam valor, mas que são essenciais ao processo produtivo como um todo e não podem deixar de ser realizadas. Estes fluxos normalmente não são considerados no modelo tradicional, mas estão presente em todo o contexto (GRENHO, 2009).

Sobre alguns benefícios e implicações desta nova filosofia de produção, tem-se o *Just-in-Time* do STP aplicado à construção civil. O *Just-in-Time* apresenta como um de seus principais objetivos o fluxo contínuo de produção, e para que essa condição seja atendida, é necessário a busca incessante pela eliminação de toda e qualquer perda (MIRANDA et al., 2003 apud ROTH, 2013). Na construção civil, esta perda se dá pelo mau gerenciamento das atividades de fluxo, ou da ineficiência da única atividade que realmente agrega valor, o processamento.

A respeito das perdas, Santos et al. (2000 apud ROTH, 2013) retomaram os 7 desperdícios propostos por Taiichi Ohno, já apresentados acima, e exemplificaram com situações corriqueiras bastante comuns dentro da construção civil:

- Perda por superprodução: produção excessiva de argamassa;
- Perda por movimentações: longas distancias percorridas entre o posto de trabalho e o estoque;
- Perda por espera: falta de argamassa para execução de alvenarias;
- Perda por transporte: uso de equipamento inadequado para transporte de blocos;
- Perda por estoque disponível (desnecessário): mau acondicionamento dos blocos condicionando quebras;
- Perda no processamento em si: quebra de alvenaria para instalações de tubulações elétricas;
- Perda devido a produção de produtos defeituosos (correções): descolamento de cerâmica.

O autor ainda propõe mais dois tipos de desperdícios, também referentes a ações gerenciais:

- Perda por substituição: uso do concreto com resistência maior que a necessária;

- Perda por ocorrência de acidentes do trabalho: indenizações e danos materiais causados pelo acidente.

O denominado modelo tradicional não é de um todo errado. Ele é útil e bem estruturado para sistemas de produção relativamente simples, centrado em apenas um processo de conversão, como por exemplo, levantar paredes de alvenaria continuamente. A aplicação do modelo tradicional não é aconselhável quando os processos numa obra são complexos envolvendo uma infinidade de atividades que necessitam ser coordenadas, planejadas e controladas. A maior parte dos projetos de engenharia civil encontram-se nestas características, e quase sempre nesses casos há uma maior exigência do cliente, ressaltando ainda mais a importância da *lean construction* no setor (GRENHO, 2009).

Como já exposto, a *lean construction* refere-se à adaptação das técnicas e ferramentas do sistema Toyota e dos conceitos do *Lean Thinking* na indústria da construção civil. Esta adaptação de certa forma tende a transformar os processos construtivos nos do tipo da manufatura, com iniciativas de normalização e repetição de processos. Koskela (1992) resumizou o *Lean Thinking* em 11 princípios básicos aplicáveis à *Lean Construction*, à semelhança dos que foram descritos anteriormente para a *Lean Production*. Através da aplicação dos seus princípios básicos, atingem-se os benefícios proporcionados no sistema de produção, resultado de modificações tecnológicas simples. Posteriormente quando abordarmos o Planejamento e Controle da Produção (PCP), será importante referir como que esses princípios podem ser implementados através do PCP.

3.3.2 Princípios da *lean construction*

3.3.2.1 Redução das atividades que não agregam valor

Atividades que agregam valor são aquelas que convertem material e/ou informação com o objetivo de atender aos requisitos dos clientes, sendo então denominadas atividades de conversão ou processamento. Já aquelas que não agregam valor consomem tempo, recursos ou espaço, mas não contribuem para atender aos requisitos dos clientes. A busca da redução das atividades que não agregam valor se constitui o princípio mais geral da *Lean Construction* (KOSKELA, 1992).

Para se reduzir as atividades que não agregam valor, é importante realizar a representação do fluxo do processo, para que assim as atividades possam ser identificadas e

então controladas, ou ainda eliminadas quando convier (ROTH, 2013). Um exemplo disto, é quando se faz um estudo para elaborar o arranjo físico do canteiro de obras (*layout*), de modo que minimize distancias entre locais de descarga de materiais e seu respectivo local de aplicação, reduzindo a parcela das atividades de movimentação e espera (SANTOS, 1999).

Cabe salientar que este princípio não deve ser levado ao extremo, pois existem atividades que mesmo não agregando valor ao cliente final, são essenciais à eficiência global dos processos, como por exemplo, controle dimensional, treinamento da mão-de-obra, instalação de dispositivos de segurança, movimentações necessárias de canteiro, etc. (ISATTO et al., 2000).

3.3.2.2 Aumento do valor do produto através de uma consideração sistemática dos requisitos do cliente

Segundo Koskela (1992), agrega-se valor ao produto quando os requisitos de seus clientes internos e externos são atendidos. Nesse caso, para cada atividade existem clientes de atividades seguintes (clientes internos) e clientes do produto final (clientes externos). A identificação dos clientes internos e externos e dos seus requisitos constitui-se, então, em um dos passos principais para melhorar a eficácia da produção. Segundo Isatto et al. (2000), uma das formas de identificar esses clientes e aplicar o princípio é através do mapeamento do processo.

A implementação desse princípio ocorre através da coleta de informações. A consideração dos requisitos dos clientes antes da execução de algumas operações reduz o retrabalho e a consequente interferência nas atividades de fluxo (BERNARDES, 2003). No caso dos clientes internos, ou clientes de atividades seguintes, em cada trabalho as necessidades da equipe posterior devem ser consideradas pela equipe anterior, como por exemplo tolerâncias dimensionais em uma atividade, para que não haja maiores dificuldades na execução. Em relação aos clientes internos, percebe-se a importância da comunicação entre as equipes (ROTH, 2013). A busca desses requisitos em um momento que possibilite a sua consideração no planejamento da produção, evitando retrabalho, pode dar, inclusive, a noção para os clientes (internos e externos) de que a empresa é organizada e que se preocupa com o prazo de entrada da obra (BERNARDES, 2003).

O cliente, seja ele interno ou externo, deve ter suas considerações questionadas, analisadas e implantadas sempre que possível, pois somente desta forma pode-se garantir a sua satisfação pelo serviço realizado ou pelo produto executado (KOSKELA, 1992).

3.3.2.3 Redução da variabilidade

Existem diversas razões para se reduzir a variabilidade no processo produtivo. Formoso (2000) apontou pelo menos duas que são de fato necessárias para se conseguir a redução das variabilidades. A primeira é o fato de que um produto uniforme, geralmente proporciona uma maior satisfação para o cliente, pois a qualidade corresponderá às especificações estabelecidas. A segunda razão deve-se ao fato de que a variabilidade aumenta a parcela de atividades de fluxo que não agregam valor, e o tempo necessário para a execução do produto. Pode-se apresentar diversas razões pelas quais a variabilidade aumenta a parcela de atividades que não agregam valor, tais como a interrupção dos fluxos de trabalho, situação que ocorre quando equipes ficam paradas ou precisam ser deslocadas para outras frentes, ou ainda a simples não aceitação de produtos fora da especificação, fazendo com que o trabalho precise ser refeito ou compensado (ISATTO et al., 2000).

Isatto et al. (2000) apontaram diversos tipos de variabilidades relacionadas ao processo de produção. Exemplos típicos de variabilidade referem-se à:

- Variação dimensional nos materiais entregues. Exemplo: blocos cerâmicos com grandes variações dimensionais;
- Variabilidade na própria execução do processo. Exemplo: variabilidade na duração da execução de uma determinada atividade, ao longo de vários ciclos;
- Variabilidade na demanda. Relacionada aos desejos e às necessidades dos clientes. Exemplo: determinados clientes de uma incorporadora solicitam mudanças de projeto da edificação.

Quando foram apresentados os 7 desperdícios propostos por Ohno, falamos das perdas no processamento de atividades que não agregam valor no item 3.2.3.4. Neste item foi apresentado o conceito de trabalho padronizado como a melhor maneira de se realizar um conjunto de atividades atendendo ao um tempo padrão estabelecido (*takt-time*). Koskela (1992) considerou o padrão nos processos, ou trabalho padronizado, como uma possível forma de se reduzir as variabilidades. Shingo (1996) por sua vez, disse que a padronização de procedimentos é geralmente o melhor caminho para se conseguir reduzir a variabilidade, tanto na conversão como no fluxo do processo de produção.

Koskela (1999) apontou quatro características inerentes ao setor de construção civil para explicar a existência destas variabilidades:

- A realização de atividades é fortemente dependente dos fluxos, cujo progresso por sua vez é dependente da realização dessas mesmas atividades;
- A construção pode ser descrita como a produção de um protótipo que normalmente apresenta na sua formulação uma série de erros de projeto, planejamento e controle;
- Na indústria manufatureira uma parte do produto só pode estar fisicamente numa etapa de trabalho em cada momento. Contudo, na construção uma peça pode ser trabalhada por várias frentes de trabalho ao mesmo tempo, o que geralmente diminui a produtividade destas frentes;
- O trabalho pode ser realizado sob condições ambientais instáveis, que leva a uma redução da produtividade. As atividades podem ser realizadas sob a ação de intempéries, como por exemplo, erguer paredes de alvenaria sob tempo instável ou sob forte calor.

Segundo o autor, estes tipos de perdas são típicos da construção civil e não se enquadram na clássica lista dos 7 desperdícios. Com o objetivo de se implantar o princípio da redução de variabilidades, buscou-se por ferramentas que protegessem a produção destas. Ballard e Howell (1997) lançaram o método denominado *shielding production* (produção protegida), que engloba a ferramenta *Last Planner*, foco deste trabalho e que será explicado posteriormente.

No contexto da construção civil, a variabilidade e a incerteza tendem a ser elevadas em função do carácter único do produto e das condições locais que caracterizam a obra. Apenas parte desta variabilidade pode ser realmente eliminada. Porém, existe uma parcela que não pode ser removida, muitas delas devido às quatro características apresentadas por Koskela (1999), cabendo aos responsáveis pela gestão da produção minimizar os efeitos nocivos das mesmas (GRENHO, 2009).

3.3.2.4 Redução do tempo de ciclo (*lead time*)

O tempo de ciclo pode ser definido como o somatório dos prazos necessários para processamento, inspeção, espera e movimentação (Figura 5). A redução do tempo de ciclo pode ser alcançada através da redução da parcela de atividades que não agregam valor. Do ponto de vista do controle, a aplicação deste princípio resulta em ciclos de detecção e correção de desvios

menores. Do ponto de vista da melhoria do processo, verifica-se que tempos de ciclo menores facilitam a implementação mais rápida de inovações (KOSKELA, 1992).

A redução do *lead time*, ou tempo de ciclo, é um princípio que tem origem na filosofia *Just-in-Time* do Sistema Toyota de Produção, apresentando diversas vantagens. Isatto et al. (2000) apresentaram algumas dessas vantagens:

- Entrega mais rápida ao cliente: ao invés de se espalharem por toda obra, as equipes devem focar na conclusão de um pequeno conjunto de unidades, caracterizando lotes de produção menores. Se possível, as unidades deverão ser entregues aos clientes mais cedo, o que tende a reduzir o custo financeiro do empreendimento. Além disto em alguns seguimentos do mercado, a velocidade de entrega é um aspecto competitivo importante, pois os clientes necessitam dos produtos num prazo relativamente curto (por exemplo, construção de *shoppings* ou fábricas);
- A gestão dos processos torna-se mais fácil: o volume de produtos inacabados em estoques é menor, o que tende a diminuir o número de frentes de trabalho, facilitando o controle da produção e o uso do espaço físico disponível;
- O efeito de aprendizagem tende a aumentar: como os lotes são menores, existe menos sobreposição na execução de diferentes unidades. Assim, os erros aparecem mais rapidamente, podendo ser identificadas e corrigidas as causas dos problemas;
- A estimativa de futuras obras é mais precisa: como os lotes de produção são menores e concluídos em prazos mais reduzidos, a empresa trabalha com uma estimativa mais precisa da obra em construção. Isto torna o sistema de produção mais estável.
- O sistema de produção torna-se menos vulnerável a mudanças de pedidos: pode-se obter um certo grau de flexibilidade para atendimento da demanda, sem elevar substancialmente os preços, pois algumas alterações de produtos solicitadas podem ser implementadas com facilidade nos lotes de produção subsequentes.

3.3.2.5 Simplificação pela minimização do número de passos e partes

A simplificação deve ser entendida como a redução de componentes do produto ou do número de passos existentes em um fluxo de material ou informação. Através da

simplificação, pode-se eliminar atividades que não agregam valor ao processo de produção (KOSKELA, 1992).

Assim, na medida em que se tem um maior número de passos ou partes atreladas ao processo ou produto, atividades como inspeção e movimentação aumentam. Aliado a esses fatores, existe um aumento de custos no sistema de produção associado com as atividades que não agregam valor (CHILD et al., 1991 apud BERNARDES, 2003). A utilização de elementos pré-fabricados, o uso de equipes polivalentes e o planejamento eficaz do processo de produção podem ser considerados alternativas para se atingir a simplificação (KOSKELA, 1992).

3.3.2.6 Aumento da flexibilidade na execução do produto

Slack et al. (1997, apud BERNARDES, 2003) salientam que a flexibilidade significa ser capaz de mudar a operação de alguma forma. Pode ser alterar o que a operação faz, como faz, ou quanto faz. Mudança é a ideia chave. Este mesmo autor continua seu raciocínio ao dizer que a maioria das operações precisa estar em condições de mudar para satisfazer às exigências de seus consumidores.

Isatto et al. (2000) expõem que a aplicação deste princípio é obtida utilizando-se mão-de-obra polivalente, que consegue se adaptar a mudanças e também com a customização de produtos o mais tarde possível. Um exemplo clássico, segundo este autor, é o adiamento da execução das divisórias internas de gesso acartonado em apartamentos, sendo que assim há um aumento da flexibilidade do produto, sem comprometer o sistema de produção, ou o planejamento em si.

Neste contexto, a produção deve ser suficientemente flexível para minorar os efeitos das incertezas. Koskela (1992) apontou algumas formas de se aumentar a flexibilidade do ambiente produtivo:

- Minimizar o tamanho dos lotes, aproximando-os da sua demanda;
- Reduzir o tempo de preparação e troca de ferramentas e equipamentos;
- Desenvolver o processo de forma a possibilitar a adequação do produto aos requisitos do cliente o mais tarde possível;
- Utilizar equipes de produção polivalentes.

Vimos a importância da mão-de-obra polivalente como uma das formas de se implantar este princípio. Além deste, vimos mais acima que esta mesma mão-de-obra é importante para a simplificação do processo produtivo. Embora à primeira vista o aumento da

flexibilidade pareça contraditório com a simplificação, muitas empresas têm sido bem-sucedidas na aplicação dos dois princípios simultaneamente (STALK e HOUT, 1990 apud KOSKELA, 1992).

3.3.2.7 Aumento de transparência

De acordo com esse princípio, pode-se diminuir a possibilidade de ocorrência de erros na produção conferindo-se maior transparência aos processos produtivos. Isso ocorre porque, à medida que o princípio é utilizado, pode-se identificar problemas mais facilmente durante a execução dos serviços. A identificação desses problemas é facilitada, normalmente, pela disposição dos meios físicos, de dispositivos e indicadores, que podem contribuir para uma melhor disponibilização da informação nos locais de trabalho. Pouca transparência no processo incrementa propensão ao erro e diminui a motivação para melhorias (KOSKELA, 1992). Galsworth (1997, apud BERNARDES, 2003) disse que a falta de transparência na disponibilização de informações nos locais de trabalho é considerada um dos fatores que contribuem para a existência de atividades que não agregam valor ao produto.

Isatto et al. (2000) propõem algumas formas de aumentar a transparência no processo:

- Remoção de obstáculos visuais, tais como divisórias e tapumes;
- Utilização de dispositivos visuais, tais como cartazes, sinalização e demarcação de áreas;
- Emprego de indicadores de desempenho, que tornam visíveis os atributos do processo;
- Aplicação de programa de melhorias da organização e limpeza da obra, como o programa dos 5S (Seiri, Seiton, Seisou, Seiketsu, Shitsuke).

3.3.2.8 Foco no controle do processo global

O processo global deve ser controlado e mensurado para que se consiga encontrar a melhoria contínua da organização. O controle convencional da produção focado em etapas ou partes de processo contribui para o surgimento de perdas, já que cada nível gerencial tende a melhorar sua parcela de trabalho, não levando em consideração o processo como um todo (KOSKELA, 1992). Aqui retoma-se uma das críticas feitas por Koskela (1992) ao modelo

tradicional de gestão ao focar apenas as atividades de conversão e os subprocessos, os quais foram chamados de operações conforme Shingo (1996). Focar apenas nos subprocessos perde-se a capacidade de visualizar o empreendimento como um todo, dificultando a gestão e aumentando os custos através de desperdícios.

De acordo com Isatto et al. (2000), esse princípio pode ser aplicado na medida em que haja mudança de postura por parte dos envolvidos da produção no que tange à percepção sistêmica dos problemas.

3.3.2.9 Estabelecimento de melhoria contínua ao processo

Segundo Koskela (1992), os esforços em prol da redução do desperdício e do aumento do valor do produto devem ocorrer de maneira contínua na empresa. Ainda segundo esse autor, o princípio da melhoria contínua pode ser alcançado à medida que os demais vão sendo cumpridos. Neste contexto, a utilização de sugestões provenientes das próprias equipes de produção pode ser uma interessante fonte de ideias. O autor sugeriu o estabelecimento de recompensas para as equipes que demonstrarem a incorporação desse princípio, bem como o monitoramento constante e a definição de ações corretivas para a eliminação dos problemas.

A introdução da melhoria contínua nos processos é fundamentada no trabalho em equipe e gestão participativa, sendo recomendável a utilização de várias ferramentas de qualidade que oferecem apoio na obtenção de melhorias, tais como indicadores de desempenho, fluxograma, listas de verificação e diagrama de Pareto, o que permite mapear o processo e propor alternativas. Este princípio é componente fundamental de ambas as filosofias do sistema Toyota: *Just-in-Time* e Gestão da Qualidade Total (ISATTO et al. 2000).

3.3.2.10 Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões

As melhorias das conversões e dos fluxos estão intimamente ligadas, sendo que em geral as melhorias nos fluxos requerem menos investimentos, e as melhorias de conversão normalmente estão relacionadas à tecnologia utilizada no processo (KOSKELA, 1992).

Dentro de cada processo, é necessário que exista um equilíbrio entre essas melhorias, visto que a introdução de novas tecnologias nas atividades de conversão tende a reduzir a variabilidade, o que melhora os fluxos, assim como fluxos bem gerenciados facilitam a implantação de novas tecnologias (ISATTO et al., 2000).

Isatto et al. (2000) também exemplificam para o caso da construção civil, a melhoria do desempenho no processo de execução de sistemas de vedação vertical, em que a alvenaria de blocos cerâmicos requer um esforço de eliminação de perdas nas atividades de transporte, inspeção e estoques (fluxo). Quando este processo atinge elevados níveis de racionalização, busca-se introduzir uma inovação tecnológica nas atividades de conversão, como por exemplo, utilização de divisórias leves ou painéis pré-moldados. Feito isto, passa a ser necessário novamente buscar aperfeiçoar este processo através da melhoria contínua, visando melhorar o desempenho das atividades de fluxo.

3.3.2.11 *Benchmarking*

Segundo Isatto et al. (2000), *benchmarking* consiste em um processo de aprendizado a partir das práticas adotadas em outras empresas, tipicamente consideradas líderes num determinado segmento ou aspecto específico da produção. Dessa forma, segundo esse princípio, deve-se procurar analisar e buscar desenvolver os processos levando em conta as melhores práticas existentes no mercado.

De maneira geral, para aplicar o *benchmarking* deve-se conhecer os processos próprios das empresas que serão analisadas, identificar as boas práticas, entender e estudar os princípios existentes por detrás destas boas práticas, e por último adaptar as boas práticas à realidade da empresa que se deseja melhorar (GRENHO, 2009).

Nota-se que o surgimento do Sistema Toyota de Produção se deu por meio de um *Benchmarking* realizado inicialmente com a Ford, tendo como alvo seu sistema de produção em massa. Fazer *benchmarking* não significa necessariamente copiar e incorporar as boas práticas de empresas concorrentes. A essência desse princípio é fazer adaptações destas boas práticas à realidade em que se encontra a empresa, a não ser que as duas empresas estejam compartilhando de realidades iguais, o que é muito raro devido a cultura organizacional que se sobrepõe a cada uma.

O Quadro 1, abaixo, mostra como Koskela (1992) adaptou os princípios do *Lean Thinking* para sumarizar os onze princípios da *Lean Construction* agora pouco apresentados.

Quadro 1 - Comparação entre os princípios Lean Thinking e Lean Construction

Princípios do <i>Lean Thinking</i> de Womack e Jones	Princípios <i>Lean Construction</i> de Koskela
Valor	Aumento do valor do produto através de uma consideração dos requisitos dos clientes
	Redução do tempo de ciclo (<i>Lead time</i>)
Cadeia de Valor	Redução da parcela de atividades que não agregam valor
	Simplificação pela minimização do número de passos e partes
	Foco no controle do processo global
	Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões
Fluxo	Redução das variabilidades
	Aumento de transparência
Produção Puxada	Aumento da flexibilidade na execução do produto
Perfeição	Estabelecimento de melhoria contínua ao processo
	<i>Benchmarking</i>

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2009) apud Nunes (2010)

A implementação da *Lean Production* na construção civil não tem o objetivo de transformar esta numa produção do tipo manufatureira, ou seja, não se exige que se padronize os produtos ou se utilize explicitamente as ferramentas *lean* desenhadas para a manufatura. A implementação *lean* implica a adoção da perspectiva da construção como “sistema de produção enquanto projeto” (BALLARD e HOWELL, 1998).

3.4 FERRAMENTAS DO *LEAN THINKING* MAIS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Nesta etapa do trabalho serão abordadas as ferramentas do pensamento enxuto mais utilizadas na construção civil. Estas ferramentas podem ser consideradas a forma de adequação e implementação do *lean thinking* ao setor, aproximando-o cada vez mais aos procedimentos seguidos pelo Sistema Toyota de Produção. Devido a impossibilidade de abordar todas as ferramentas utilizadas na construção civil, optou-se por fazer uma breve discussão a respeito daquelas essenciais a um ambiente *lean*.

3.4.1 Kanban

O Kanban é uma ferramenta que se relaciona diretamente ao pilar *Just-in-Time* do Sistema Toyota de Produção, sendo por esta razão considerado a ferramenta que operacionaliza o *Just-in-Time* dentro da produção (OHNO, 1997). Nada mais é que um cartão de sinalização que informa aos trabalhadores o que e quanto produzir, além de informar para onde devem ser

levadas as matérias primas ou os produtos acabados. Assim, os cartões Kanban controlam os bens produzidos evitando superproduções e geração de estoques finais e intermediários, dando a produção uma configuração de um sistema de produção puxada (SHINGO, 1996), em que só é disposto em Kanban's o que e quanto produzir de acordo com as necessidades dos clientes.

Nos canteiros de obras o Kanban não é utilizado de forma coerente com a sua definição e utilização dentro do STP, porém, não fugindo da essência que a ferramenta busca atingir. O grande diferencial é que o Kanban na construção civil gera um estoque mínimo nas frentes de trabalho, contrariando a filosofia *Just-in-Time* (GRENHO, 2009).

Para se utilizar os cartões Kanban, é necessário atender a alguns requisitos. Os principais são que a obra deve ser dividida em pequenos lotes, ter caráter repetitivo e de fluxo contínuo, além de atender ao sistema de produção balanceada.

Os cartões são dispostos em quadros Kanban's espalhados pela obra em cada frente de serviço. Na construção civil são mais utilizados dois tipos de Kanban's:

- Kanban de Retirada: Também chamado de Kanban de movimentação ou transporte. Especifica a quantidade de material que um processo deve retirar do supermercado (almoxarifado) ou do processo anterior a ele para executar a atividade que lhe cabe.
- Kanban de Produção: Autoriza o início do processo subsequente após a conclusão total ou parcial de uma atividade, dependendo do tipo de serviço que se esteja realizando.

Os fluxos e a disposição desses tipos de Kanban's serão melhores entendidos quando se aplicar estes conceitos no estudo de caso mais adiante ao elaborarmos o Mapeamento do Fluxo de Valor da obra.

3.4.2 Kaizen

Traduzido do japonês, Kaizen significa “Melhoria Contínua” e está relacionado diretamente ao princípio Perfeição do *lean thinking*. Este conceito baseia-se no fato de que nada está bom, apenas ficou melhor.

A partir da melhoria contínua, o kaizen foca na identificação das perdas para que as mesmas não venham a ocorrer de novo quando a mesma atividade for repetida dentro de um ciclo produtivo. O principal lema do Kaizen é: “Hoje melhor do que ontem e amanhã melhor

do que hoje” (IMAI, 1994, p.20), ou seja, não se deve passar nem um dia sequer sem que alguma mudança seja feita.

Algumas ações dentro do canteiro de obras podem ser relacionadas ao processo de melhoria contínua, como promover *brainstorms*, reuniões, dispor caixas de sugestões, etc.

3.4.3 5S – Cinco S

A ferramenta 5S está relacionada a uma mudança de postura dos funcionários para que eles promovam o aperfeiçoamento dos ambientes de trabalho. Através desta ferramenta, os ambientes de trabalho tornam-se locais organizados, disciplinados, agradáveis, limpos e seguros, para que todos se sintam melhor dentro de sua função naquele ambiente elevando assim sua capacidade produtiva.

Womack e Jones (2003) explicam as cinco palavras iniciadas pela letra “S” como:

- *Seiri* (senso de utilização): Apenas o que é necessário para a realização de uma atividade em um determinado espaço deve ser mantido no ambiente de trabalho, reduzindo assim a quantidade de materiais e obstáculos no canteiro de obras. Consiste em separar o útil do inútil eliminando o desnecessário.
- *Seiton* (senso de organização): Deve ser feita a organização do que restou da aplicação do *seiri* para que qualquer pessoa possa localizar o que deseja facilmente. Este senso se relaciona com a minimização do tempo de procura dos objetos necessários para a execução de uma tarefa. Consiste em ter um lugar específico para cada objeto com as localizações claramente identificadas. A acessibilidade deve ser escolhida em função da frequência da utilização.
- *Seiso* (senso de limpeza): Consiste em manter o ambiente de trabalho sempre limpo, seja o ambiente de trabalho em si, as ferramentas e os equipamentos. O importante é eliminar as causas da sujeira e aprender a não sujar. Um ambiente limpo traduz para os clientes qualidade e segurança da empresa.
- *Seiketsu* (senso de padronização): Padronizar os sentidos anteriores em instruções escritas e repassá-las aos funcionários, com o objetivo de manter a ordem e a limpeza no ambiente.
- *Shitsuke* (senso de auto-disciplina): Transformar os quatro sentidos anteriores em hábitos, fazendo deles um modo de vida a ser seguido dentro da organização, não permitindo o regresso das antigas atitudes. Através de treino, empenho e disciplina

dos indivíduos, os 5S's começam a fazer parte da cultura organizacional das empresas.

3.4.4 Cinco vezes Porquê

Conforme o trabalho de Ohno (1997), na ocorrência de algum problema pertinente à produção, deve-se repetir cinco vezes porquê até identificar a raiz do problema.

O próprio Ohno (1997) exemplificou o uso desta ferramenta na seguinte situação: suponha que uma máquina parou de funcionar:

1. Por que a máquina parou? Porque houve uma sobrecarga e o fusível queimou.
2. Por que houve uma sobrecarga? Porque o equipamento não estava suficientemente lubrificado.
3. Por que não estava suficientemente lubrificado? Porque a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente.
4. Por que a bomba não estava bombeando suficientemente? Porque o eixo da bomba estava gasto e solto.
5. Por que o eixo estava gasto e solto? Porque não havia o anel o'ring acoplado, facilitando a entrada de limas.

Se os porquês não fossem repetidos continuamente, provavelmente só se trocaria o fusível da máquina e brevemente o mesmo problema voltaria a ocorrer. Deve-se atentar que cada caso é um caso, e por conta disto pode não ser preciso repetir porquê cinco vezes para se desvendar a raiz de um problema. Esta expressão é uma metáfora para simbolizar o quão importante é repetir continuamente o porquê até que se encontre a solução para o problema, independentemente se forem necessárias vinte perguntas ou apenas uma. A meta desta ferramenta é encontrar a solução para que o evento não se repita.

3.4.5 Relatório A3

O relatório A3 é assim chamado simplesmente por ser elaborado em um papel tamanho A3, mas dentro de uma organização *lean*, um A3 tem um significado muito maior que este. Diante de algum problema, líderes e funcionários por meio do diálogo e análises, vão esboçando o relatório durante as reuniões. Primeiramente é identificada a situação atual da organização, a natureza do problema, as contramedidas possíveis para vencer o problema, a

análise da melhor contramedida escolhida pelos participantes, e como colocá-la em prática para que o problema seja efetivamente solucionado. O A3 facilita a coesão e o alinhamento interno da organização em relação ao melhor custo de ação (RIBEIRO, 2012).

3.4.6 Gestão à Vista

A gestão à vista é uma forma de comunicação que pode ser observada por qualquer funcionário locado em uma determinada área da empresa, ou qualquer um que esteja de passagem por esta área. Esta comunicação deve estar disponível em linguagem acessível para que todos possam compreendê-la (MELLO, 2008 apud PACKER e SUSKI, [2010?]).

A comunicação mencionada refere-se à disponibilização de procedimentos de trabalho, calendarização das atividades, desenhos de projetos, gráficos de rendimento, entre outros, com o objetivo de permitir aos funcionários uma noção do ponto em que se encontram, se estão cumprindo o planejado ou se há necessidade de maior rapidez nos processos (GRENHO, 2009).

De acordo com Packer e Suski ([2010?]), a gestão à vista garante a participação maior do grupo de trabalho, satisfação pessoal do funcionário por um reconhecimento da alta administração, aumento da produtividade, comprometimento da equipe, entre outros. A gestão visual se configura como uma ferramenta de longo prazo de apoio a filosofia *lean*. É importante ressaltar que ela deve ser utilizada apenas para melhorar ou manter o desempenho das equipes, e nunca como um meio de “exibição” (GRENHO, 2009).

3.5 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP) COMO FERRAMENTA DE IMPLANTAÇÃO DA *LEAN CONSTRUCTION*

Nos itens anteriores foi apresentada a diferença conceitual entre a *lean construction* e o modelo de gestão tradicional, também denominado planejamento e controle da produção (PCP). Agora será abordado algumas das demais diferenças entre os dois modelos de gestão, tais como as técnicas utilizadas e as melhorias na aplicação destas técnicas segundo a gestão *lean*. Também se abordará as formas que as dimensões e algumas etapas do PCP podem auxiliar na implantação dos princípios da *lean construction* no ambiente produtivo. Estas abordagens serão destacadas ao longo de toda descrição da estrutura do PCP.

3.5.1 Definição

A definição mais antiga encontrada na literatura é a de Ackoff (1976 apud BERNARDES, 2003), que diz que o planejamento pode ser considerado a definição de um futuro desejado e de meios eficazes de alcançá-lo. De acordo com essa definição, verifica-se que a tomada de decisão está intrinsecamente relacionada com o planejamento, pois é através do processo decisório que as metas estabelecidas nos planos podem ser cumpridas.

Laufer e Tucker (1987) apresentam uma definição semelhante, a qual o planejamento é considerado um processo de tomada de decisão realizado para antecipar uma ação futura desejada, utilizando para isso meios eficazes para concretizá-las. Na prática, o planejamento deve definir quatro quesitos:

- O que fazer – atividades;
- Como realizar – métodos;
- Quem irá executar – recursos;
- Quando realizar – cronograma.

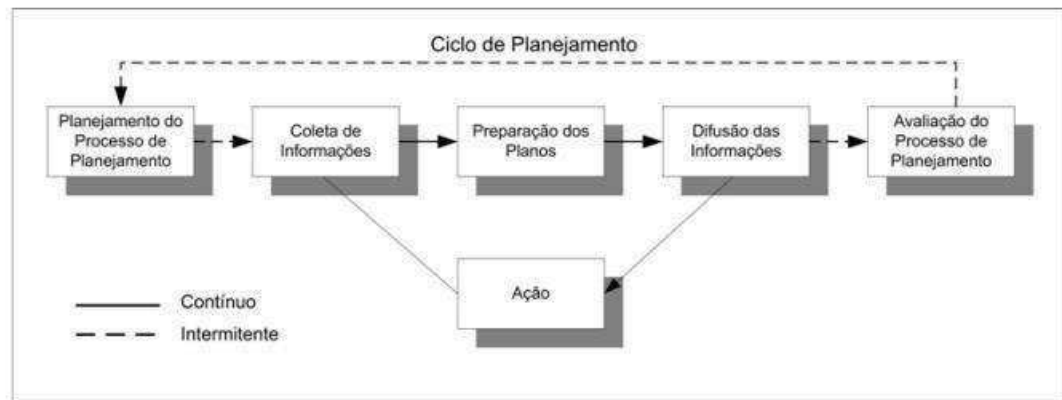
Esses quatro quesitos são explicitados abaixo em duas dimensões de planejamento propostas por Laufer e Tucker (1987): a dimensão horizontal e a dimensão vertical.

3.5.2 Dimensão horizontal

A dimensão horizontal do planejamento refere-se às etapas pelas quais o processo de planejamento e controle é realizado. Laufer e Tucker (1987) salientam que a dimensão horizontal envolve cinco etapas:

- a) Planejamento do processo de planejamento;
- b) Coleta de informações;
- c) Preparação dos planos;
- d) Difusão da informação;
- e) Avaliação do processo de planejamento.

Figura 6 - Cinco fases do processo de planejamento



Fonte: Laufer e Tucker (1987)

Como observado na Figura 6, a primeira e a última etapa são intermitentes, ocorrendo apenas em ocasiões específicas dentro da empresa. As etapas intermediárias formam um ciclo contínuo ao longo do processo de produção, envolvendo ciclos de revisão das ações a serem realizadas (BERNARDES, 2003). O que acontece na prática é que a primeira e a última são praticamente inexistentes, e as restantes são desenvolvidas de forma deficiente (LAUFER e TUCKER, 1987).

Percebe-se ainda que existe um ciclo de replanejamento que se inicia na coleta de informações. As informações coletadas são processadas na preparação dos planos e difundidas para as entidades que delas necessitam. A partir destes três passos são geradas as ações com o propósito de pôr em prática as metas fixadas. Durante a ação são identificados possíveis desvios nos planos e suas causas. Estas informações são colhidas e então tem-se o ciclo reiniciado

A seguir, será apresentada cada uma das etapas do modelo do PCP em sua dimensão horizontal, e como algumas podem contribuir para a implantação dos princípios da *lean construction*.

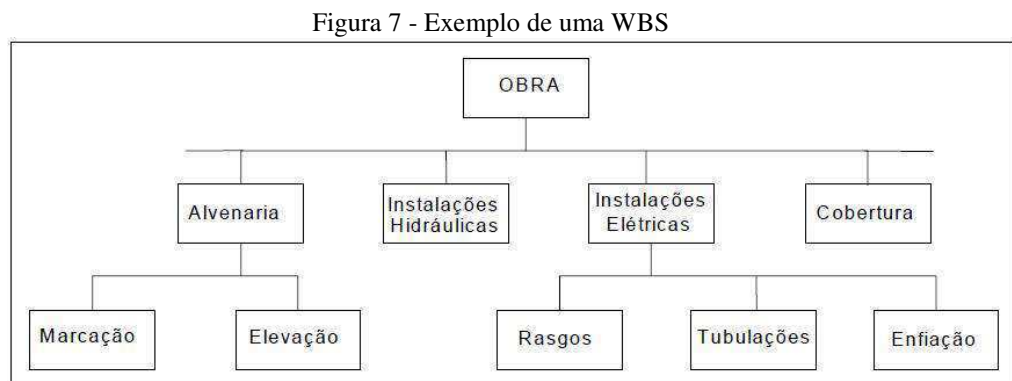
3.5.2.1 Planejamento do processo de planejamento

Nessa primeira etapa, são tomadas decisões relativas ao horizonte e ao nível de detalhes do planejamento, da frequência de replanejamento e do grau de controle a ser efetuado (BERNARDES, 2003). Laufer e Tucker (1988) denominam horizonte de planejamento o intervalo de tempo entre a preparação do plano e a realização da ação inerente às metas fixadas naquele plano. Em seguida são analisadas as características da obra e a forma pela qual a mesma será planejada, procedendo-se a escolha dos níveis de planejamento (BERNARDES, 2003).

Uma técnica bastante utilizada nesta etapa é a ferramenta WBS – *Work Breakdown Structure*, chamada por Limmer (1997, apud BERNARDES, 2003) de “Estrutura Analítica de

Projeto – EAP”. Esta ferramenta estabelece uma vinculação padronizada de forma hierarquizada das metas dos vários planos adotados para o planejamento da obra. Assumpção (1996 apud BERNARDES, 2003) define WBS como uma estrutura de decomposição da obra em subsistemas, estabelecendo hierarquias entre as atividades que são decompostas.

Cada empresa pode definir critérios para a segmentação do trabalho em atividades e em zonas de trabalho, os quais dependem do tipo de obra a ser executada (por exemplo, incorporações, obras industriais, reformas), da natureza do trabalho das equipes envolvidas, bem como do grau de controle que a empresa pretende imprimir à produção. A partir destes critérios pode ser definida a Estrutura de Divisão do Trabalho (WBS) para cada obra individualmente ou padronizada para um conjunto de obras da empresa, caso as mesmas sejam semelhantes (FORMOSO, 2001). Um exemplo de padrão de segmentação do trabalho em atividades é apresentado na Figura 7.



Fonte: Formoso (2001)

A primeira crítica desta ferramenta em relação aos conceitos da *lean construction* é que a forma pela qual ela é normalmente elaborada (divisão hierárquica dos processos) faz com que esteja em consonância com o modelo de conversão já abordado. A utilização dos critérios de segmentação, tradicionalmente empregados nos processos de planejamento e orçamento, acaba dificultando a explicitação dos fluxos, bem como das atividades que não agregam valor (BERNARDES, 2003).

Já o lado bom desta ferramenta é que ela pode ajudar na implementação do princípio *Lean* visto no item 3.3.2.5, “Simplificação pela minimização do número de passos e partes”. Bernardes (2003) salienta que a simplificação dos processos pode ser alcançada com mais eficácia se durante esta fase se conseguir estabelecer o desenvolvimento da produção em zonas de trabalho similares. Essa decisão pode garantir uma certa repetitividade ao processo, facilitando a identificação de possíveis áreas para simplificação.

3.5.2.2 Coleta de informações

Nesta etapa ocorre a coleta das informações necessárias para se realizar o planejamento. Geralmente são colhidas informações técnicas como as plantas, especificações técnicas, contratos, índices de produtividade de trabalho, equipamentos a serem utilizados, etc. Além destas existem as informações locais e ambientais, como as condições em que se encontra o local onde será construído o canteiro de obras além das condições ambientais da região. Existem também as informações relativas ao nível gerencial, como a viabilidade da terceirização ou não de algumas atividades e o estabelecimento de metas por parte da diretoria (LAUFER e TUCKER, 1987).

Segundo Laufer e Tucker (1987), o objetivo desta etapa é reduzir as incertezas através de uma abordagem na qual se deve procurar inicialmente selecionar as informações necessárias à execução do processo produtivo de forma sistêmica. Porém, segundo os mesmos autores, a maior deficiência dessa fase na prática, é o fato de que a incerteza normalmente não é considerada na elaboração dos planejamentos convencionais.

O princípio da *lean construction* “Aumento do valor do produto” embora não esteja vinculado diretamente ao processo de planejamento, verifica-se que a implementação do mesmo pode ocorrer nesta etapa de coleta de informações (BERNARDES, 2003). Anteriormente quando se abordou este princípio, foi explicada a importância dos requisitos dos clientes (interno e externo) antes da execução de uma atividade, para que assim se pudesse adicionar mais valor ao produto. Logo, só se obtém estes requisitos através da coleta de informações.

Por sua vez, o princípio “Aumento da flexibilidade na execução do produto” também consegue ser implantando nesta etapa. A coleta de informações sobre possíveis alterações de projeto por parte dos clientes pode garantir uma certa flexibilidade à produção, uma vez que a mudança acaba ocorrendo de maneira planejada (BERNARDES, 2003).

3.5.2.3 Preparação dos planos

Esta terceira etapa é a que mais recebe atenção por parte dos responsáveis pelo planejamento da empresa. Nesta etapa são utilizadas as técnicas de rede CPM/PERT (*critical path method / program evaluation and review technique*) e a Linha de Balanço (BERNARDES, 2003).

Estas técnicas foram criticadas dentro da indústria da construção civil, não sendo, portanto, aconselháveis a ser utilizadas como as únicas ferramentas de planejamento. Birrel (1980, apud BERNARDES, 2003) ressaltou que o CPM foi criado para empreendimentos do governo americano que visavam apenas o cumprimento dos prazos, e não a melhora na eficiência da utilização dos recursos. A indústria da construção civil trabalha justamente com a restrição de recursos, com a eficiência da sua utilização, causando choque na finalidade a qual foi concebida a técnica CPM. Laufer e Tucker (1987) concluíram dizendo que enquanto não houverem técnicas mais adequadas para a preparação dos planos, as redes CPM/PERT devem continuar a ser usadas.

Este impasse entre aceitar a técnica e ao mesmo tempo ser cauteloso quanto a sua confiabilidade surgiu diante de análises feitas por autores do segmento, os quais apontaram vantagens e desvantagens das técnicas de redes. Entre as vantagens, as mais abrangentes são:

- Ajuda a determinar a lógica com a qual o empreendimento será construído (HEINECK, 1984 apud BERNARDES, 2003);
- Permite a visualização dos serviços que se desviaram do programa inicial e suas influências nas demais etapas da obra (MAZIERO, 1990 apud BERNARDES, 2003).

Por sua vez, as desvantagens mais abrangentes são:

- Incompatibilidade com o processo construtivo, visto que a técnica é aplicável a processos que envolvam montagem de componentes, exigindo, portanto, um sequenciamento bem detalhado das operações envolvidas (FORMOSO, 2001);
- Dificuldade de se explicitar as atividades de fluxos (KOSKELA, 1992).

Por fim, a técnica Linha de Balanço é destinada para empreendimentos com características repetitivas, como prédios altos ou conjuntos habitacionais. Logo, a Linha de Balanço procurar explicitar os ritmos de produção e os fluxos de trabalho, conferindo assim maior visibilidade ao processo, sendo por esta razão a técnica que está mais diretamente relacionada com os conceitos básicos da *lean construction* (BERNARDES, 2003). Embora seja muito eficiente, a Linha de Balanço deve ser utilizada com cautela, pois existe uma deficiência que deve ser levada em consideração. Esta deficiência está no fato que ela explicita o fluxo da mão-de-obra, mas não analisa o fluxo de materiais (TOMMELEIN, 1998 apud BERNARDES, 2003).

Percebe-se que ambas as técnicas possuem deficiências em explicitar os fluxos. Embora a Linha de Balanço mostre os fluxos de mão-de-obra, ela não se torna totalmente

eficiente por não mostrar os fluxos de materiais, que são muito importantes dentro da construção civil.

Uma forma de contornar estes impasses foi apresentada por Ballard e Howell (1996) quando propuseram a ligação desta etapa da dimensão horizontal com os níveis da dimensão vertical. Segundo estes autores, os planos devem ser distribuídos entre os diferentes níveis da dimensão vertical do planejamento, e serem montados em partes pelos níveis gerenciais da empresa respectivos aos níveis da dimensão vertical. Cada nível gerencial possui uma função específica dentro do processo, sobretudo aquele que analisa a alocação de recursos no canteiro, compensando então a deficiência apresentada agora pouco das técnicas de redes e Linha de Balanço. Uma discussão mais aprofundada dos níveis de planejamento da dimensão vertical será apresentada posteriormente.

3.5.2.4 Difusão de informações

Laufer e Tucker (1987) mostraram a forma que as informações devem ser difundidas no ambiente produtivo. A informação deve ser preparada de acordo com as necessidades das pessoas que irão utilizá-la, e o responsável pela difusão de determinada informação deve identificar aquelas que são pertinentes em seus processos decisórios.

Através da difusão de informações da maneira que foi anteriormente apresentada, é possível ter melhorias no ambiente produtivo. O princípio “Aumento de Transparência” pode ser implantado nesta etapa através da difusão de plantas ou esboços durante a discussão de metas, aumentando-se a transparência durante o processo de planejamento e controle da produção.

As informações bem difundidas tornam o processo mais transparente, o que facilita a compreensão de todo processo produtivo por parte das equipes. Através do diálogo, os funcionários envolvidos podem identificar meios alternativos para o desenvolvimento do planejamento ou da produção em si, e ainda alertar os demais participantes sobre dificuldades encontradas na execução de suas atividades. Na medida em que os funcionários têm acesso às informações necessárias ao desenvolvimento de suas tarefas, suas atividades são executadas de maneira mais eficiente (GREIF, 1992 apud BERNARDES, 2003).

3.5.2.5 Ação

Conforme anteriormente mencionado, a etapa “ação” faz parte de um ciclo de replanejamento existente dentro do sistema de fases do PCP. Ela é resultado da coleta, processamento e difusão de informações no ambiente produtivo, gerando, por conseguinte, novas informações para realimentar o sistema, atualizar os planos e preparar relatórios de desempenho da produção (FORMOSO, 1991).

Muitas situações inesperadas ocorrem depois que o plano do empreendimento está preparado e quando o mesmo já se encontra em fase de execução. Para lidar com essas situações, o gerente da obra deve desenvolver as funções de controle e monitoramento simultaneamente (LAUFER e TUCKER, 1997). Ghinato (1996) e Shingo (1996) nos fornecem a definição e a diferença entre controle e monitoramento: Enquanto o controle pode ser encarado como um processo de supervisão exercido pela chefia sobre os trabalhadores, verificando o resultado das atividades considerando os padrões, o monitoramento apenas compara o executado com o planejando, e determina as causas fundamentais da ocorrência das falhas. Sendo assim, o controle inclui ações corretivas em tempo real nos postos de trabalho, enquanto o monitoramento trabalha com ações corretivas apenas ao final do processo.

As funções controle e monitoramento são necessárias para que o gerente se atente aos riscos existentes na produção. Os riscos propostos por Laufer e Tucker (1987) são analisados na etapa de planejamento para eliminar as incertezas ou minimizar seus efeitos nocivos. Tais riscos são:

- Risco conceitual: resultado de uma formulação imperfeita de um problema;
- Risco administrativo: resultado de uma falha da administração ao implementar a solução de algum problema;
- Risco ambiental: resultado de uma mudança ambiental não prevista, podendo ocasionar desvios até mesmo em planos bem formulados.

3.5.2.6 Avaliação do processo de planejamento

Nesta última etapa ocorre a avaliação de todo o processo de planejamento. Esta avaliação deve ocorrer ao término da construção ou então durante a execução, caso haja mudanças substanciais decorrentes de situações inesperadas que venham a impactar diretamente nas metas estabelecidas (LAUFER e TUCKER, 1987).

Esta etapa possibilita a aplicação do princípio “Estabelecimento de Melhoria Contínua”. As avaliações do processo de planejamento são importantes para detectar as causas dos desvios existentes nos planos. Segundo Santos (1999), a identificação destas causas dos problemas de produção é importante para a garantia do uso eficiente dos recursos disponíveis e a consequente melhoria contínua. Bernardes (2003) sugere a utilização de indicadores globais durante a execução da obra como forma de ajudar na análise desta fase. Um exemplo sugerido por este autor foi fazer uma comparação entre os custos orçados e os custos reais através de relatórios de controle operacionais. Entretanto, é importante que as ações identificadas como soluções para a correção dos desvios existentes nos planos sejam, de fato, implementadas.

3.5.3 Dimensão vertical

Verificou-se na dimensão horizontal as 5 etapas pelas quais o processo de planejamento e controle é realizado. A forma como estas etapas estão vinculadas entre os níveis gerenciais da empresa compõe a dimensão vertical do PCP. Devido às incertezas presentes no processo construtivo, o planejamento não pode ser montado apenas por um nível gerencial, ele deve ser separado e entregue a cada um dos níveis os quais serão responsáveis por adicionar as informações de acordo com os objetivos finais de cada um. A quantidade de informações, ou melhor, o grau de detalhes, deve variar de acordo com o horizonte do planejamento, crescendo com a proximidade dos níveis mais envolvidos com a execução da produção (LAUFER e TUCKER, 1988).

Os níveis convencionalmente adotados nesta dimensão são os seguintes: estratégico (ou de longo prazo), tático (ou de médio prazo) e operacional (ou de curto prazo):

- Planejamento Estratégico: São definidos o escopo e as metas do empreendimento a serem alcançadas em determinado intervalo de tempo (SHAPIRA e LAUFER; apud BERNARDES, 2003). Deve envolver o estabelecimento de estratégias para atingir os objetivos do empreendimento, como por exemplo, a definição do prazo da obra, as fontes de financiamento, as parcerias, etc (NEALE e NEALE, 1986 apud FORMOSO, 1991). Segundo Assumpção (1996, apud VILLAS-BÔAS, 2004), esses planos são gerados no início do ciclo do empreendimento e estão ligados à concepção de alternativas que viabilizem a produção, servindo como diretrizes para os demais níveis de planejamento;

- Planejamento Tático: As principais definições estão relacionadas à seleção e aquisição de recursos que são necessários para atingir os objetivos do empreendimento, bem como a elaboração de um plano geral para a utilização destes recursos (NEALE e NEALE, 1986 apud FORMOSO, 1991). As definições que devem ser tomadas neste planejamento são: 1) datas de início e término das principais etapas do empreendimento, 2) sequência e trajetórias de execução, 3) e aspectos relacionados ao fornecimento de materiais e mão-de-obra para realizar os serviços (ASSUMPÇÃO, 1996 apud VILLAS-BÔAS, 2004);
- Nível Operacional: Este nível está relacionado à definição detalhada das atividades que serão realizadas, seus recursos e o momento da execução (NEALE e NEALE, 1986 apud FORMOSO, 1991).

Segundo Elion (1971, apud LAUFER e TUCKER, 1987), o planejamento estratégico, tático e operacional definem respectivamente:

- Escopo e metas;
- Recursos e restrições;
- Ações a serem realizadas.

Figura 8 - Pirâmide Organizacional, níveis de decisão e tipos de planejamento



Fonte: Oliveira (2004)

Laufer e Tucker (1987) foram os que sugeriram a divisão do processo em níveis hierárquicos, cada qual com seu objetivo durante a preparação e execução do planejamento. A alta gerência, por exemplo, está envolvida em alcançar os objetivos do empreendimento, tais como qualidade, custo e prazo. A média gerência é mais envolvida na seleção de recursos, enquanto o nível operacional assessora a média gerência no desenvolvimento e seleção de soluções.

Mesmo sabendo que o objetivo deste item 3.5.3 é apresentar como a dimensão vertical pode ajudar na implantação dos princípios da *lean construction*, não se entrará em mais

detalhes a respeito desta dimensão com base no PCP tradicional. Em vez disso, a dimensão vertical será apresentada no próximo tópico, 3.6, sob a ótica de um modelo PCP melhorado que surgiu por volta dos anos 1990, sendo este novo modelo fortemente baseado na filosofia *lean construction*.

Ao modelo melhorado foi incorporada a ideia da hierarquização do planejamento (LAUFER e TUCKER, 1987) e incluída a visão dos fluxos de trabalho (SANTOS, 1999), além de sanar uma das maiores deficiências apontadas por Laufer e Tucker (1987) que era falta de integração entre os níveis hierárquicos do planejamento. Esta nova forma de gerir a produção surgiu baseado em novos conceitos de gestão e em novas necessidades de controle da produção, sendo, portanto, denominada de Sistema *Last Planner* (MOURA, 2008).

3.6 LAST PLANNER SYSTEM (LPS)

Desde o lançamento do trabalho inovador de Laufer e Tucker (1987), as empresas construtoras tentaram aplicar o PCP em suas produções, porém não apresentando os resultados esperados devido deficiências na aplicação do PCP na construção civil (BALLARD e HOWELL, 1988). Uma das razões destas deficiências é devido a indústria da construção civil possuir um ambiente dinâmico e um sistema de produção incerto e variável, tornando-se complicado a elaboração de um planejamento detalhado e confiável com muita antecedência. Sendo assim, decidir qual e quanto trabalho deverá ser feito por uma equipe é apenas uma questão de seguir o cronograma realizado no início do projeto. Como tais decisões são tomadas e como podem ser aprimoradas? Essas perguntas conduziram e incentivaram para uma pesquisa inicial na área de planejamento e controle ao nível da unidade de produção, denominado de “Sistema *Last Planner*” (BALLARD, 2000).

Anteriormente foi mencionado a existência de um oitavo desperdício da produção identificado por Koskela (2004 apud NUNES, 2010) anos após o lançamento do seu primeiro trabalho em 1992. Quando uma atividade se inicia sem que estejam disponíveis todos os *inputs* necessários para a sua conclusão, ocorre uma perda a qual este autor denominou de *making-do*. O combate a este desperdício é praticamente todo realizado através do Sistema *Last Planner*.

Este novo sistema provê um ambiente de produção confiável nos empreendimentos através da redução da variabilidade nas atividades de curto prazo e na melhora nos fluxos de trabalho, tornando-os mais confiáveis (BALLARD, 2000). Desta forma, desde o surgimento

dos conceitos e princípios da *Lean Construction*, o *Last Planner System* é aquele que melhor conseguiu adaptá-los (ARANTES, 2008 apud COSTA, 2014).

3.6.1 Estrutura hierárquica do *Last Planner*

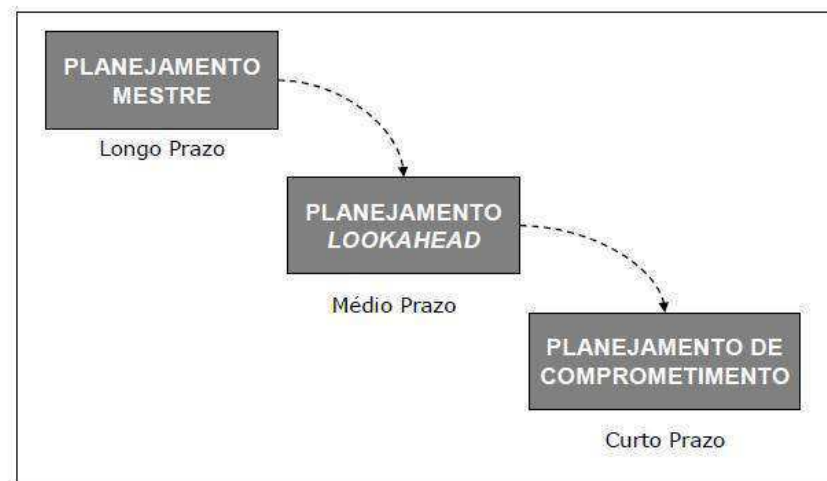
O *Last Planner* incorporou a ideia de Laufer e Tucker (1987) de hierarquizar o processo de planejamento. Como o objetivo maior do sistema é provê um ambiente seguro e confiável, a hierarquização foi incorporada como uma forma de proteger a produção dos efeitos nocivos da incerteza (FORMOSO, 2001). Ghinato (1996) salientou que o planejamento deve ser feito com a contribuição de todos os níveis gerenciais da empresa, de modo que ao fim, as contribuições sejam integradas com o propósito de manter a sincronia entre os níveis.

O *last planner* aborda as operações de planejamento e controle ao nível da unidade de produção, assegurando através de procedimentos e ferramentas, que todos os pré-requisitos condicionantes de uma atividade estejam cumpridos antes que ela se inicie, de forma a permitir que a atividade seja executada sem perturbações e completada de acordo com o planejado (BALLARD, 2000).

Estes procedimentos e ferramentas são responsáveis por garantir uma conexão mais aprimorada entre os níveis hierárquicos do planejamento, consolidando a implantação de um modelo de produção puxada. Os planos são produzidos à medida que são obtidas informações sobre o status do sistema, fornecida por alguém em um nível hierárquico acima. Exemplificando, uma atividade somente é incluída no plano operacional se a mesma for considerada como prioritária nos planos de nível superior e se tiver com todas as restrições removidas. Para fazer parte do nível tático, essa mesma atividade deve primeiramente ter sido programada no plano de longo plano. O nome do sistema é uma alusão a quem, em última instância, define as tarefas a serem executadas no nível operacional ou curto prazo: o último planejador (*last planner*) (MOURA, 2008).

A própria proposta do *last planner* já se configura como uma implantação de um dos princípios da *Lean Construction*, o princípio “Foco no controle de todo o processo”. Segundo Isatto et al. (2000), a integração entre os diferentes níveis de planejamento ocasiona a percepção sistêmica dos problemas. O controle de todo processo possibilita a correção de possíveis desvios que venham a interferir no prazo de entrega da obra (BERNARDES, 2003).

Figura 9 - Níveis Hierárquicos do Last Planner



Fonte: Ballard e Howell, 1998

A divisão dos níveis hierárquicos do sistema *Last Planner* normalmente é em três: Planejamento Mestre (ou de longo prazo), Planejamento *Lookahead* (ou de médio prazo) e o Planejamento de Comprometimento (ou de curto prazo), sendo os dois primeiros de caráter tático e o último de caráter operacional. Para o sistema *Last Planner*, o foco é mais concentrado na sincronia entre o *lookahead* e o planejamento de comprometimento, não sendo por isto motivo de se descartar o planejamento mestre, pois o mesmo tem também seu grau de importância.

Nos próximos parágrafos serão detalhados os três níveis de planejamento do *last planner*, que podem ser aludidos como a implantação da filosofia *lean* na dimensão vertical do planejamento.

3.6.1.1 Planejamento mestre (longo prazo)

O Planejamento Mestre ou plano de longo prazo, consiste no primeiro planejamento a nível tático (FORMOSO, 2001). Nesta etapa é definida a calendarização total do projeto, determinando-se a data de início e fim do empreendimento. Gere-se todo o projeto a um nível elevado da organização, no alto escalão, com base em objetivos globais e restrições que regem o projeto. O grau de detalhes deve ser pequeno devido as incertezas inerentes a esta fase, e também a falta de informações sobre as reais durações e entregas (BALLARD, 1997; GRENHO, 2009; MOURA, 2008).

Nesta etapa são definidas as metas gerais, a estrutura de trabalho (pacotes de trabalho), os ritmos dos principais processos de produção e a estratégia de ataque à obra. Deve

ser programada a entrega de recursos que requerem um longo prazo de aquisição, compra ou aluguel de equipamentos como também a contratação da mão-de-obra (BALLARD, 1997; BERNARDES, 2003). Em seu modelo de planejamento, Formoso (2001) classificou os recursos programados no longo prazo como recursos Classe 1, que compreendem aqueles caracterizados por um longo ciclo de aquisição e pela baixa repetitividade. Exemplos destes são elevadores, guias, equipamentos, etc.

Tendo em vista que nesta etapa são identificadas apenas as atividades e não a forma como elas serão executadas, ou seja, não determinando os fluxos, o planejamento mestre pode ser realizado através da utilização de diferentes técnicas de planejamento e programação tais como: gráfico de Gantt, redes de precedência (CPM/PERT) e linha de balanço (LAUFER e TUCKER, 1987), sendo esta última a mais indicada para a filosofia *Lean* por antecipadamente fornecer os fluxos de trabalho.

Após a elaboração do planejamento mestre, é possível produzir orçamentos e cronogramas gerais da obra. Através do cronograma físico, é possível definir os marcos que se encontram ao longo do projeto, também denominados de *milestones*. Através do orçamento e do cronograma financeiro, é possível projetar os gastos e desembolsos que ocorrerão ao longo do projeto (BALLARD, 1997; MOURA, 2008).

Dependendo da grandeza do empreendimento, pode ser que haja um número elevado de atividades, sendo necessário distribuí-las a vários usuários, tais como, gerência da obra, sub-empresários, projetistas, responsáveis por compras, departamento pessoal, setor financeiro, etc. (FORMOSO, 2001).

3.6.1.2 Planejamento *Lookahead*

O Planejamento *Lookahead* ou plano de médio prazo, constitui-se em um segundo nível de planejamento tático, sendo responsável por fazer a vinculação entre o planejamento mestre (longo prazo) com o planejamento de comprometimento (curto prazo) (FORMOSO, 2001). Nesta etapa, o gestor identifica a partir do planejamento mestre quais tarefas devem ser realizadas em um horizonte de aproximadamente 3 a 12 semanas. São tomadas as providências necessárias para que estas tarefas sejam executadas ou reprogramadas caso não seja possível sua execução (BALLARD, 1997).

Ballard (1997) identificou os propósitos do planejamento *lookahead*:

- Modelar o fluxo de trabalho, na melhor sequência possível, de forma a facilitar o cumprimento dos objetivos do empreendimento;
- Facilitar a identificação da carga de trabalho e dos recursos necessários que atendam ao fluxo de trabalho estabelecido;
- Ajustar os recursos disponíveis ao fluxo de trabalho definido;
- Possibilitar que trabalhos interdependentes possam ser agrupados, de forma que o método de trabalho seja planejado de maneira conjunta;
- Auxiliar na identificação de operações que podem ser executadas de maneira conjunta entre as diferentes equipes de produção;
- Identificar um estoque de pacotes de trabalho que poderão ser executados caso haja algum problema com os pacotes designados às equipes de produção.

Para que estes propósitos sejam cumpridos, devem ser observadas algumas práticas nesta etapa de planejamento. Estas práticas são responsáveis por proteger a produção de incertezas, contribuindo para a elaboração de planos mais confiáveis, configurando-se na proposta principal do sistema *Last Planner*. Alves (2000) elencou estas práticas em seu trabalho como realização de triagens (*screening*), mecanismo de produção puxada (*pulling*), identificação de *buffers* e realização de estudos piloto (*first run studies*).

O processo de triagem constitui-se na escolha das atividades do planejamento mestre para serem incluídas no planejamento *lookahead*. Entretanto, diferente do que se imagina, as atividades que compõe o *lookahead* não são simplesmente pinçadas do planejamento mestre (VILLAS-BÔAS, 2004). São utilizados critérios de decisão para selecionar apenas as tarefas que podem ser realizadas no horizonte de tempo que se pretende trabalhar no *lookahead*, e quais deverão ficar de fora (TOMMELEIN e BALLARD, 1997). Este horizonte de tempo foi exemplificado acima como aproximadamente 3 a 12 semanas, porém tende a ser variável em virtude das características de cada projeto, da confiabilidade do planejamento, e no tempo de demora para aquisição de informações, materiais, mão-de-obra e equipamentos (BALLARD, 2000). A cada semana cumprida, o planejamento mestre sofre novas triagens para que outras atividades ocupem o lugar da semana finalizada, dando ao planejamento *lookahead* um caráter móvel. Esta característica foi responsável por dar nome a este nível: *lookahead planning* (planejamento olhando para frente), caracterizando a forma que planejador deve executar suas funções (BALLARD, 1997).

Um dos objetivos do *lookahead* é atualizar e revisar o planejamento mestre. O processo de triagem configura-se como uma das formas de ligação entre estes dois níveis. A

proporção que as triagens vão sendo realizadas semanalmente, verificam-se os ritmos de produção (datas de início e fim) das atividades do planejamento mestre, e realizam-se as alterações nos ritmos quando forem necessárias. Estas alterações são aplicadas baseando-se no rendimento do *lookahead* e da execução das tarefas ao nível operacional, ocorrendo a retro-alimentação do planejamento a partir de dados colhidos na produção (COELHO, 2003). O objetivo destas revisões e atualizações nos ritmos de produção é para que ocorra o cumprimento das datas marcos (*milestones*), evitando atrasos no cronograma.

O mecanismo de produção puxada (*pulling*) está relacionado com a análise de restrições, sendo este o objetivo principal do planejamento *lookahead*. As restrições constituem-se em tudo aquilo que impede a execução de determinada tarefa, e por esta razão devem ser analisadas e removidas antecipadamente. Geralmente são recursos necessários a execução de uma atividade, como os materiais/equipamentos e a mão-de-obra, mas podem ser também atividades gerenciais, como projetos, contrato, licenças, inspeções, etc (VILLAS-BÔAS, 2004).

À medida que se analisa as restrições de uma atividade, esta passa a puxar (*pulling*) os recursos necessários para sua execução. Por esta razão eles devem antecipadamente ser identificados e quantificados, para que sejam disponibilizados na quantidade certa antes da data prevista da realização da tarefa, evitando assim possíveis atrasos na programação e constrangimentos durante a execução (TOMMELEIN e BALLARD, 1997; ALVES, 2000).

Outra forma de se proteger a produção é através da identificação de pacotes de trabalho reserva, denominados de *buffers*. Segundo Bernardes (2003), não existe uma definição para *buffer* em português no sentido a qual é utilizado. Porém, pode-se considerar a tradução literal que significa “amortecedor”, no sentido de estoque de uma forma geral (estoque de atividades, de capacidade, materiais ou produtos). São atividades reservas ou estoques de matéria-prima cujo principal objetivo é garantir a continuidade de trabalho caso venha a ocorrer algum problema que impeça a execução normal das atividades devidamente planejadas (CHOO et al., 1999 apud BERNARDES, 2003). Os *buffers* permitem que o gestor implante folgas na programação e estabeleça quantidades mínimas de recursos para que determinada atividade seja iniciada (HOWELL e BALLARD, 1997; ALVES, 2000). Dessa forma, ocorre maior proteção e estabilidade da produção, pois mesmo que aconteça falta de recursos ou interrupção de determinada tarefa, a produção não irá parar devido estas “cartas na manga”.

Os *buffers* não podem ser criados de qualquer forma, pois assim se estaria criando um estoque de tarefas desnecessário, fugindo totalmente da filosofia *lean* a qual o *last planner* foi estruturado. Eles devem ser dimensionados de acordo com o grau de incertezas existentes

nos planos (BALLARD e HOWELL, 1997). Em ambientes com muitas incertezas, existem maiores quantidade de *buffers* para proteger a produção de imprevistos, e em ambientes com poucas incertezas, eles podem ser reduzidos (LAUFER e HOWELL, 1993 apud BERNARDES, 2003)

A realização de estudos piloto (*first run studies*) consistem na análise de métodos adequados e eficazes para a produção, além da disposição dos fluxos de trabalho no ambiente produtivo. Antes do início de cada processo, pode ser feito um estudo detalhado da forma como este será realizado. Sugestões e ideias são requisitadas e experiências são conduzidas para se encontrar melhores formas de execução (ALVES, 2000).

Após determinar-se os métodos mais eficientes, o próximo passo é sequenciar os fluxos de trabalho da melhor maneira possível para que não haja possíveis interferências entre as equipes de trabalho ou os recursos que serão por elas utilizados. É importante realizar este processo para que se possa alocar as equipes no tempo e no espaço, a fim de evitar movimentações desnecessárias (COELHO, 2003; MOURA, 2008). Sendo assim, esta prática é importante para analisar; projetar; padronizar métodos de trabalho com o objetivo de diminuir as variações durante a execução; melhorar as condições de segurança das equipes, da qualidade, do tempo e do custo; e ainda garantir uma maior eficiência e previsibilidade na produção (BALLARD e HOWELL, 1997).

Através da análise das práticas abordadas acima, nota-se o potencial do *lookahead* em proteger a produção de incertezas (ALVES, 2000). Percebe-se aqui a implantação dos princípios da *lean construction* referentes a redução de atividades que não agregam valor, a redução do tempo de ciclo e a redução das variabilidades. Embora a redução de variabilidades esteja mais relacionada ao planejamento de comprometimento, é no *lookahead* que é dado o primeiro passo para a implantação deste princípio no processo de planejamento.

Conclui-se que o *lookahead* é responsável por fazer uma análise criteriosa das atividades, levando em conta as práticas mencionadas acima, para em seguida liberá-las em forma de pacotes de trabalho para o planejamento de comprometimento. Desta forma, o *lookahead* funciona como uma barreira que impede a liberação de atividades para o nível operacional que não cumpram certos requisitos (BALLARD e HOWELL, 1998; MOURA, 2008; ALVES, 2000). Ao chegar ao nível operacional (ou plano de comprometimento), é feita outra análise de requisitos para que os pacotes de trabalho se transformem em tarefas (ALVES, 2000). Estes requisitos e outras informações serão discutidas no próximo nível de planejamento: o planejamento de comprometimento.

3.6.1.3 Planejamento de comprometimento

Este nível de planejamento tem o papel de orientar diretamente a execução da obra. Nesta etapa são especificados os meios para se tornar realidade os objetivos estabelecidos no planejamento mestre (BALLARD, 2000). É neste nível que é feita a designação dos pacotes de trabalho às equipes de produção, informando-as onde as tarefas devem ser executadas além de disponibilizar os recursos necessários para sua execução, tais como materiais, ferramentas e equipamentos (TOMMELEIN e BALLARD, 1997). O horizonte de tempo adotado neste nível é quase sempre semanal, raramente sendo diário ou quinzenal.

O nome “planejamento de comprometimento” vem da ideia que o planejador deve estar comprometido em selecionar do *lookahead*, apenas os pacotes de trabalho passíveis de serem executados no período de uma semana. Além disso, deve existir o comprometimento das equipes de produção em cumprir os pacotes de trabalho a elas atribuídas no prazo estabelecido (BALLARD e HOWELL, 1997). Este compromisso é firmado durante as reuniões semanais de curto prazo, sendo um dos objetivos dessas reuniões a definição das atividades que serão designadas para a semana seguinte. Estas reuniões devem contar com a presença dos *last planners* (últimos planejadores), responsáveis pelas equipes de produção e por determinarem, de acordo com a capacidade das equipes, quais tarefas podem ser executadas no horizonte semanal, sempre atentando para as datas-marcos (*milestones*) delimitadas no plano mestre. Os últimos planejadores são geralmente os mestres de obras, encarregados, engenheiros de campo, empreiteiros, etc.

Os pacotes de trabalho de curto prazo também não são simplesmente pinçados dos pacotes de trabalho programados no médio prazo, pois neste nível também existe um processo de triagem, o qual é realizado por meio de cinco critérios de qualidade. Estes critérios são responsáveis por fazer uma segunda análise dos pacotes de trabalho programados no médio prazo para que somente aqueles que podem e tem condições de serem executados sejam liberados para as equipes de produção (BALLARD e HOWELL, 1997). Sendo assim, a proteção da produção no nível de curto prazo pode ser alcançada através da designação somente de tarefas que podem ser executadas e para as quais existe um comprometimento por parte das equipes (ALVES, 2000). Abaixo estão discriminados os critérios de qualidade (BALLARD e HOWELL, 1997):

- Definição: Os pacotes de trabalho devem estar suficientemente especificados para a identificação clara do tipo e quantidade de material a ser utilizado, sendo possível identificar claramente seu término;

- Disponibilidade: Os materiais necessários para a execução das tarefas devem estar disponíveis quando os mesmos forem solicitados;
- Sequenciamento: Os pacotes de trabalho devem ser selecionados observando um sequenciamento necessário para garantir a continuidade dos serviços desenvolvidos por outras equipes de produção;
- Tamanho: O tamanho dos pacotes designados para a semana deve corresponder à capacidade produtiva de cada equipe de produção;
- Aprendizagem: Os pacotes que não foram completados nas semanas anteriores devem ter as causas do atraso analisadas, de forma a se definir as ações corretivas necessárias, assim como identificar os pacotes passíveis de serem atingidos.

O produto final após aplicação destes critérios de qualidade é uma lista de tarefas a serem realizadas no horizonte de curto prazo, portanto, constitui-se como o próprio planejamento de comprometimento. Esta lista de tarefas deve ser distribuída entre as equipes na ordem de prioridade (BALLARD e HOWELL, 1998), sendo estas prioridades geralmente definidas nas reuniões semanais de curto prazo.

Embora à primeira vista pareça ser uma forma segura de proteger a produção contra as incertezas, Koskela (1999) salientou que ainda existe uma variabilidade ou incerteza residual não prevista, e para contorná-la é importante planejar tarefas reservas para cada equipe. Estas tarefas foram anteriormente definidas como *buffers*, e no curto prazo também devem passar pela triagem dos cinco critérios de qualidade, para depois serem incorporadas no planejamento de comprometimento de cada equipe como tarefas reserva. Esta é uma outra forma de se proteger ainda mais a produção contra as incertezas, sejam elas as “más” ou as “boas”, sendo as “boas” o caso quando as equipes excedem as expectativas e podem ficar ociosas.

Após todos esses passos seguidos, as tarefas são por fim executadas na obra pelas equipes de produção. Entretanto, a proteção da produção não se resume apenas ao preparo dos planos de longo, médio e curto prazo conforme detalhados nas páginas anteriores. Ao nível de execução, o responsável pela produção deve monitorar a realização das tarefas com base no compromisso firmado anteriormente entre as equipes. Caso as tarefas planejadas não sejam executadas, devem ser registradas as causas que impediram a sua realização e ao mesmo tempo designados logo os *buffers* para substituí-las (BALLARD e HOWELL, 1998).

Existe uma forma simples de se medir a eficácia do plano de curto prazo. Ballard e Howell (1997) sugeriram o uso de um indicador denominado Percentual de Planos Completos (PPC), cuja aplicação deve ocorrer ao final de cada ciclo do plano de curto prazo, isto é, ao final

de cada semana. Este indicador é calculado a partir da razão entre a quantidade de tarefas executadas e a quantidade de tarefas planejadas, sendo expresso em porcentagem. A partir do PPC, as causas da não execução de determinadas tarefas são registradas e investigadas, para depois serem aplicadas ações direcionadas a eliminação destas causas com o objetivo de evitar reincidências (SHINGO, 1996). Além do PPC, a utilização de ferramentas como gráfico de Pareto, os 5 porquês e o diagrama de causa-efeito (Ishikawa) auxiliam na análise dos dados obtidos (NUNES, 2010). Desta forma, espera-se que de uma semana para a outra não se repitam os mesmos erros, o que leva a um aumento de produtividade e proporciona melhores resultados no desempenho do empreendimento (MOURA, 2008).

De acordo com a literatura pesquisada, a mais recente sugere que valores de PPC acima de 70% são considerados satisfatórios. Este valor foi avaliado levando em consideração outras variáveis pertencentes ao empreendimento, como o desvio de custo (DC) e o desvio de prazo (DP) gerados por valores muito baixos de PPC (BORTOLAZZA, 2006 apud MOURA, 2008).

O PPC juntamente com a análise das causas, possibilita a implantação do princípio da *lean construction* “melhoria contínua”. A partir dos dados colhidos semanalmente, obtém-se parâmetros que possibilitam a tomada de decisão mais segura para a elaboração dos futuros planos de curto prazo, evitando a recorrência de erros e protegendo ainda mais a produção (BALLARD e HOWELL, 1997). A redução das variabilidades é outro princípio também implantado neste nível de planejamento. Conforme se afirmou anteriormente, o *lookahead* constitui o primeiro passo para implantação deste princípio, sendo o último dado no curto prazo através da aplicação dos conceitos de proteção da produção pertencentes a este nível, os cinco critérios de qualidade e o PPC.

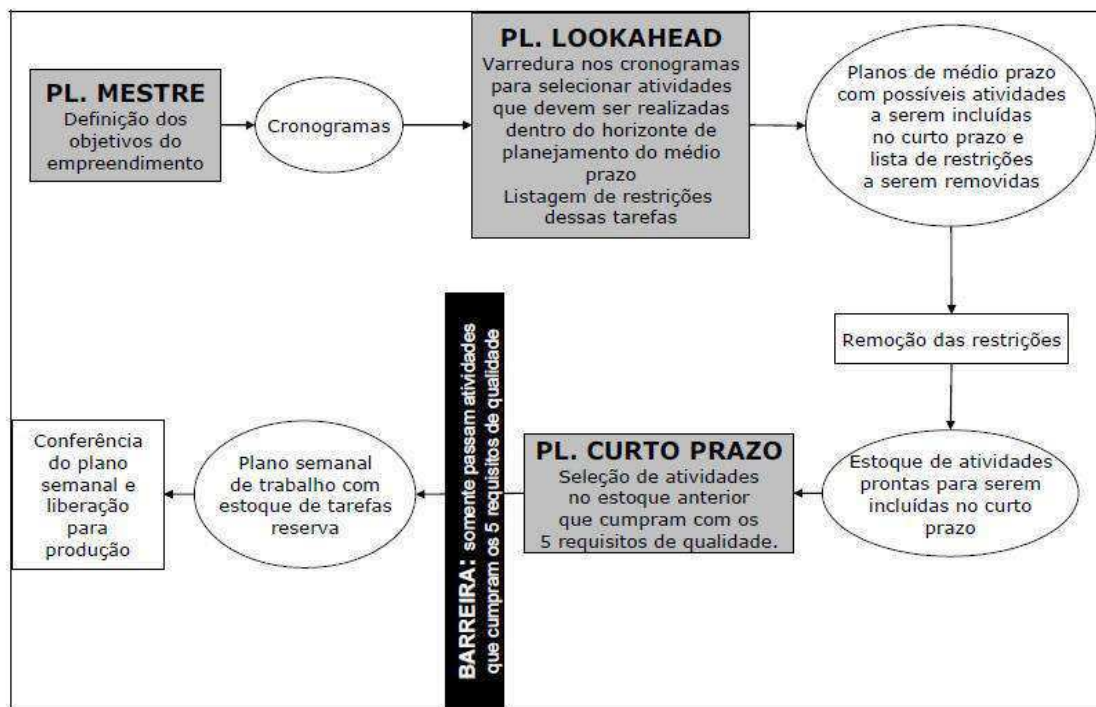
3.6.2 *Shielding production*

Ballard e Howell (1997) definiram o sistema *Last Planner* como uma melhoria ao processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP). Esta melhoria se deu com a implantação de um mecanismo de proteção da produção denominado por eles de *Shielding Production* (produção protegida). Todo o sistema *last planner* é baseado neste mecanismo, sendo encontrado em todos os níveis ferramentas, práticas e conceitos cujo principal objetivo é proteger a produção de incertezas e desperdícios.

Pode-se definir a *shielding production* como um mecanismo que proporciona o aumento da confiabilidade de previsão do planejamento e a redução da incerteza relacionada a execução dos trabalhos, produzindo planos passíveis de serem atingidos os quais são liberados para a execução apenas os que tiveram seus requisitos de precedência satisfeitos (BALLARD 2000; COELHO, 2003).

A Figura 10 ilustra o funcionamento do sistema *Last Planner*, e, conseqüentemente, a aplicação do mecanismo *Shielding Production*:

Figura 10 - Funcionamento do mecanismo Shielding Production

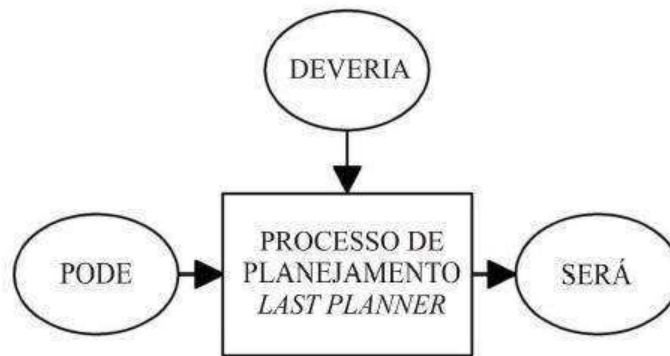


Fonte: Ballard e Howell (1998)

3.6.3 O processo de planejamento do *Last Planner*

Nos parágrafos anteriores, o processo de planejamento utilizando *Last Planner* foi devidamente detalhado ao se apresentar os níveis hierárquicos deste processo. Porém, o objetivo agora é apresentar de maneira esquematizada como esse processo funciona.

Figura 11 - Processo de planejamento Last Planner



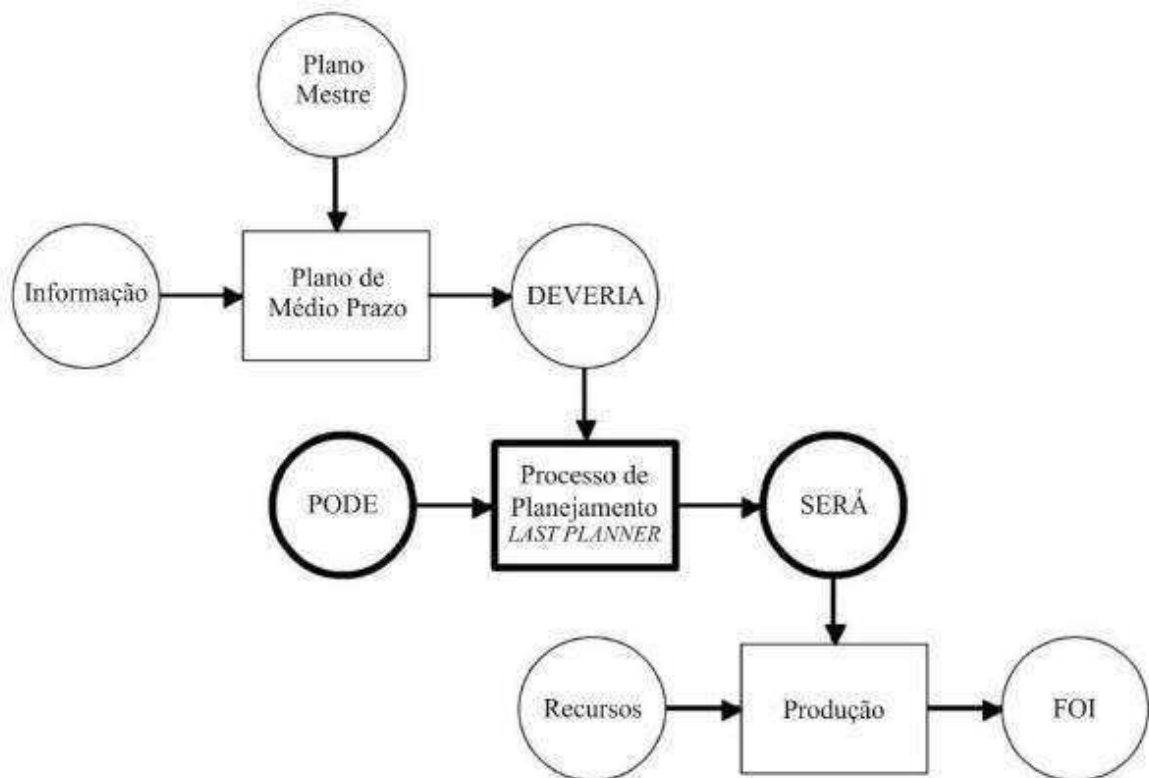
Fonte: BALLARD, 2000

De acordo com a Figura 11, o último planejador (*last planner*) é responsável por produzir pacotes de trabalho buscando adaptar o que será executado com o que deveria ser executado, verificando as restrições do que pode ser executado (BALLARD, 2000). Aplicando isto com o que se verificou anteriormente, o último planejador colhe as atividades que devem ser executadas do plano mestre, retira todas as restrições no nível de médio prazo para que estas atividades possam ser executadas livres de incertezas, e no nível de curto prazo ele selecionam apenas aquelas que serão executadas no horizonte que se pretende trabalhar. Não interessa a flexão dos verbos mencionados na Figura 11, o que importa é a ideia principal que eles devem passar para se entender o funcionamento do *last planner*.

Uma das causas mais comuns para que ocorra a desistência da adoção deste modelo de planejamento, é a falta de sinergia entre o que será feito com o que deveria ser feito. Esta falta de sinergia é resultado de uma entrega irregular de recursos, de serviços de pré-requisitos inacabados, ou informações não repassadas, sendo todas estas características peculiares ao planejamento *lookahead* (BALLARD, 2000). Um *lookahead* ineficiente resulta numa falta de conexão entre o planejamento mestre com o planejamento de comprometimento, haja vista uma de suas funções é estabelecer a ligação entre estes dois níveis de planejamento. Logo, caso esta situação se perdesse por todo o empreendimento, o que será feito (planejamento mestre) nunca obedecerá ao que deveria ser feito (planejamento de comprometimento).

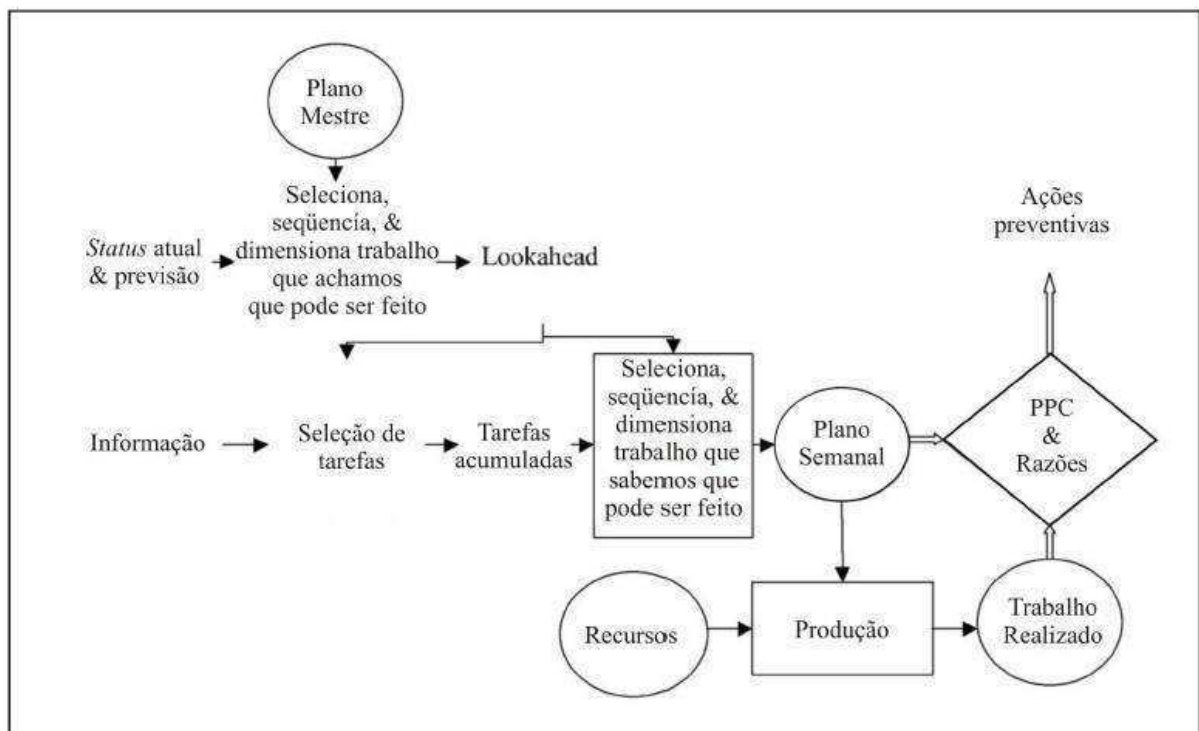
A importância desta ligação entre os diferentes níveis hierárquicos do *last planner* é apresentada abaixo nas Figuras 12 e 13:

Figura 12 - Planejamento Last Planner e sua hierarquia



Fonte: Adaptado de Ballard, (2000)

Figura 13 - Planejamento Last Planner e sua hierarquia – detalhado



Fonte: Adaptado de Ballard (2000)

3.7 ASPECTOS FINAIS

Em virtude deste trabalho não ter comentado com exatidão o PCP tradicional, abaixo encontra-se um quadro com as principais diferenças entre o modelo tradicional e o modelo baseado no *last planner* para que seja visualizado como um processo é realizado em contraposição ao outro.

Quadro 2 - PCP Tradicional versus PCP baseado no *Last Planner*

PCP Tradicional	PCP baseado no <i>Last Planner</i>
Detalhado desde o início	Detalhamento gradual
Formalizado apenas no nível de longo prazo	Formalizado em todos os níveis
Muitas revisões dos planos devido as variabilidades	Mecanismo de proteção contra as variabilidades e redução das mesmas
Ênfase na produção empurrada	Ênfase na produção puxada
Fortemente centrado no CPM	Utiliza várias técnicas simples
Foco em aumentar a taxa de utilização de recursos	Foco em aumentar a confiabilidade do sistema de produção (elevada produtividade é consequência da primeira)
Longos ciclos de controle	Curtos ciclos de controle
Foco em indicadores de resultados (prazo)	Utiliza tanto indicadores de resultado como de processo
Ênfase nos relatórios de acompanhamento	Ênfase em sistemas de controle local

Fonte: Adaptado de Formoso (2010)

Para a construção civil, este modelo de planejamento e controle da produção veio se mostrando bastante eficiente no que diz respeito não só redução de custo e ao cumprimento dos prazos, mas também a qualidade conferida aos empreendimentos levando a uma maior satisfação do cliente. A filosofia de produção que migrou desde o Sistema Toyota de Produção, chegando ao ocidente com a denominação de *Lean Production*, e por fim adaptada ao setor e chamada de *Lean Construction*, revolucionou a indústria da construção civil.

Até 2008 se teve a informação, a partir do trabalho de MOURA (2008), dos países que já tem conhecimento desta filosofia por meio dos estudiosos locais mais conhecidos. Alguns desses países são Estados Unidos (através de Ballard e Howell), Reino Unido (Koskela), Dinamarca (Bertelsen), Brasil (Bernardes e Formoso), Chile (González, Alarcón e Mundaca) e Equador (Fiallo e Revello).

4 ESTUDO DE CASO

4.1 CARACTERÍSTICAS DA EMPRESA E DA OBRA

O estudo de caso será realizado com o apoio de uma construtora de porte médio com sede no município de São Luís/MA. A empresa possui vinte anos de mercado no setor de engenharia civil, o qual atuou nos primeiros anos exclusivamente na elaboração de projetos. Devido à necessidade do mercado, passou a atuar no setor de execução de obras anos depois, e desde que iniciou neste setor, a empresa trabalha principalmente no ramo imobiliário da capital São Luís, regiões metropolitanas e interior do estado. Para a elaboração do estudo de caso, será utilizado um empreendimento da empresa ainda não iniciado, situado na região metropolitana de São Luís no município de São José de Ribamar/MA, com previsão de início no mês de setembro do ano de 2016. Sendo assim, subentende-se que o empreendimento alvo do estudo de caso ainda se encontra nas etapas a qual a temática deste trabalho se refere.

O empreendimento consiste em dois condomínios residenciais. O primeiro com uma área total de 29.735,24 m² dividido em 126 lotes dispostos em 6 quadras, e o segundo com uma área total de 29.858,57 m² dividido em 115 lotes dispostos também em 6 quadras. Os lotes dos dois condomínios possuem uma área padrão de 150,00 m² (10,00 x 15,00).

Os condomínios possuirão também equipamentos comunitários playground, quiosque, guarita/lixreira, quadra de esporte, salão de festas, piscina, praça e caramanchão em uma área de 3.185,35m². Suas vias e áreas de estacionamento serão asfaltadas (AAUQ), suas calçadas serão em cimentados sobre lastro de pedra bruta e piso tátil para locomoção de PNE.

Cada condomínio possui três tipos de residências, conforme o Quadro 3:

Quadro 3 – Descrição das residências do empreendimento estudado

Tipo	Descrição	Área construída
Casa tipo 1	Sala de Estar/Jantar, Hall (Circulação), 02 Quartos, Banheiro, Cozinha e Área de Serviço	52,41 m ²
Casa tipo 2	Sala de Estar/Jantar, Hall (Circulação), 02 Quartos, 01 Suíte, Banheiro, Cozinha e Área de Serviço	63,29 m ²
Casa tipo 3	Sala de Estar/Jantar, Hall (Circulação), 02 Quartos, Banheiro, Cozinha e Área de Serviço - (Habitação adaptada para P.N.E)	56,18 m ²

Fonte: O autor.

O condomínio 1 de 126 casas será composto de:

- 39 (trinta e nove) casas tipo 1;

- 83 (oitenta e três) casas tipo 2;
- 04 (quatro) casas tipo 3.

Por sua vez, o condomínio 2 de 115 casas será composto de:

- 37 (trinta e sete) casas tipo 1;
- 74 (setenta e quatro) casas tipo 2;
- 04 (quatro) casas tipo 3.

As casas serão construídas utilizando-se de tecnologia em paredes de concreto estruturais para suportar a laje, e cobertura em estrutura metálica (ferro galvanizado) com telhas PVC. A cobertura ficará escondida com o uso de Platibandas; as fundações das unidades habitacionais serão do tipo radier; e a pavimentação das unidades habitacionais será em piso porcelanato.

4.2 DELINEAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso será responsável por mostrar a elaboração do planejamento baseado na filosofia *Lean Construction* utilizando-se da ferramenta *Last Planner System*. Como forma de simplificação e melhor entendimento, apenas as unidades habitacionais do condomínio 2 serão alvo do estudo de caso, excluindo-se, portanto, as unidades habitacionais do condomínio 1 e os outros serviços pertinentes ao processo construtivo do empreendimento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 PLANEJAMENTO MESTRE (LONGO PRAZO)

O planejamento mestre foi elaborado utilizando a ferramenta Linha de Balanço. O primeiro passo para sua elaboração foi a definição dos pacotes de trabalho junto a alta gerência da empresa, definindo a data de início, ritmo das atividades e duração em dias de cada pacote. Inicialmente se desconsiderou trabalhar nos finais de semana e feriados nacionais.

Os pacotes definidos foram:

- Radier / Instalações Sanitárias / Eletroduto QM à QD
- Armação / Posicionamento das Instalações Hidráulicas e Elétricas
- Paredes de Concreto (Forma e Concreto)
- Platibanda / Caixa D'água e Barrilete
- Cobertura
- Calçada Externa
- Caixas de Inspeção, Gordura, Sabão e Passagem
- Muro / Mini-Poste e Caixa Elétrica de Medição
- Contrapiso / Bancadas / Piso e Revestimento
- Pintura
- Rodapé em PVC
- Fiação Elétrica / Tomadas, Pontos de Luz e Interruptores
- Louças e Metais / Hidrômetro
- Portas e Esquadrias
- Regularização / Pedras de Garagem
- Limpeza Final

Na definição dos pacotes de trabalho, na dimensão de longo prazo, é possível atender antecipadamente a um dos propósitos do planejamento *lookahead* (médio prazo): possibilitar que trabalhos interdependentes possam ser agrupados, de forma que o método de trabalho seja planejado de maneira conjunta.

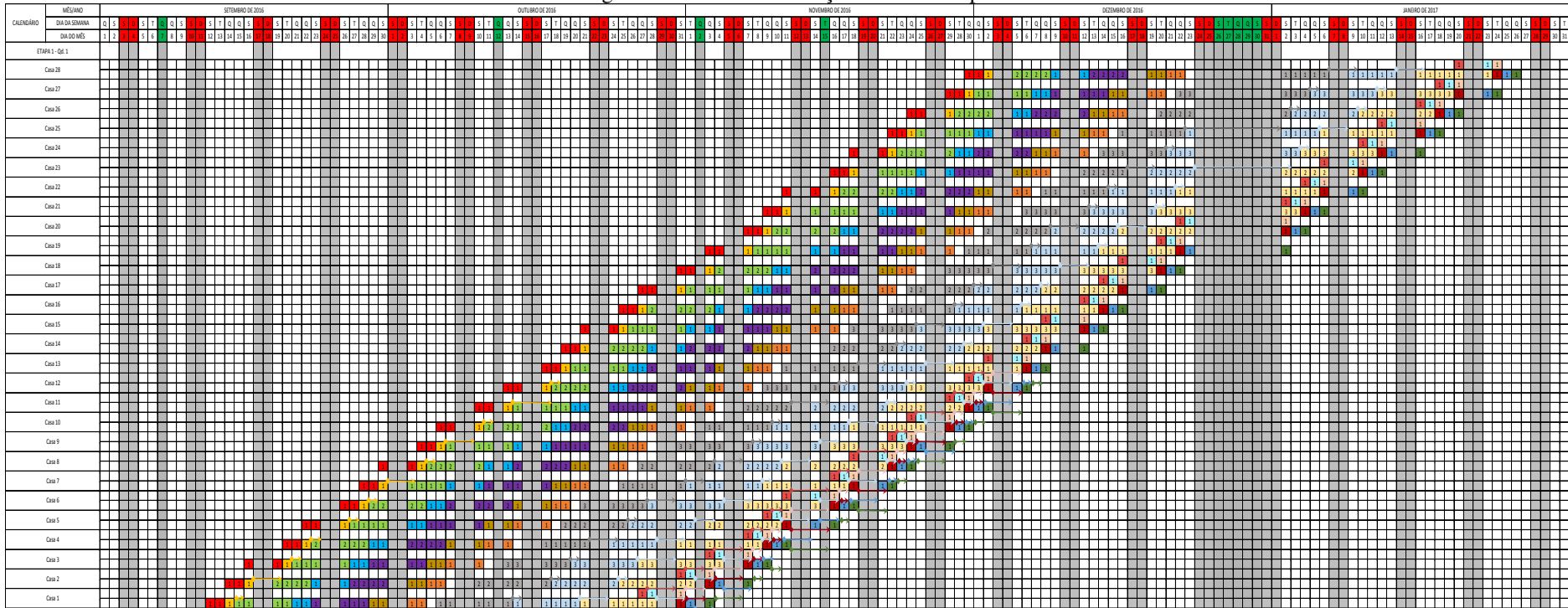
No caso do pacote “Cobertura”, existem atividades que não são dependentes entre si na relação de término-início. Na cobertura se têm atividades referentes ao telhado (montagem de estrutura metálica e montagem das telhas PVC) e a calha (forma, concreto e

impermeabilização), mas por encontrarem-se no mesmo espaço físico, pode-se considerar como atividades interdependentes e passam a compor um único pacote de trabalho.

Para visualização macro do planejamento mestre do empreendimento, a linha de balanço completa encontra-se no Apêndice A deste trabalho. Entretanto, alguns trechos da linha de balanço serão discutidos ainda nesta seção.

Na Figura 14, abaixo, tem-se um trecho da linha balanço referente à primeira etapa da obra e, como suporte, há o Quadro com a especificação dos pacotes de trabalho conforme cores na linha de balanço:

Figura 14 - Linha de Balanço: Primeira Etapa



Fonte: O autor

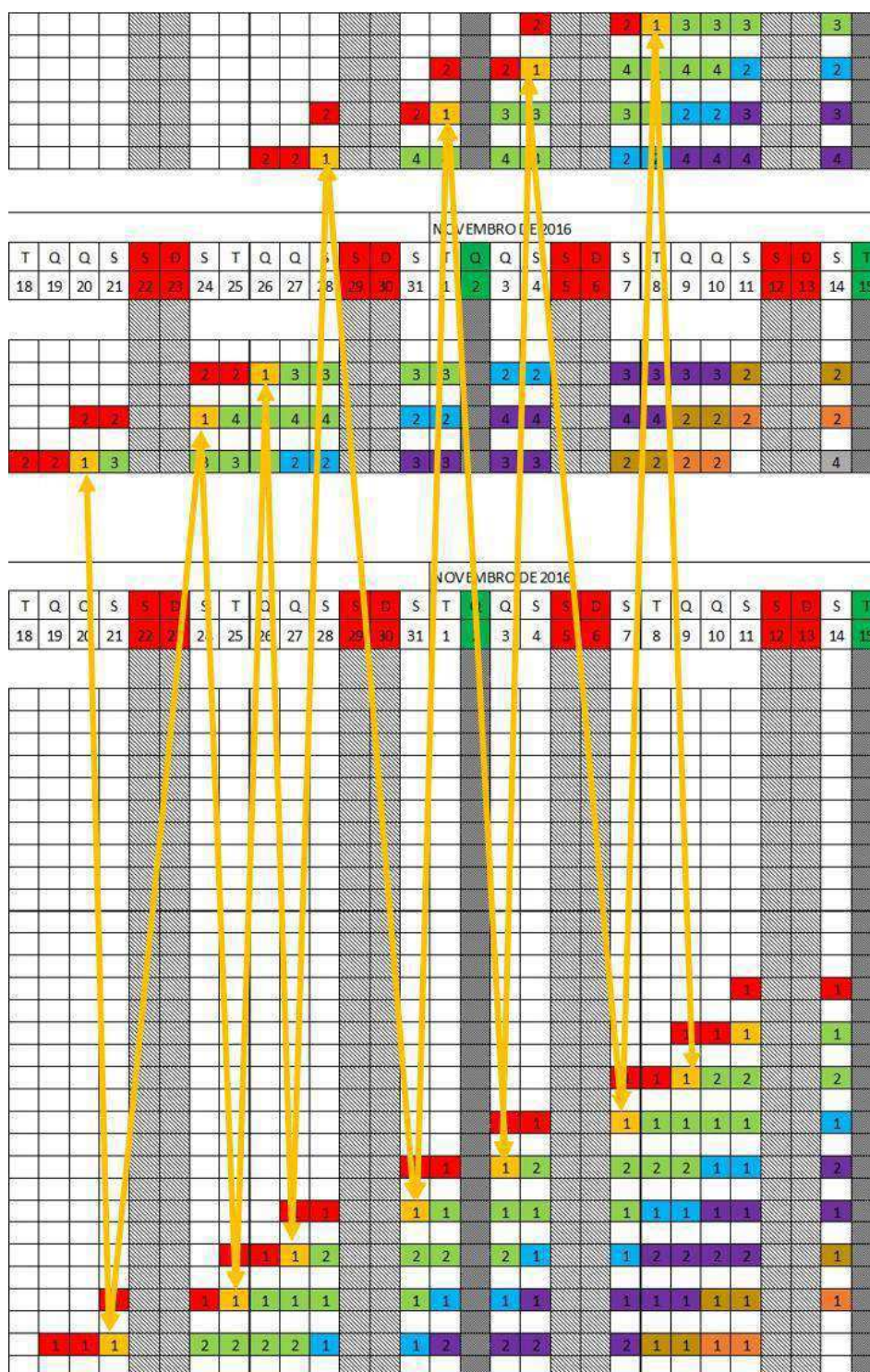
Quadro 4 – Especificação dos pacotes de trabalho conforme cores na linha de balanço

Cor	Pacote de Trabalho	Cor	Pacote de Trabalho
	1. Radier / instalações sanitárias / eletroduto QM à QD		9. Contrapiso / bancadas / piso e revestimento
	2. Armação, posicionamento de instalações hidráulicas e elétricas		10. Pintura
	3. Paredes de concreto e laje (Forma e Concreto)		11. Rodapé em PVC
	4. Platibanda / caixa d'água e barrilete		12. Fiação elétrica / tomadas, pontos de luz e interruptores
	5. Cobertura		13. Louças e metais / hidrômetro
	6. Calçada externa		14. Portas e esquadrias
	7. Caixa de inspeção, gordura, sabão e passagem		15. Regularização, pedras da garagem e porta de alumínio
	8. Muro, mini poste e caixa de medição elétrica		16. Limpeza final

Fonte: O autor

“folga” de um dia até que se inicie suas atividades na unidade habitacional subsequente. Esta restrição é sanada ao fim da 5ª semana de trabalho quando se inicia a 2ª equipe de radier na 2ª etapa do empreendimento. Abaixo, na Figura 16, foi retirado um trecho da linha de balanço para visualizar como esta “folga” foi retirada e o pacote incluído em um fluxo contínuo.

Figura 16 - Linha de Balanço: Fluxo de Equipes



Fonte: O autor

Nesta fase do empreendimento, a qual a Figura 16 refere-se, percebe-se a inclusão de mais duas equipes no pacote de trabalho Paredes de Concreto (Equipe 3 e Equipe 4). Estas inclusões foram necessárias conforme explicação acima, para não romper o fluxo contínuo das unidades habitacionais e dar a obra um caráter seriado como prega a filosofia *Lean*. Destaca-se que a inclusão de mais equipes nos demais pacotes seguem também esta mesma premissa.

A partir da Linha de Balanço e da identificação prévia das equipes - metodologia adotada pela empresa - é possível atender também a um outro propósito do planejamento *lookahead*: Modelar o fluxo de trabalho, na melhor sequência possível, de forma a facilitar o cumprimento dos objetivos do empreendimento.

O prazo de execução fornecido pela linha de balanço para a construção das 115 casas do condomínio 2 foi de 176 dias úteis, com início em 12/09/2016 e fim em 31/05/2017, com um *lead time* de 37 dias úteis por casa e um *takt-time* geral de 0,65 casas/dia.

A partir das informações apresentadas até o momento, tem-se um planejamento mestre (longo prazo) com caráter tático, metas gerais com ritmo de produção definido, estrutura de trabalho montada e, de bônus, os fluxos de trabalho e alocação de equipes estabelecidas, configurando-se no primeiro nível de planejamento de acordo com a ferramenta *Last Planner*.

5.2 PLANEJAMENTO *LOOKAHEAD* (MÉDIO PRAZO)

Foi solicitado pela média gerência da empresa a elaboração de um planejamento de médio prazo no horizonte de três meses (doze semanas). Com isso, pondo em prática o procedimento da *Shielding Production*, é retirado do planejamento mestre, através de triagem (*screnning*), apenas as tarefas que devem ser feitas no horizonte de 12 semanas. Para este horizonte, foi elaborada uma planilha de médio prazo com a quantidade de unidades habitacionais entregues ao cliente no horizonte definido.

Devido a consideração de colocar em planilha apenas as unidades habitacionais entregues, algumas quantidades foram expressas em número decimais. Os setores da empresa responsáveis pela entrega de recursos poderão utilizar esta mesma planilha para se programarem quanto as datas limites de aquisição, bastando apenas que se faça o arredondamento das quantidades da planilha para o número inteiro posterior.

A planilha utilizada pela empresa para planos de médio prazo encontra-se na Figura 17, que segue:

Figura 17 - Planejamento de Médio Prazo

BUILDERS CONSTRUÇÕES PCP - PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO																							
OBRA/UR: PRIME ARAÇAGY					DEPTO: Obra							MÊS: SET / OUT / NOV							PPC TRIMESTRE:				
ITEM	PACOTE DE SERVIÇO	CONDOMÍNIO	UH / TRIMESTRE	RESTRICÇÕES		SETEMBRO DE 2016						OUTUBRO DE 2016						NOVEMBRO DE 2016					
						SEMANA				TOTAL	% PPC MÊS	SEMANA				TOTAL	% PPC MÊS	SEMANA				TOTAL	% PPC MÊS
						1	2	3	4			1	2	3	4			1	2	3	4		
1	RADIER / INSTALAÇÕES SANITÁRIAS / ELETRODUTO GM A GD	PRIME 2	42,5	R1	P	-	2,5	2,5	2,5	7,5	100,0%	2,5	2	4,5	6	15	100,0%	3	5	4	8	20	100,0%
					E	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%
2	ARMAÇÃO, POSICIONAMENTO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E ELÉTRICAS	PRIME 2	41		P	-	2	2	3	7	100,0%	2	2	4	6	14	100,0%	3	5	4	8	20	100,0%
					E	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%
3	PAREDES DE CONCRETO E LAJE (Forma e Concreto)	PRIME 2	38,2	R2	P	-	0,5	2,5	2,5	5,5	100,0%	2,5	2	2,75	5,5	12,75	100,0%	3	5	4	8	20	100,0%
					E	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%
4	PLATIBANDA / CAIXA D'ÁGUA E BARRILETE	PRIME 2	35,5		P	-	-	1,5	2,5	4	100,0%	2,5	2	2,5	4,5	11,5	100,0%	3	5	4	8	20	100,0%
					E	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%
5	COBERTURA	PRIME 2	32,5	R3	P	-	-	0,25	2,25	2,5	100,0%	2,5	2	2,5	3,25	10,25	100,0%	2,75	5	4	8	19,75	100,0%
					E	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%
6	CALÇADA EXTERNA	PRIME 2	29,5		P	-	-	-	1	1	100,0%	2,5	2	2,5	3	10	100,0%	1,5	5	4	8	18,5	100,0%
					E	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%
7	CAIXA DE INSPEÇÃO, GORDURA, SABÃO E PASSAGEM	PRIME 2	27,5	R4	P	-	-	-	-	0	100,0%	2,5	2	2,5	3	10	100,0%	1,5	4	4	8	17,5	100,0%
					E	-	-	-	-	0	#DIV/0!	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%
8	MURO, MINI POSTE E CAIXA DE PASSAGEM ELÉTRICA	PRIME 2	23	R5	P	-	-	-	-	0	100,0%	0,4	1,8	2,6	3	7,8	100,0%	1,4	2,6	3,2	8	15,2	100,0%
					E	-	-	-	-	0	#DIV/0!	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%
9	CONTRAPISO / BANCADAS / PISO E REVESTIMENTO	PRIME 2	18		P	-	-	-	-	0	100,0%	-	0,2	2	3	5,2	100,0%	1,6	2,4	2	6,8	12,8	100,0%
					E	-	-	-	-	0	#DIV/0!	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%
10	PINTURA	PRIME 2	12,8		P	-	-	-	-	0	100,0%	-	-	0,16667	2,33333	2,50	100,0%	1,5	2,5	2	4,33333	10,3333	100,0%
					E	-	-	-	-	0	#DIV/0!	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%
11	RODAPÉ EM PVC	PRIME 2	11		P	-	-	-	-	0	100,0%	-	-	-	1	1	100,0%	1	3	2	4	10	100,0%
					E	-	-	-	-	0	#DIV/0!	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%
12	FIAÇÃO ELÉTRICA / TOMADAS, PONTOS DE LUZ E INTERRUPTORES	PRIME 2	12		P	-	-	-	-	0	100,0%	-	-	-	2	2	100,0%	1	3	2	4	10	100,0%
					E	-	-	-	-	0	#DIV/0!	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%
13	LOUÇAS E METAIS / HIDRÔMETRO	PRIME 2	11		P	-	-	-	-	0	100,0%	-	-	-	1	1	100,0%	2	2	2	4	10	100,0%
					E	-	-	-	-	0	#DIV/0!	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%
14	PORTAS E ESQUADRIAS	PRIME 2	11		P	-	-	-	-	0	100,0%	-	-	-	1	1	100,0%	1	3	2	4	10	100,0%
					E	-	-	-	-	0	#DIV/0!	-	-	-	-	0	0,0%	-	-	-	-	0	0,0%
15	REGULARIZAÇÃO, PEDRAS DA GARAGEM E PORTA DE ALUMÍNIO	PRIME 2	10		P	-	-	-	-	0	100,0%	-	-	-	-	0	100,0%	2	2	2	4	10	100,0%
					E	-	-	-	-	0	#DIV/0!	-	-	-	-	0	#DIV/0!	-	-	-	-	0	0,0%
16	LIMPEZA FINAL	PRIME 2	10		P	-	-	-	-	0	100,0%	-	-	-	-	0	100,0%	1	3	2	4	10	100,0%
					E	-	-	-	-	0	#DIV/0!	-	-	-	-	0	#DIV/0!	-	-	-	-	0	0,0%

Fonte: O autor

Visualizando a planilha da Figura 17, destaca-se que ao final de cada mês será feito o controle da eficácia do planejamento de médio prazo através da célula “PPC mês”.

Para cada pacote de trabalho existe uma célula para a identificação das restrições. De acordo com a ferramenta *Last Planner*, é neste nível de planejamento que todas elas devem ser analisadas e retiradas para que, assim, os pacotes sejam liberados para o curto prazo livre destas.

A planilha de restrições encontra-se na Figura 18 abaixo:

Figura 18 - Planilha de Restrições

 PCP - PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO REGISTRO DE RESTRIÇÕES						
OBRA/UR:			MÊS:			DATA DE ATUALIZAÇÃO:
Nº RESTRIÇÃO	DESCRIÇÃO DA RESTRIÇÃO	REMOÇÃO DAS RESTRIÇÕES			STATUS OK ou N	OBSERVAÇÕES
		DEPTO	RESPONSÁVEL	PRAZO		
R1	CONCLUSÃO DA TERRAPLENAGEM					
R2	CONTRATAR TERCEIRIZADO E USINA DE CONCRETO					
R3	CONTRATAR TERCEIRIZADO PARA ESTRUTURA METÁLICA E IMPERMEABILIZAÇÃO DA CALHA					
R4	EQUIPAMENTO PARA REALIZAR ESCAVAÇÃO DAS CAIXAS					
R5	EQUIPAMENTO PARA REALIZAR ESCAVAÇÃO DA FUNDAÇÃO DO MURO					

Fonte: O autor

Devido ao caráter móvel do *lookahead*, a lista de restrições pode ser atualizada ou alterada ao longo da obra e de acordo com o aparecimento das incertezas não previstas inicialmente.

Um dos motivos que levou a média gerência a adotar o horizonte do *lookahead* em três meses foi a necessidade de determinar os *buffers* de produção. Durante reuniões entre alta gerência e média gerência, definiu-se como *buffer* um estoque de materiais para um mês, os quais devem ser programados de acordo com os valores mensais apresentados na planilha de médio prazo.

A determinação da melhor maneira de se realizar as atividades dos pacotes de trabalho (*first run studies*) também faz parte do *lookahead*. Para isto, a empresa utiliza um documento interno denominado PES – Procedimento de Execução de Serviços, que descreve a forma correta que cada atividade deve ser executada de acordo com as normas técnicas vigentes e boas práticas construtivas.

É importante destacar que o modelo elaborado para o pacote de Radier é expresso no Anexo A, em que se encontram informações do Procedimento de Execução de Serviços – PES, que é documento interno da empresa a respeito execução de fundação direta.

Em continuação, deve-se determinar os fluxos que serão seguidos no empreendimento. Conforme já comentado, a técnica Linha de Balanço no planejamento de longo prazo já nos fornece antecipadamente os fluxos de trabalho/mão-de-obra, restando apenas determinar os fluxos de materiais e informações. Para estes últimos, foi utilizada a técnica do Mapeamento do Fluxo de Valor Futuro, que se encontra no Apêndice B deste trabalho. Tal técnica é capaz de determinar os fluxos de materiais através da circulação de cartões Kanban's, como também os fluxos de informações explicitando a comunicação necessária entre setores.

Considerando os aspectos inerentes ao planejamento de médio prazo, também é importante que seja atentada nesta etapa a elaboração do *layout* do canteiro. Portanto, por meio do estudo de caso, foi realizada a elaboração do *layout* do canteiro sob o foco em reduzir as perdas por transporte e movimentações desnecessárias, sendo que sua representação se encontra no Apêndice C deste trabalho e sobre o qual valem as seguintes considerações:

- Atentou-se em manter uma área de descarga de materiais próxima dos almoxarifados;
- As baias de agregados/concreto próximas do depósito de ensacados e os estoques de madeira e aço/tela próximos de suas respectivas centrais (carpintaria e armação);
- As centrais de fabricação e as baias de concreto acima mencionados, foram implantados em locais próximos dos acessos da obra, já que destes provém o processamento de inicial das matérias primas.

Diante de todo o exposto quanto ao planejamento de médio prazo, tem-se um estoque de atividades livres de restrições, com recursos programados e fluxos determinados, além do *layout* alinhado com a *lean construction*, configurando-se no segundo nível de planejamento de caráter tático conforme ferramenta *Last Planner*. Tais atividades são transferidas para o planejamento de comprometimento (curto prazo) para passar por nova análise, como será apresentado mais adiante.

5.3 PLANEJAMENTO DE COMPROMETIMENTO (CURTO PRAZO)

A empresa adotou o horizonte tradicional de uma semana para compor o planejamento de comprometimento. Os pacotes de trabalho que serão executados na primeira

semana de trabalho foram retirados do planejamento *lookahead* após passarem por todos os procedimentos anteriormente comentados.

É válido reiterar que os 5 critérios de qualidade (definição, disponibilidade, sequenciamento, tamanho e aprendizagem) já descritos, configuram-se como uma espécie de *check-list* para que as tarefas sejam liberadas para a produção, da seguinte forma:

- O primeiro item a checar – Definição: estará satisfeito com a entrega dos PES às equipes de produção;
- O segundo – Disponibilidade: também estará caso os setores da empresa responsáveis pelos recursos cumpram como planejado;
- O terceiro – Sequenciamento: foi definido através da Linha da Balanço garantindo um fluxo contínuo na produção;
- O quarto – Tamanho: faz parte da etapa de dimensionamento de equipes, e deve ser realizado antecipadamente; e
- O quinto – Aprendizado: refere-se à própria planilha de curto prazo na coluna “PPC”, onde se mede a eficácia do planejamento no curto prazo. Também a identificação dos problemas faz parte do quinto critério. Na planilha da figura 19 tem-se listado alguns dos problemas mais comuns da produção.

Satisfeitos todos os critérios, as tarefas serão liberadas para as unidades de produção e serão controladas e monitoradas pelos *last planners* através da planilha da Figura 19, cuja legenda de principais problemas que podem ser identificados se encontra no Quadro 5:

Figura 19 - Planejamento de Curto Prazo



PCP - PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

PLANEJAMENTO DE CURTO PRAZO

DEPTO:	OBRA:	MÊS:	DATA DE ATUALIZAÇÃO:								% PPC TOTAL DA SEMANA:					
EQUIPE	PACOTE DE SERVIÇO	CONDOMÍNIO	QUADRA	UH	SEMANA Nº 01								% PPC	PROBLEMAS	VISTO	
					SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB	DOM					
					12	13	14	15	16	17	18					
RADIER 1	RADIER / INSTALAÇÕES SANITÁRIAS / ELETRODUTO QM A QD	PRIME 2	1	1	P	X	X									
					E											
RADIER 1	RADIER / INSTALAÇÕES SANITÁRIAS / ELETRODUTO QM A QD	PRIME 2	1	2	P			X	X							
					E											
RADIER 1	RADIER / INSTALAÇÕES SANITÁRIAS / ELETRODUTO QM A QD	PRIME 2	1	3	P					X						
					E											
ARMAÇÃO 1	ARMAÇÃO, POSICIONAMENTO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E ELÉTRICAS	PRIME 2	1	1	P			X								
					E											
ARMAÇÃO 1	ARMAÇÃO, POSICIONAMENTO DE INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E ELÉTRICAS	PRIME 2	1	2	P					X						
					E											
PAREDES 1	PAREDES DE CONCRETO E LAJE (Forma e Concreto)	PRIME 2	1	1	P				X	X						
					E											
PROBLEMAS																
MÃO-DE-OBRA:		MATERIAL / EQUIPAMENTOS:		PROJETO:				PLANEJAMENTO:				ANÁLISE DAS TAREFAS PLANEJADAS E TAREFAS NÃO PLANEJADAS NA SEMANA:				
1. Falta de MO no dia		9. Falta de material		17. Falta de projeto ou obra no dia				23. Modificação de planejamento								
2. Falta de MO no período		10. Falta de especificação		18. Falta de detalhamento de projeto				24. Mf. distribuição das tarefas								
3. Alteração de equipe		11. Falta de programação		19. Falta de definição clara no projeto				25. Alteração de tarefa antecedente								
4. Baixa produtividade da equipe		12. Atraso na entrega		20. Incompatibilidade entre projetos				26. Condição adversa de tempo								
5. Modificação da equipe		13. Falta de capacidade de utilização		21. Alteração de projeto				27. Problema não previsto na execução								
6. Mudança de prioridade		14. Manutenção		22. Complexidade do projeto				28. Tarefa não planejada								
7. Falta de programação da MO		15. Menor dimensionamento		CLIENTE:				22. Inclusão de serviço durante a execução								
8. Superestimação da produtividade		16. Ocorrência		21. Solicitação de modificação de serviço em execução												

Fonte: O autor

Quadro 5 – Problemas que podem ocorrer durante a produção

Mão de obra	Material/ equipamentos	Projeto	Planejamento
1. Falta de MO Própria	9. Falta de material	17. Falta de projeto executivo na obra	23. Modificações do planejamento
2. Falta de MO empreitada	10. Falta de solicitação	18. Falta de detalhamento do projeto	24. Má distribuição das tarefas
3. Absenteísmo da equipe	11. Falta de programação	19. Falta de definição clara no projeto	25. Atraso da tarefa antecedente
4. Baixa produtividade da equipe	12. Atraso na entrega	20. Incompatibilidade de projeto	26. Condições adversas de tempo
5. Modificação da equipe	13. Falta desperdício por na utilização	21. Alteração de projeto	27. Problema não previsto na execução
6. Afastamento por acidente	14. Manutenção	22. Complexidade do projeto	28. Tarefa não planejada
7. Falta de programação de MO	15. Mal dimensionamento	Cliente	
		21. Solicitação de modificação de serviço em execução	
8. Superestimação da produtividade	16. Conserto	22. Inclusão de serviço durante a execução	

Fonte: O autor

Assim, as atividades do *lookahead* que podem ser executadas, foram reavaliadas no planejamento de comprometimento através dos critérios de qualidade descritos. As atividades que passarem pela reavaliação irão compor os pacotes de atividades que serão executados e, por fim, liberadas para a unidade de produção, fechando o procedimento *Shielding Production*.

Nota-se a capacidade do Sistema *Last Planner* em garantir que os três níveis hierárquicos do planejamento estejam constantemente em conexão. Alguns dos passos que compõe a elaboração do *Lookahead* remetem ao planejamento mestre, como a realização das triagens. Por sua vez, o Planejamento de Comprometimento confirma, através do *check-list*, se os processos realizados nos dois níveis anteriores a ele (*lookahead* e planejamento mestre) estão de acordo. Portanto, após seguidos todos os passos descritos, têm-se o planejamento de longo, médio e curto prazo elaborados com base na ferramenta *Last Planner*, focados na redução de incertezas, eliminação de variabilidades, produção em fluxo contínuo e demais características referentes a filosofia *Lean Construction*.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho demonstrou os procedimentos para se elaborar um planejamento baseado na filosofia de produção *Lean Construction* a partir de um estudo de caso envolvendo um empreendimento real. Para isto, se fez uso da ferramenta de maior aplicação dos conceitos da mencionada filosofia na dimensão do planejamento e controle da produção: o Sistema *Last Planner*.

Devido a aplicação da filosofia *Lean* à construção civil ser recente no mundo acadêmico, sobretudo nos cursos de graduação, a escolha por esta temática teve como motivação a intenção de entender esta nova abordagem na área de gerenciamento de projetos para a construção civil e conhecer o processo de planejamento e controle sobre uma nova ótica e novas ferramentas. Através da sua aplicação, foi possível observar a importância da elaboração de um planejamento mais seguro em todos os níveis hierárquicos, reduzindo ao limite as diversas variabilidades e incertezas presentes na indústria da construção civil.

O empreendimento alvo do estudo de caso se encontrava em fase de planejamento durante a realização do trabalho, o que foi ideal para a aplicação da temática escolhida. Através da elaboração do planejamento baseado no Sistema *Last Planner*, seguindo todos os passos e parâmetros descritos neste trabalho, será possível para a empresa gerenciar o tempo de forma mais segura e eficaz durante a obra.

A linha de balanço se apresentou como uma ferramenta ideal para a elaboração de planos de longo prazo, principalmente por fornecer logo de início os fluxos de trabalho (e mão-de-obra) tão ressaltados pela filosofia *Lean*. Aliada a ela, fez-se o Mapeamento do Fluxo de Valor Futuro para se apontar a melhor maneira de se estabelecer os fluxos de materiais e informações dentro do ambiente construtivo. De posse dessas constatações, será possível gerenciar as movimentações dentro da unidade de produção para evitar os desperdícios inerentes a uma má divisão de fluxos.

A análise de restrições presentes no médio prazo também se mostrou eficiente durante sua elaboração. A partir do horizonte adotado de três meses e estoque de recursos de um mês, foi possível constatar uma melhor programação de aquisição de recursos por parte dos setores responsáveis, como também a ênfase para que a equipe locada na obra atente para as tarefas de pré-requisitos ou contratação de terceirizados.

No planejamento de comprometimento, o *check-list* realizado para liberar as atividades para a execução se apresentou como uma verificação final eficiente por ser realizada diretamente pelos *last planners*, ou seja, aqueles que estarão ligados diretamente à execução

das tarefas, sendo, portanto, os melhores conhecedores dos processos construtivos. Portanto, diante do exposto, condisseram-se alcançados os objetivos inicialmente descritos em relação ao desenvolvimento deste trabalho.

Sugere-se que, a partir da continuidade deste trabalho, sejam realizados trabalhos futuros envolvendo a análise dos impactos da filosofia *Lean* no custo e qualidade de empreendimentos que seguirão um planejamento elaborado conforme o conteúdo desta monografia. Outra sugestão é acompanhar o comportamento de um planejamento baseado no Sistema *Last Planner* ao longo de todo um projeto e, assim, montar análises de melhorias contínuas (Kaizen's) para a formulação de planejamentos mais seguros para empreendimentos futuros semelhantes.

Avalia-se que este trabalho foi de grande contribuição para a formação profissional do autor na área de Engenharia Civil, sobretudo no ramo de gerenciamento de projetos. Todas as etapas acrescentaram mais conhecimentos e experiências para o autor, sendo alguma dessas etapas o trabalho conjunto com a equipe de colaboradores da Builders Construções, que possibilitou a realização do estudo de caso, e as várias reuniões gerenciais referentes ao tema deste trabalho.

E, diante do estudado, deve-se destacar que em uma projeção futura, aos poucos, a filosofia de produção relacionada ao eixo temático deste trabalho vai se disseminando pelos países do mundo até que se chegue a uma época em que o setor da construção civil seja considerado um dos ramos mais seguros para se investir capital, sendo a causa maior uma filosofia de gestão revolucionária que teve origem no Japão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, T. C. L. **Diretrizes para a Gestão dos Fluxos Físicos em Canteiros de Obras: proposta baseada em estudos de caso.** 2000. 152f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

BALLARD, H. G. **Lookahead Planning:** The Missing Link in Production Control. Conferência do Grupo Internacional da Lean Construction - IGLC. Austrália, 1997.

_____. **The Last Planner System of Production Control.** 2000. 192f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.

BALLARD, H. G.; HOWELL, G. **What kind of Production is Construction.** Conferência do Grupo Internacional da Lean Construction - IGLC. Guarujá, 1998.

_____. **Can Project controls do its job?.** Conferência do Grupo Internacional da Lean Construction - IGLC. Birmingham, 1996.

_____. **Shielding Production:** an essential step in production control. California: Construction Engineering and Management Program. Technical Report 97-1. Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, 1997.

BERNARDES, Maurício Moreira e Silva. **Planejamento e Controle da Produção para Empresas de Construção Civil.** Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.

COELHO, H. O. **Diretrizes e Requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil.** 2003. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

COSTA, L. K. **O Uso do Sistema Last Planner como ferramenta para controle de produção:** aplicabilidade e estudo de caso. 2014. 84f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

DAVID. A **“casa” do STP – Sistema Toyota de Produção,** 2010. Disponível em: <<https://davidkond.wordpress.com/2010/06/28/casastp/>>. Acesso: abril de 2016.

FORMOSO, C. T. **A Knowledge Based Framework for Planning House Building Projects.** Tese de Doutorado. Salford: University of Salford – Department of Quality and Building Surveying, 1991.

_____. **Planejamento e Controle da Produção em Empresas de Construção.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

_____. **Produção Enxuta:** Os princípios do Sistema Last Planner de controle da produção, 2010. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios->

incorporacao-construcao/106/producao-enxuta-os-principios-do-sistema-last-planner-de-299051-1.aspx> Acesso: maio de 2016.

_____. **The New Operations Management Paradigm**. White Paper. Berkeley: University of California, 2000.

GHINATO, P. Publicado como 2o. cap. do Livro **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**, Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Editora da UFPE, Recife, 2000.

_____. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time**. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

GRENHO, L. F. S. **Last-Planner System e Just-in-Time na Construção**. 2009. 126f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, Porto, 2009.

HOWELL, G. **What is Lean Construction**. Conferência do Grupo Internacional da Lean Construction - IGLC. 1999.

IMAI, M. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. 5. ed. São Paulo: IMAM, 1994.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; DE CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. L. **Lean Construction: Diretrizes e Ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. Porto Alegre: SEBRE/RS, Série SEBRAE Construção Civil, Vol. 5, 2000.

JUNQUEIRA, L. E. **Histórico – Lean Construction**, 2008. Disponível em: <<https://leanconstruction.wordpress.com/historico-lean-construction/>>. Acesso: abril de 2016.

KAUARK, F.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da pesquisa: guia prático**. Itabuna: Via Litterarum, 2010.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Technical Report 72. Stanford, EUA: CIFE, 1992.

_____. **Management of production in construction: a theoretical view**. Conferência Anual do Grupo Internacional da Lean Construction - IGLC. Berkeley, CA, 1999.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. **Competence and timming dilemma in construction planning**. Construction management and economics, v.6, p. 339-355, 1988.

_____. **Is construction Project planning really doing its Jobs? A critical examination of focus, role and process**. Construction management and economics, v.5, p. 243-266, 1987.

MOURA, C. B. **Avaliação do Impacto do Sistema Last Planner no Desempenho de Empreendimentos da Construção Civil**. 2008. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

NUNES, I. J. D. **Aplicação de Ferramentas Lean no Planejamento de Obras**. 2010. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Superior de Lisboa, Lisboa, 2010.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Planejamento estratégico: conceitos, metodologia e práticas**. 12 ed. São Paulo: Atlas, 1998. 294

PACKER, C. L.; SUSKI, C. A. **Gestão à Vista na Produção como Ferramenta de Trabalho**. Disponível em <http://sites.unifebe.edu.br/~congressoits2010/artigos/artigos/048_-_GESTAO_A_VISTA_NA_PRODUCAO_COMO_FERRAMENTA_DE_TRABALHO.pdf> Acesso: maio de 2016.

RIBEIRO, P. M. F. **Aplicação da Metodologia A3 como Instrumento de Melhoria Contínua em uma Empresa da Indústria de Linha Branca**. 2012. 86f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

ROTH, G. F. **Princípios da Construção Enxuta em Obras de Habitação de Interesse Social: Estudo de Caso em Curitiba-PR**. 2013. 41f. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Obras) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

SANTOS, A. **Application of Production Management Flow Principles in Construction Sites**. 1999. 513f. Tese de Doutorado. School of Construction and Property Management, The University of Salford, Salford-UK, 1999.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. 2a. Edição, Porto Alegre: Bookman, 1996.

SOUZA, M. R. **Considerações sobre a implementação de princípios de construção enxuta em construtoras de médio porte**. 2010. 115f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Curso de Especialização em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

TOMMELEIN, I.; BALLARD, G. **Lookahead Planning: screening and pulling**. Conferência do Grupo Internacional da Lean Construction - IGLC. São Paulo, 1997.

VILLAS-BÔAS, B. T. **Modelagem de uma Programa Computacional para o Sistema Last Planner de Planejamento**. 2004. 159f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Curso de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

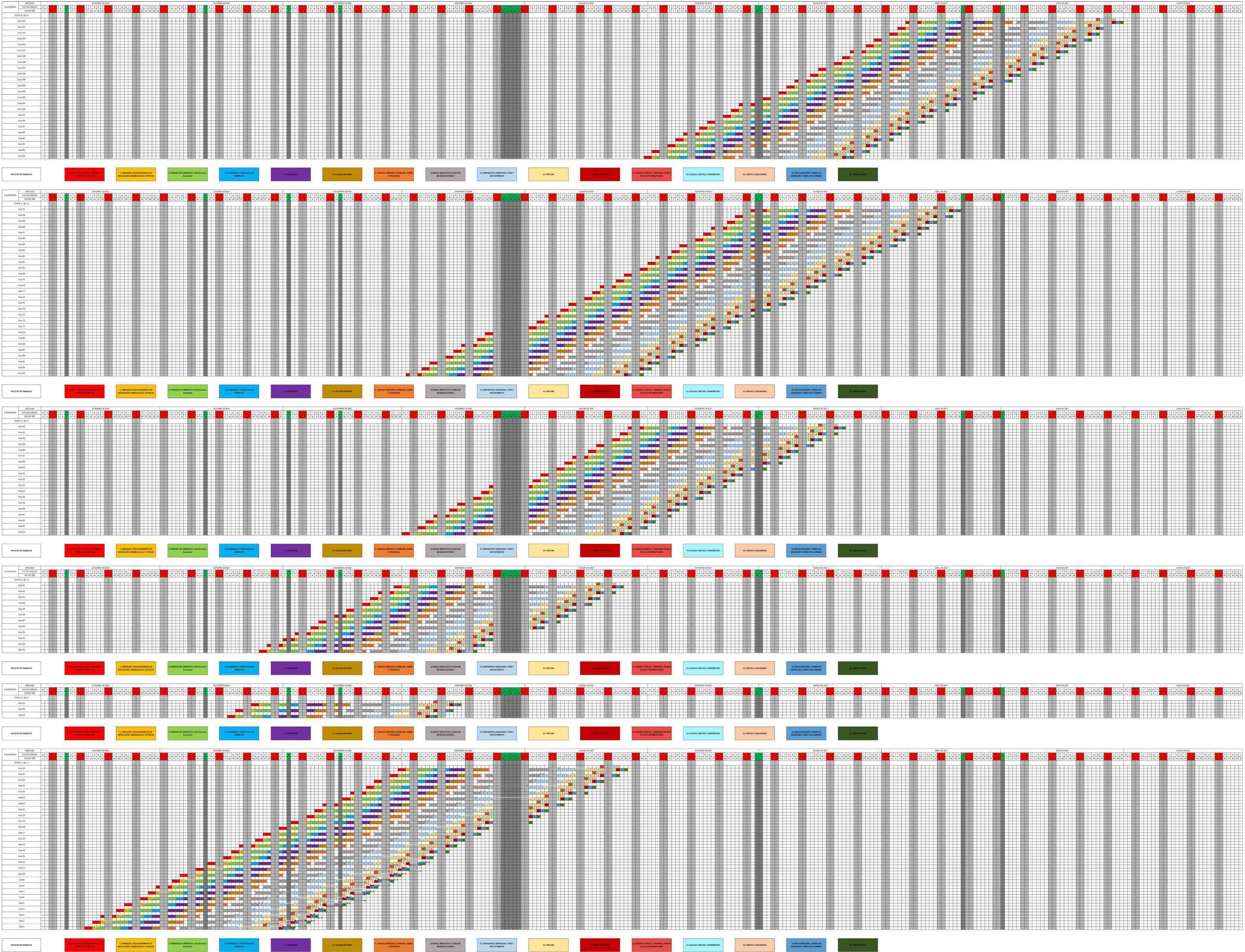
WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

_____. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine os desperdícios e crie riquezas**. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

_____. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine os desperdícios e crie riquezas**. 9a Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Linha de Balanço Completa

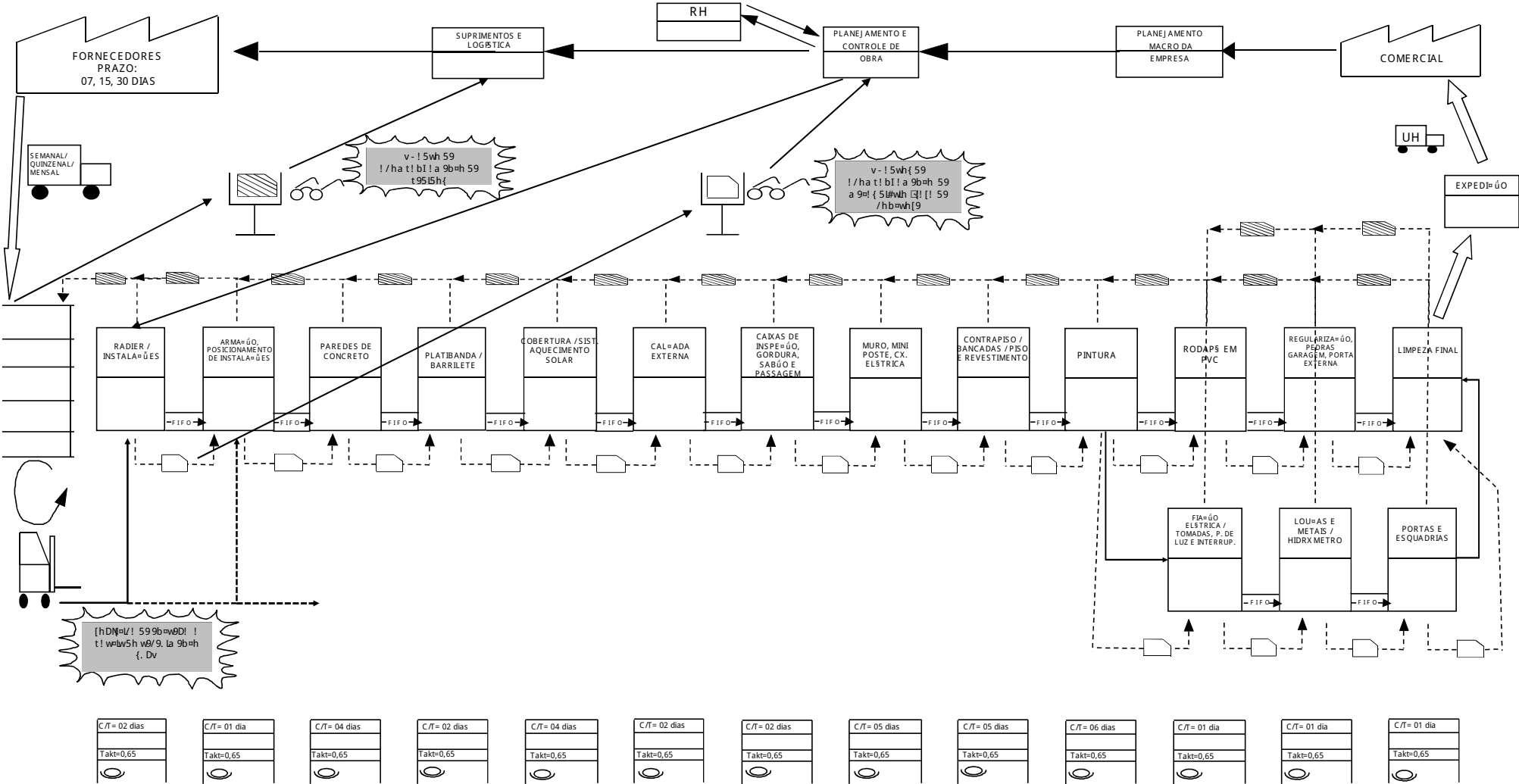


TÍTULO	
LINHA DE BALANÇO	
EMPREENDIMENTO:	
PRIME ARAÇAGY II	
PROPRIETÁRIO:	DATA:
BUILDERS CONSTRUÇÕES	Mai/2016
ENDEREÇO OBRA:	ESCALA:
ESTRADA VELHA DO FAROL DO ARAÇAGY, 23, MIRITUA MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE RIBAMAR - MA	5/Escala
ELABORAÇÃO:	FOLHA:
	A1
	PRANCHA Nº:
	01/02

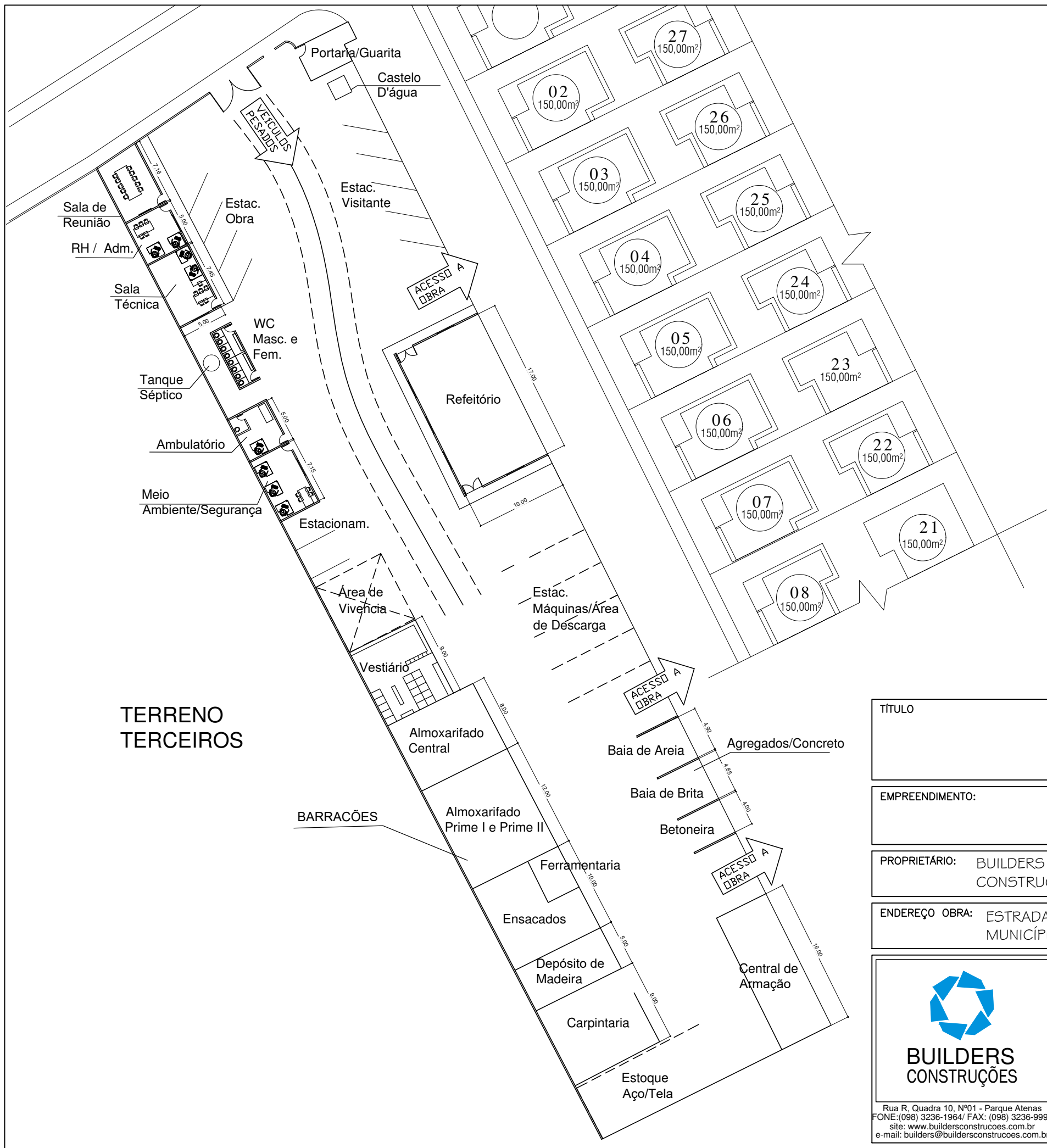
Rua R, Quadra 10, Nº51 - Parque Alenas
FONE: (085) 3236-1844 FAX: (085) 3236-9999
Site: www.buildersconstrucoes.com.br
e-mail: builders@buildersconstrucoes.com.br

KAIO ARTHUR M. CAMPOS

APÊNDICE B – Mapeamento do Fluxo de Valor Futuro



APÊNDICE C – *Layout* do canteiro



TERRENO
TERCEIROS

BARRACÕES

TÍTULO	
LAYOUT DO CANTEIRO	
EMPREENDIMENTO:	
PRIME ARAÇAGY	
PROPRIETÁRIO:	DATA:
BUILDERS CONSTRUÇÕES	Mai/2016
ENDEREÇO OBRA:	ESCALA:
ESTRADA VELHA DO FAROL DO ARAÇAGY, 23, MIRITIUA MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE RIBAMAR - MA	S/ESCALA
 BUILDERS CONSTRUÇÕES Rua R. Quadra 10, Nº01 - Parque Atenas FONE: (098) 3236-1964/ FAX: (098) 3236-9991 site: www.buildersconstrucoes.com.br e-mail: builders@buildersconstrucoes.com.br	ELABORAÇÃO:
	KAIO ARTHUR M. CAMPOS
FOLHA:	
A3	
PRANCHA Nº:	
01 / 01	

ANEXOS

ANEXO A – PES: FUNDAÇÃO DIRETA (documento parcial)

PES 03 – FUNDAÇÃO DIRETA

1. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

- Projeto de Fundação e Projeto Estrutural.
- Sondagem do terreno (camada do solo resistente antes de 3m).

2. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS:

- EPI's - Tábuas - Painéis de madeira (quando necessário) - Mangueira de nível - Pá - Enxada - Chibança	- Picareta - Carro de mão - Prego - Martelo - Argamassa para enchimento - Concreto - Pedra laterítica - Martelo	- Linha de náilon - Trena metálica - Betoneira - Prumo de centro - Prumo de face - Lona Plástica
---	--	---

3. EQUIPE:

- Engenheiro, Encarregado, Téc. em Edificações, Carpinteiro, Amador, Pedreiro, Servente e Operador de Betoneira.

PES 03 – FUNDAÇÃO DIRETA

4. MÉTODO EXECUTIVO:

4.1. Condições para o início dos serviços

- Para fazer a Fundação Direta o laudo de sondagem deve indicar que a camada de solo resistente está antes de 3m de profundidade. Para iniciar a escavação manual, a área deve estar limpa, destocada e pronta para execução do serviço.
- Deverão ser seguidos projetos e especificações no que se refere a profundidade e declividade da escavação. Entretanto, em alguns casos, as escavações poderão ser levadas até uma profundidade superior à projetada, até que se encontrem as condições necessárias de suporte para apoio das estruturas, ou seja, no momento da escavação, deve-se atentar para ausência de matéria orgânica (raiz, pau, etc.). Esta camada não serve para assentar o alicerce. Aprofundar até encontrar terreno firme sem raízes.
- Não trabalhar em dias chuvosos, pois a fundação não vai ficar boa e pode ocasionar problemas de trincas e infiltração de umidade na edificação para o resto da vida.

PES 03 – FUNDAÇÃO DIRETA

4.2.4 Laje Radier

- A partir do gabarito da edificação inicia-se a escavação para execução da contenção. Em seguida, inicia-se a regularização do "caixão" aterrando ou cortando de acordo com o nível final.
- Posiciona-se a forma de beiral observando a espessura do radier projetada.
- Inicia-se a locação dos conjuntos de sapata/arranque para execução. São locadas os kit's das instalações hidrossanitárias, elétricas, telefone e interfone para execução no terreno com aterro.
- Após a conclusão das sapatas e das instalações, aplica-se a lona plástica sobre o caixão já devidamente nivelado. A lona garantirá a integridade do concreto. Nas ligações entre "arranque" e laje a lona deve ser esgarçada para garantir a ligação entre ambos.

PES 03 – FUNDAÇÃO DIRETA

- Em seguida posicionamos a tela de ferro fazendo os devidos ajustes com auxílio de uma tesoura. Em seguida colocar os rebaios (quando houver).
- Os espaçadores devem ser colocados para liberação do lançamento do concreto, conforme a norma NBR 6118.
- Junto ao lançamento do concreto, realizar o adensamento com o vibrador para evitar espaços vazios de acordo com a NBR 14931.
- Após esse procedimento, é feito o acabamento da superfície com a régua de alumínio para corrigir as possíveis imperfeições.

PES 03 – FUNDAÇÃO DIRETA

5. VERIFICAÇÃO/INSPEÇÃO DO SERVIÇO:

- O serviço será verificado/inspecionado pelo Técnico de Edificações e registrado nos formulários de controle.

