

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS
MESTRADO EM INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS

EVERTON DE BRITTO SANTOS

**IMPLANTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS DA LEAN
CONSTRUCTION: UM ESTUDO DE CASO EM UM CONDOMÍNIO
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR NA CIDADE DE MARINGÁ – PR**

DISSERTAÇÃO

CAMPO MOURÃO

2021

EVERTON DE BRITTO SANTOS

**IMPLANTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS DA LEAN
CONSTRUCTION: UM ESTUDO DE CASO EM UM CONDOMÍNIO
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR NA CIDADE DE MARINGÁ – PR**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Inovações Tecnológicas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Inovações Tecnológicas.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Guelbert

CAMPO MOURÃO

2021



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



EVERTON DE BRITTO SANTOS

IMPLANTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS DA LEAN CONSTRUCTION: UM ESTUDO DE CASO EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR NA CIDADE DE MARINGÁ PR

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Inovações Tecnológicas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Inovações Tecnológicas.

Data de aprovação: 23 de Abril de 2021

Prof Marcelo Guelbert, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Douglas Fukunaga Surco, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Maria Do Rosario Santos Oliveira, Doutorado - Instituto Politécnico do Porto

Prof.a Tanatiana Ferreira Guelbert, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 23/04/2021.

Dedico esse título à minha família, que me apoiou em todos os momentos durante o desenvolvimento dessa pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro momento agradeço a Deus por me proporcionar saúde e conhecimento para que eu pudesse dar esse passo em minha carreira e em minha vida. Além disso, me proporcionando uma família que não economiza esforços para que eu possa alcançar meus objetivos.

Agradeço aos professores, à universidade e especialmente ao professor Dr. Marcelo Guelbert pela dedicação e atendimento ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa.

Aos professos da banca que enriquecem essa pesquisa, contribuindo para a estruturação do conhecimento e melhoria contínua.

A todos que diretamente e indiretamente contribuíram para esse resultado, meu muito obrigado.

RESUMO

A indústria da construção civil é conhecida como um dos segmentos com menor produtividade quando comparado aos demais setores. A criticidade desse índice indica como um dos principais responsáveis a falta de gestão dos processos durante todo ciclo de vida do projeto de construção. Como alternativa ao modelo tradicional de gestão, surge a filosofia denominada de *Lean Construction*, uma adaptação dos princípios e conceitos difundidos na indústria automobilística para a construção civil. Diante deste cenário, o presente estudo tem por objetivo implantar a inovação em processo e medir os resultados provenientes da utilização das ferramentas e metodologias *lean* em um empreendimento residencial multifamiliar na cidade de Maringá – PR. A inserção dos processos de melhoria contínua esteve presente em diferentes etapas durante o desenvolvimento dessa pesquisa, classificada como qualitativa. Como resultado evidencia-se um aumento do PPC% de 26,63% e de 24% do IRR% considerando a média entre o mês de maio e setembro de 2020. Com a implantação do *Last Planner System* foi possível evidenciar benefícios no planejamento e nos processos de melhoria contínua. Durante as reuniões de *Week Work Plan* foi evidenciada a relação entre o IRR% e o PPC%, ou seja, quanto mais eficiente era o processo de eliminação de restrições maior era o cumprimento do plano. Com a implantação de formulários *Kaizen* no surgimento do defeito, no planejamento semanal para tratamento dos principais motivos de variação do plano e também no processo de assentamento de alvenaria de blocos cerâmicos, no qual obteve um aumento de produtividade de 53,38% entre o primeiro e o sétimo pavimento. Por meio da Razão Unitária de Produção foi possível identificar a produtividade real das atividades, essa fonte de dados foi utilizada para refinamento do planejamento de novos empreendimentos e comprovaram por meio de cartas de controle a estabilidade dos processos de produção. A redução do *lead time* do empreendimento também foi constatada. Por meio do comparativo entre a curva S real e planejada, foi constatado que no mês de outubro de 2020 a diferença foi de 8,97% entre o avanço real e o planejado. Por fim, a implantação desses conceitos nos processos de produção desse empreendimento proporcionou aumento da produtividade, melhoria da qualidade, integração e aumento do conhecimento das equipes e consequentemente maior agregação de valor ao cliente final.

Palavras-chave: Inovação em Processo. *Lean Construction*. Construção Civil. Gestão de Obras. Melhoria Contínua. Produtividade.

ABSTRACT

The construction industry is known as one of the segments with the lowest productivity when compared to the other sectors. The criticality of this index indicates that one of the main reasons is the lack of management of the processes during the entire life cycle of the construction project. As an alternative to the traditional management model, there is the philosophy called Lean Construction, an adaptation of the principles and concepts disseminated in the automobile industry for civil construction. Given this scenario, the present study aims to implement innovation in process and measure the results from the use of lean tools and methodologies in a multifamily residential development in the city of Maringá - PR. The insertion of continuous improvement processes was present in different stages during the development of this research, classified as qualitative. As a result, there is an increase in the PPC% of 26.63% and 24% of the IRR% considering the average between the month of May and September 2020. With the implementation of the Last Planner System, it was possible to show evident benefits in the planning and in the continuous improvement processes. During the Week Work Plan meetings, the relationship between the IRR% and the PPC% was highlighted, that is, the more efficient the process of removing restrictions, the greater the fulfillment of the plan. With the implementation of Kaizen forms in the appearance of the defect, in the weekly planning for treatment of the main reasons for the variation of the plan and also in the process of laying ceramic blocks masonry, in which it obtained a productivity increase of 53.38% between the first and the seventh floor. Through the Unit Production Ratio, it was possible to identify the real productivity of the activities, this data source was used to refine the planning of new projects and proved by means of control charts the stability of the production processes. The reduction in the lead time of the project was also contacted. By comparing the real and planned S curve, it was found that in October 2020 the difference was 8.97% between the real and the planned advance. Finally, the implementation of these concepts in the production processes of this enterprise provided increased productivity, improved quality, integration and increased knowledge of the teams and, consequently, greater added value to the final customer.

Keywords: Process innovation. Lean Construction. Construction. Construction Management. Continuous Improvement. Productivity.

LISTA DE FIGURA

Figura 1	Pilares do Sistema Toyota de Produção	28
Figura 2	Porcentagem de destinação do tempo de produção no setor de manufatura e construção	40
Figura 3	Porcentagem do tempo gasto nas atividades da construção civil	43
Figura 4	Processamento no modelo tradicional	48
Figura 5	Processamento no modelo de fluxo	49
Figura 6	Resultados alcançados com a implantação da <i>Lean Construction</i>	51
Figura 7	Pilares da <i>Lean Construction</i>	64
Figura 8	Processamento em grandes e pequenos lotes	65
Figura 9	Fluxo contínuo no processo de produção de edifícios	67
Figura 10	Gráfico de nivelamento dos recursos pelo <i>takt time</i>	69
Figura 11	Comparativo entre a produção puxada e empurrada	72
Figura 12	Funcionamento de supermercados por meio de cartões <i>Kanban</i>	73
Figura 13	Linha do tempo do conceito de “Zero Defeito”	74
Figura 14	Linha de balanço	76
Figura 15	Exemplo de Mapeamento de Fluxo de Valor	78
Figura 16	Etapas de implantação do MFV	79
Figura 17	Processo de planejamento <i>Last Planner</i>	81
Figura 18	Etapas de planejamento da produção	81

Figura 19	Exemplo de aplicação do Gráfico de Balanceamento	83
Figura 20	Exemplo de definição de logística no canteiro de obras	85
Figura 21	Dinâmica do Sistema <i>Kanban</i>	87
Figura 22	5 sentidos do 5S	90
Figura 23	Etapas do Ciclo PDCA	92
Figura 24	Os dois níveis de <i>Kaizen</i>	94
Figura 25	Aplicação do Gráfico de Pareto	95
Figura 26	Objeto de investigação	100
Figura 27	Mapa mental - Iniciação	101
Figura 28	Mapa mental - execução	104
Figura 29	Etapas de implantação do MFV	109
Figura 30	Projeto de canteiro de obras	116
Figura 31	Lote construtivo	118
Figura 32	Cronograma em Linha de Balanço	122
Figura 33	Acompanhamento das restrições via aplicativo Trello	124
Figura 34	Planejamento e Controle Semanal de Tarefas	124
Figura 35	Monitoramento das restrições	125
Figura 36	Resumo PPC%	127
Figura 37	Formulário <i>Kaizen</i>	128
Figura 38	Aplicação do Gráfico de Pareto	129

Figura 39	Projeto de fechamento do pavimento repetitivo	137
Figura 40	Projeto de fechamento de bloco cerâmico do apartamento final 01	137
Figura 41	Mapa de produção da alvenaria	138
Figura 42	Projeto de fechamento do apartamento final 01	140
Figura 43	Pallets menores de blocos cerâmicos	141
Figura 44	Mapeamento do fluxo do trabalho	144
Figura 45	Mapeamento de Fluxo de valor – Blocos Cerâmicos	145
Figura 46	Demanda semanal de Pallets para um lote de produção	146
Figura 47	Estoque mínimo	147
Figura 48	Projeto de armazenamento de Pallets de blocos cerâmicos do lote de produção	150
Figura 49	Projeto de logística e armazenamento para as etapas de alvenaria e regularização	153
Figura 50	Projeto de tubulações de gás AP 1 e 2	157
Figura 51	Planilha de medição CEF	159

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1	Gestão Visual no canteiro de obras	89
Fotografia 2	Implantação de 5S no canteiro de obras	91
Fotografia 3	Exemplo da utilização do andon para controle visual de estoque	96
Fotografia 4	Reunião de <i>Pull Schadulling</i>	117
Fotografia 5	Fluxo de trabalho	117
Fotografia 6	Bloco canaleta de concreto utilizado na contra verga	139
Fotografia 7	Armazenamento de caixas com argamassa estabilizada	142
Fotografia 8	Carrinho para transporte de argamassa estabilizada	143
Fotografia 9	Abastecimento do canteiro de obras	146
Fotografia 10	Andon	148
Fotografia 11	Quadro de cartões kanban	149
Fotografia 12	Armazenamento dos pallets de bloco cerâmico no pavimento	150
Fotografia 13	Fachada do empreendimento em construção	152
Fotografia 14	Armazenamento de pallets de bloco cerâmico	154
Fotografia 15	Armazenamento das caixas de argamassa estabilizada	154
Fotografia 16	Armazenamento de janelas no subsolo	155

Fotografia 17 Apartamento regularizado	156
Fotografia 18 Tubulações de gás	157
Fotografia 19 Gabarito metálico na instalação do contramarco	158

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1	Dados de recursos e durações estimados durante reunião de <i>Pull Scheduling</i>	118
Tabela 2	Definição dos pacotes de trabalho após nivelamento dos recursos	121

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Etapas de trabalho antes do nivelamento dos recursos	120
Gráfico 2	Pacotes de trabalho após o nivelamento dos recursos	122
Gráfico 3	IRR% semanal	126
Gráfico 4	PPC% semanal	127
Gráfico 5	Ocorrência dos desperdícios nos formulários <i>Kaizen</i>	129
Gráfico 6	RUP na superestrutura	130
Gráfico 7	RUP carpintaria	131
Gráfico 8	RUP Armadores	131
Gráfico 9	RUP elétrica	132
Gráfico 10	RUP hidráulica	132
Gráfico 11	Razão Unitária de Produção das etapas construtivas	133
Gráfico 12	RUP alvenaria	134
Gráfico 13	RUP Passagem de mangueiras elétricas	134
Gráfico 14	RUP regularização	135
Gráfico 15	RUP tubulações de gás	135

Gráfico 16	RUP emboço interno	135
Gráfico 17	RUP contramarco	136
Gráfico 18	RUP da alvenaria de bloco cerâmico	151
Gráfico 19	Curva S planejada x real	160

LISTA DE SIGLAS

PIB	Produto Interno Bruto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PPC%	Porcentagem de Planejamento Cumprido
IRR%	Índice de Remoção de Restrição
STP	Sistema Toyota de Produção
JIT	<i>Just in Time</i>
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
IGLC	<i>International Group for Lean Construction</i>
TT	<i>Takt Time</i>
TTP	<i>Takt Time Planning</i>
LB	Linha de Balanço
MVF	Mapeamento de Fluxo de Valor
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>
RUP	Razão Unitária de Produção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Objetivo Geral	22
1.2	Objetivos Específicos.....	22
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	24
2.1	Lean Production.....	24
2.1.1	A evolução do sistema de produção	24
2.1.2	Sistema Toyota de Produção.....	26
2.1.3	Os pilares do Sistema Toyota de Produção.....	28
2.1.3.1	Just in Time.....	28
2.1.3.2	Jidoka.....	31
2.1.4	Os princípios do Lean Thinking.....	32
2.1.4.1	Valor.....	33
2.1.4.2	Fluxo de Valor.....	33
2.1.4.3	Fluxo Contínuo.....	34
2.1.4.4	Valor puxado pelo cliente.....	35
2.1.4.5	Perfeição.....	36
2.2	O modelo de Gestão Tradicional e Lean Construction.....	36
2.2.1	Particularidades da indústria da construção civil	36
2.2.1.1	Projeto único	37
2.2.1.2	Produção local	37
2.2.1.3	Multiorganização temporária.....	38
2.2.1.4	Intervenção regulamentar	39
2.2.2	Modelo de Gestão Tradicional	39
2.2.3	Inovação	44
2.2.3.1	Tipos de inovação.....	44
2.2.3.2	Grau de novidade e difusão	45
2.2.3.3	Inovação na construção civil	45
2.2.4	Lean Construction.....	46
2.2.4.1	Os princípios da Lean Construction	52
2.2.4.1.1	<i>Reduzir as atividades que não agregam valor.....</i>	<i>52</i>
2.2.4.1.2	<i>Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes</i>	<i>53</i>
2.2.4.1.3	<i>Reduzir a variabilidade</i>	<i>53</i>

2.2.4.1.4 Reduzir o tempo de ciclo	54
2.2.4.1.5 Simplificar através da redução do número de passos ou partes	55
2.2.4.1.6 Aumento da flexibilidade na execução do produto	56
2.2.4.1.7 Aumentar a transparência do processo	56
2.2.4.1.8 Foco do controle no processo global	57
2.2.4.1.9 Introduzir a melhoria contínua no processo	57
2.2.4.1.10 Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões	58
2.2.4.1.11 Banchmarking	58
2.2.4.2 Os desperdícios	59
2.2.4.2.1 Superprodução	60
2.2.4.2.2 Transporte	61
2.2.4.2.3 Processamento	61
2.2.4.2.4 Fabricação de produtos com defeito	61
2.2.4.2.5 Movimentação	62
2.2.4.2.6 Espera	62
2.2.4.2.7 Estoque	63
2.2.4.3 Os pilares da Lean Construction	64
2.2.4.3.1 Pilar – Fluxo Contínuo	64
2.2.4.3.2 Pilar – Takt	67
2.2.4.3.3 Pilar – Puxar	70
2.2.4.3.4 Pilar – Zero Defeito	73
2.2.4.4 As principais ferramentas da Lean Construction	75
2.2.4.4.1 Linha de Balanço	75
2.2.4.4.2 Mapeamento de Fluxo de Valor	77
2.2.4.4.3 Last Planner System	79
2.2.4.4.4 Gráfico de Balanceamento do Trabalho	82
2.2.4.4.5 Projeto de Logística e Abastecimento	84
2.2.4.4.6 Poka Yoke	86
2.2.4.4.7 Kanban	86
2.2.4.4.8 Gestão Visual	88
2.2.4.4.9 5S	89
2.2.4.4.10 Ciclo PDCA	91
2.2.4.4.11 Kaizen	93

2.2.4.4.12	Gráfico de Pareto.....	94
2.2.4.4.13	Andon	95
3	METODOLOGIA.....	97
3.1	Limitação e delimitação da pesquisa	99
3.2	Objeto de investigação.....	99
3.3	Procedimento, técnicas e ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do estudo	101
3.3.1	Iniciação.....	101
3.3.1.1	Layout e logística	102
3.3.1.2	Pull Schadulling	102
3.3.2	Execução	103
3.3.2.1	Look – Ahead Plan.....	104
3.3.2.2	Weekly Work Plan.....	105
3.3.2.3	Melhoria Contínua.....	106
3.3.2.4	Coleta de dados e produtividade	107
3.3.2.5	Planejamento de controle do processo de alvenaria de bloco cerâmico	108
3.3.2.6	Logística interna e 5S	111
3.3.2.7	Dispositivo à prova de erro	112
3.3.2.8	Redução do Lead Time.....	114
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	115
4.1	Iniciação.....	115
4.1.1	Layout e logística	115
4.1.2	Pull Schadulling	116
4.2	Execução	123
4.2.1	Look – Ahead Plan.....	123
4.2.2	Weekly Work Plan.....	124
4.2.3	Melhoria Contínua.....	128
4.2.4	Coleta de dados e produtividade	130
4.2.5	Planejamento e controle de produção do processo de alvenaria de bloco cerâmico	136
4.2.5.1	Projeto.....	136
4.2.5.2	Fornecedor.....	140
4.2.5.3	Planejamento da produção	143
4.2.5.4	Mapeamento de Fluxo de Valor	144
4.2.5.4.1	Etapa 1	145

4.2.5.4.2 <i>Etapa 2</i>	147
4.2.5.4.3 <i>Etapa 3</i>	148
4.2.5.4.4 <i>Etapa 4</i>	151
4.2.5.5 Logística interna e 5S	152
4.2.5.6 Dispositivo à prova de erro	155
4.2.5.7 Redução do Lead Time.....	158
5 CONCLUSÃO	161
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	163

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2020) a atividade econômica desse setor fechou o ano de 2019 com uma alta do Produto Interno Bruto de 1,6%, quando comparada ao ano de 2018. A expectativa para o ano de 2020 era que o crescimento do PIB do setor ficasse entre 2% a 4%. Esse resultado sinalizava o fim de um ciclo de retração que se pendurava entre os anos de 2014 a 2018, com um acúmulo de retração de 30% do PIB da construção civil. A expectativa de retomada foi abalada pelas drásticas mudanças econômicas devido o surgimento da Covid-19. Um dos impactos da pandemia foi a queda de 2,4% do PIB da construção civil no 1º trimestre em relação ao 4º trimestre de 2019 (FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2020). Diante de um cenário de incertezas quanto a duração e profundidade da crise, um estudo realizado pela LCA Consultores mostra que o PIB da construção poderia recuar de 7,5 a 10% no ano de 2020 (ISTO É DINHEIRO, 2020).

O agravamento da crise pode comprometer a saúde financeira das empresas da construção civil. Segundo a Agência IBGE (2020) entre os anos de 2015 a 2018 o setor perdeu aproximadamente 6,8 mil empresas, representando uma redução de 5,2%. Esse mesmo processo ocorreu entre 2017 e 2018, com uma redução de 1,37%. Esse cenário contribui para o aumento da escassez de investimentos e consequentemente aumento da competitividade entre as empresas do segmento, principalmente no setor de construção de edifícios.

Segundo a Agência Brasil (2020) após a projeção de queda de mais de 10% do PIB no ano de 2020, o setor chega ao final do ano com uma projeção de recuo de 2,8% e criação de mais de 138,4 mil postos de trabalho até outubro de 2020. Diante desses resultados a projeção do PIB do setor para o ano de 2021 é otimista, com um crescimento na casa dos 4%.

De acordo com a Agência IBGE (2020) em 2018 a construção de edifícios se tornou a principal produto do setor com maior geração de valor, responsável por 45,5% (R\$126,6 bilhões). Em segundo lugar vem as obras de infraestrutura, representando 31,3% (R\$87,0 bilhões) e por último os serviços especializados para a construção com 23,2% (R\$64,4 bilhões). Paralelo ao crescimento da representatividade da construção

de edifícios no setor, existe também uma crescente exigência dos clientes quanto ao atendimento dos requisitos de qualidade, preço de venda e atendimento no prazo.

Comparado aos demais setores industriais, a indústria da construção civil possui características intrínsecas que levar ao surgimento de incertezas no processo produtivo, como a grande quantidade de insumos, variabilidade do produto e das condições locais, processos controlados pelo homem, vulnerabilidade aos fatores climáticos, longo *lead time* e falta de domínio das empresas em seus processos (ISATTO, FORMOSO, HIROTA, 1999). Dacol (1996) corrobora com Isatto, Formoso e Hirota (1999) e afirma que a construção civil possui diferentes características comparadas aos demais setores da indústria, possuindo um baixo grau de mecanização e automação em seu processo produtivo, miscigenação de procedimentos artesanais com mecanização parcial e divisão do trabalho.

É durante a etapa de produção dos empreendimentos no setor da construção civil que geralmente se tem maior dispêndio de esforço e orçamento. Na busca por uma maior fluidez economia as empresas vêm buscando realizar uma reestruturação na sua cadeia produtiva, pois é na etapa de produção que a negligência da qualidade e a ocorrência dos diversos tipos de desperdícios são mais evidentes e impactantes na capacidade de agregação de valor ao cliente final.

Qualquer atividade que não agregue valor para o cliente é caracterizada como desperdício, para Sarhan, Pasquire e King (2014) na construção civil o tempo de improdutividade da força de trabalho está entre 55 e 65%. Diante da criticidade dos índices surge a necessidade de implantação de novos métodos de gestão da produção. Como possível solução surge o *Lean Construction* (Construção Enxuta), que é adaptação para a construção civil de uma filosofia criada no Japão no setor industrial denominado de Sistema Toyota de Produção.

Lean Construction, aqui entendida como uma filosofia de gestão da produção voltada para a construção civil, surgiu em 1992 com a publicação do trabalho do pesquisador Lauri Koskela, o Relatório Técnico nº. 72 – *Application of the New Production Philosophy to Construction*, publicado pelo CIFE – *Center for Integrated Facility Engineering*. De acordo com Koskela (1992) essa nova filosofia melhora a competitividade ao eliminar as atividades que não agregam valor ao cliente. O pesquisador afirma que a construção civil não deve mais ser modelada como uma série de atividades de conversão que transformam insumos em produtos intermediários, não considerando nesse modelo atividades de fluxos físicos.

O objetivo da criação de um novo modelo de gestão na construção civil é a necessidade de cobrir todas as características da produção, especialmente as que não estão apresentadas no modelo tradicional de conversão, onde as atividades de fluxo (apoio) como inspeção, movimentação e esperas são desconsideradas. Na *Lean Construction* os insumos são convertidos, movimentado e inspecionado durante a etapa de produção. Essas atividades são distintas uma das outras e possuem tempo, custo e valor atribuídos. Essa visão de fluxo e conversão possibilita ampla visão para a implantação de melhorias de processos, onde as atividades de fluxos devem ser diminuídas ou eliminadas e as atividades de conversão serem mais eficientes (KOSKELA, 1992).

Diante dessa complexidade a implantação dessa filosofia ainda é pouca utilizada nos canteiros de obras brasileiros. Dessa forma, o presente estudo pretende identificar quais os impactos na gestão da produção de um canteiro de obras com a introdução de uma inovação em processo baseado nos princípios e ferramentas da *Lean Construction*.

1.1 Objetivo Geral

Implantar Inovação em Processo por meio da aplicação dos princípios e ferramentas da filosofia *Lean Construction*, com foco no planejamento e controle de produção, por meio de um estudo de caso em uma obra residencial multifamiliar localizada na cidade de Maringá-PR.

1.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver projetos de canteiro de obras, logística interna e abastecimento;
- Implantar a metodologia do *Takt Time Planning* e o *Last Planner System*;
- Implantar ferramentas e princípios enxutos e identificar os benefícios no *layout*, na produtividade e no fluxo contínuo da produção;
- Implementar ferramentas de melhoria contínua no processo produtivo;
- Analisar a produtividade das equipes com a Razão Unitária de Produção;

- Analisar os resultados da implantação dos conceitos enxutos por meio da avaliação e evolução do indicador de Porcentagem de Planejamento Cumprido (PPC%);
- Analisar o Índice de Remoção de Restrições (IRR%) e sua relação com o PPC%.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Lean Production

O subcapítulo 2.1 apresenta um resumo da evolução dos sistemas de produção, os conceitos e características de cada modelo de produção, desde a manufatura, passando pela produção em massa até o Sistema Toyota de produção (STP). Na segunda etapa do capítulo é descrito com maior detalhe os conceitos do STP, do pensamento enxuto, os pilares de sustentação dessa filosofia de gestão e a evolução dos conceitos até sua denominação universal como *Lean Manufacturing*.

2.1.1 A evolução do sistema de produção

O desenvolvimento dos Sistemas de Produção ao longo do tempo possui forte ligação com o desenvolvimento da humanidade. Sua origem é de caráter rudimentar e por possuir esta característica foi denominado inicialmente de Sistema de Produção Artesanal. Apesar dos artesões possuírem habilidades em seus processos produtivos as peças eram produzidas em volumes reduzidos. Para cumprimento de maiores demandas e a busca por maiores ganhos, não havia outra escolha senão o aumento da força de trabalho (WISNER, 1987).

A qualidade do produto no modelo de produção artesanal era um fator crítico dentro do processo, pois dependia diretamente do indivíduo, de sua técnica e do produto a ser produzido. Quando o artesão utilizava de alguma ferramenta auxiliar ela só trazia benefícios quando conduzida pelas suas próprias mãos (FREITAS, 2006). Dorfler (1978) afirma que o artesanato mesmo que produzido pelo mesmo artesão possui algumas dissimilaridades, ou seja, a produção pode ser caracterizada por produtos exclusivos e não padronizados.

Com o intuito de proporcionar uma expansão do consumo, por meio do aumento da eficiência dos sistemas produtivos e diminuição dos custos dos produtos e serviços à engenharia de produção foi criada. O surgimento dos postos de trabalho, a padronização de produtos e processos, treinamento dos operários e o controle de produção são as principais características que diferenciam o sistema de produção industrial do artesanal (BORGES, 2016).

Diversos fatores foram decisivos para que o sistema de produção artesanal fosse modificado e aprimorado. Diante de um novo cenário surge a necessidade de uma produção em larga escala, do aumento da qualidade e diversidade, de estoques e da produção em grandes lotes (BORGES, 2016).

Com o advento da Revolução Industrial na segunda metade do século XVIII, o modelo de produção passou por drásticas mudanças. O objetivo dessas alterações era proporcionar um aumento na capacidade produtiva, diante de um mercado com exponenciais aumentos nos níveis de consumo. Para suprir tais necessidades foram realizadas diversas modificações nas linhas de produção das fábricas.

Dentro desse novo panorama surge no ano de 1914 o Fordismo. Criado por Henry Ford, o modelo tinha como premissa a produção em massa. O processo produtivo é caracterizado por grandes lotes de fabricação e alto grau de padronização. Os principais ganhos com a aplicação desses conceitos foram à redução dos custos de produção e ganhos expressivos em produtividade. Com a aplicação desses conceitos houve um aumento substancial dos lucros, onde jamais se tinha visto na história do capital (FAGUNDES, 2007).

O modelo de Ford tinha suas bases no princípio Taylorista, fundado pelo norte americano Frederick W. Taylor no início do século XX. O sistema artesanal era empírico e dependia exclusivamente da experiência do artesão, Taylor buscou identificar qual seria a melhor forma de execução do trabalho baseado em princípios científicos e se baseou-se na separação entre o planejamento e a produção, onde engenheiros industriais eram responsáveis pelo planejamento do trabalho e as tarefas repetitivas e ciclos rápidos para os operários (DENNIS, 2008).

Taylor apontava que a forma ideal de organização deveria ser sistematizada e hierarquizada, ou seja, cada trabalhador deveria desenvolver uma atividade específica no sistema de produção. A repetição dessas atividades pelo trabalhador o torna especialista em uma atividade específica (EUGENIO, 2018).

Com a implantação dos conceitos de o “melhor gesto”¹ defendido por Taylor, obteve-se um aumento da produtividade média ao longo da curva de aprendizagem, mas não alcançava aumentos de produtividade por diminuição da intensidade do trabalho (LIPIETZ; LEBORGNE, 1988).

¹ Os movimentos necessários para a execução da atividade, após a eliminação dos desperdícios também podem ser chamados de “melhor gesto”.

Uma das premissas do Fordismo é a racionalização da produção, com a aplicação de inovações técnicas e organizacionais. O conjunto de mudanças nos processos de trabalho está diretamente ligado às novas formas de consumo. A linha de produção (modelo linear) de Ford era composta por esteiras rolantes, dispostas de forma que o operário se mantinha praticamente parado. Nesse modelo linear de produção o trabalhador executava apenas uma pequena etapa da produção, exigindo dele pouca qualificação para execução do trabalho (SILVA; MARAFON; SEABRA, 2011).

Após duas décadas de crescimento econômico nos Estados Unidos, Japão e Europa Ocidental veio a crise econômica. A década de 70 foi marcada por uma forte recessão, trazendo para as principais economias do mundo expressiva redução de crescimento, alto desemprego e inflação elevada. Como consequência o Fordismo começava a enfraquecer e esse foi o marco do início da erosão desse modelo.

Em consequência da crise econômica surge o esgotamento no paradigma industrial, com desaceleração da produtividade e aumento da relação entre capital e produto, acarretando uma drástica queda na lucratividade. Havia duas crises implantadas dentro do modelo Fordista, do lado da oferta havia quedas na produtividade e a na taxa de lucro; do lado da demanda a estagnação dos mercados ocasionada pela atuação da concorrência internacional e da volatilidade da estrutura da demanda (EUGENIO, 2018).

Segundo Ohno (1997) à crise do petróleo em 1973 trouxe sérios problemas em empresas, governos e na sociedade do mundo inteiro. Um dos países fortemente afetados foi o Japão, pois um ano após a crise o país não apresentou nenhum crescimento e possuía uma grande quantidade de empresas de diversos setores mergulhadas em problemas econômicos.

Embora os lucros tenham diminuído com a crise financeira, a *Toyota Motor Company* obteve ganhos maiores do que as outras empresas. Na contramão do mercado, a Toyota fez com que a sociedade se indagasse qual seria o motivo para o alcance desses resultados. Tais efeitos foram alcançados devido à criação do seu próprio modelo de gestão, onde produzir muitos modelos de carros, em pequenas quantidades e a custo baixo era seus principais objetivos. Esse modelo foi denominado de Sistema Toyota de Produção (STP) (OHNO, 1997).

2.1.2 Sistema Toyota de Produção

Foi no início do século XX mais precisamente no ano de 1910 Sakichi Toyoda visitou os Estados Unidos e se entusiasmou com a indústria de automóvel, mas o nascimento da *Toyota Motor Company* deve-se a Kiichiro Toyoda, filho de Sakichi. A confiança no crescimento da indústria de automóvel fez com que Kiichiro criasse o departamento de automóveis na *Automatic Loom Works*, então em 1937 fundou a *Toyota Motor Company*, (MAGEE ,2008).

A Toyota tentou por alguns anos reproduzir os resultados alcançados por Ford, mas não obteve sucesso. Em 1956 o engenheiro chefe da Toyota Taiichi Ohno, após visitar as fábricas da Ford, chegou à conclusão que seria necessárias modificações no modelo de produção em massa para atendimento de um mercado com características diferentes, como era o mercado japonês (WOOD JUNIOR, 1992).

O intuito da Toyota era se tornar uma grande construtora de veículos, mas havia uma lacuna que os separavam dos competidores americanos e europeus. Dizia-se que a produtividade do trabalhador americano era nove vezes maior que a do japonês. Então a Toyota chegou à conclusão que o motivo dessa disparidade de produtividade era a existência de perdas e desperdícios no sistema de produção japonês. Diante da necessidade de alcançar melhores resultados, a solução foi realizar uma estruturação de processos de identificação e eliminação de perdas e desperdícios (GRENHO, 2009).

Com a queda do Fordismo era preciso encontrar um novo modelo alternativo de gestão que se adequasse a nova realidade econômica. Os resultados inigualáveis da *Toyota Motor Company* fizeram com que os olhares do mundo se voltassem para o Japão. O segredo foi à implantação de elementos inovadores que rompiam com as premissas do modelo de produção em massa. O *Just in Time* e o *Kanban* foram à chave para o sucesso do Sistema Toyota de Produção. Várias empresas nacionais e internacionais visitaram a Toyota, mas grande parte delas não obteve o mesmo sucesso na implantação em suas fábricas. O sucesso do sistema não se limitava apenas à adoção de um conjunto de métodos ou tecnologias, mas sim com a aplicação concatenada de princípios, métodos, técnicas e eliminação sistemática de desperdícios (GHINATO, 1996).

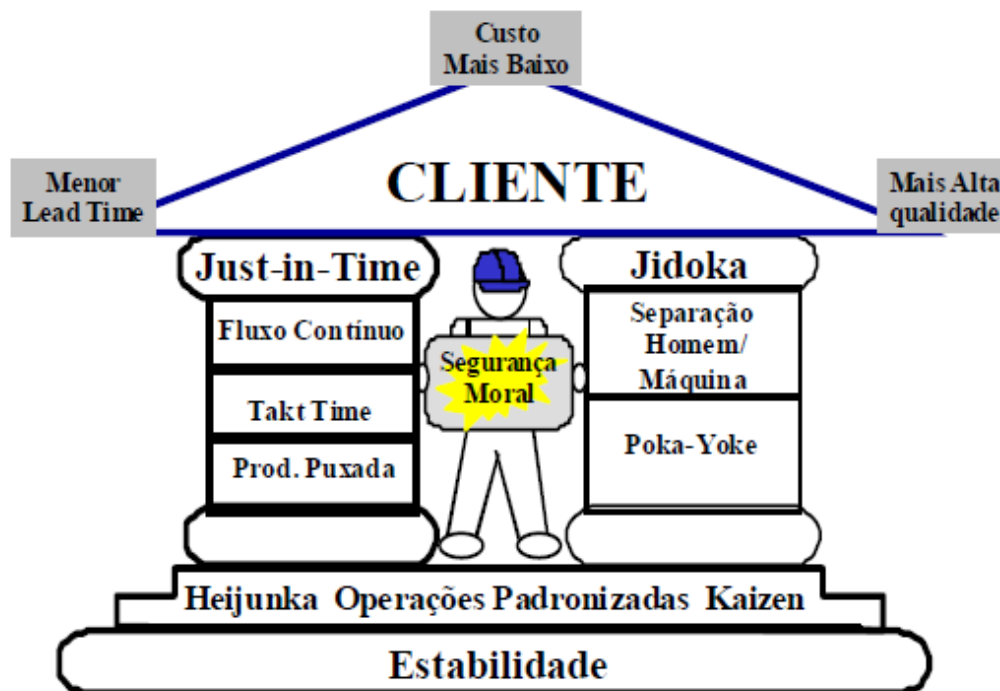
O STP é uma filosofia de produção que procura aperfeiçoar a cadeia produtiva para atendimento da demanda dos clientes, no menor prazo possível, com alta qualidade e com baixo custo. Ao contrário do pensamento Fordista, esse sistema busca maior integração de todas as partes da organização, proporcionando maior

segurança e moral ao trabalhador (GRENHO, 2009). Para Liker e Meier (2007) a essência do STP são as pessoas, o sistema defende que equipes eficientes são responsáveis por alcançarem grandes resultados.

2.1.3 Os pilares do Sistema Toyota de Produção

O STP é embasado por uma filosofia de trabalho onde é primordial o rápido atendimento ao cliente, com baixo custo e melhor qualidade. Para atendimento dessa premissa a Toyota adotou o *Just in Time* (JIT) e o *Jidoka* como os pilares do seu modelo de produção. O *Just in Time* está diretamente relacionado às entregas ao cliente, no tempo certo, na quantidade solicitada sem gerar estoques ou atrasos. O *Jidoka* refere-se à melhoria dos processos, na busca pela eliminação de desperdícios e melhoria contínua (OLIVEIRA, 2016). Na figura 1 representa a casa do STP.

Figura 1 – Pilares do Sistema Toyota de Produção



Fonte : Ghinato (1996).

2.1.3.1 Just in Time

O sistema *Just in Time* foi criado no Japão na década de 50 pela Toyota Motor Company com o objetivo de aumentar a produtividade apesar da quantidade reduzida

de recursos (MOURA E BANZATO, 1994). Traduzindo em japonês as palavras *Just in Time* significam “no momento certo”. Shingo (1996) afirma que esse conceito se refere mais do que ao tempo de entrega, pois esse pensamento poderia estimular uma produção antecipada (superprodução) e assim provocar esperas desnecessárias. O conceito principal é que cada processo deve ser abastecido com a quantidade correta, no tempo certo e sem geração de estoques.

Para Lubben (1989) o JIT pode ser descrito como uma filosofia de administração, com foco na integração do sistema de manufatura e um contínuo esforço para minimizar os elementos que o compõe e que possa prejudicar a produtividade. Cheng e Podolsky (1996) definem o JIT como um sistema de administração da produção onde nada pode ser produzido, comprado ou transportado fora do tempo correto. Para Slack (1993) o JIT tem o objetivo de atender a demanda no momento de sua necessidade com qualidade e sem desperdícios.

Para Ohno (1997) em processos de fluxo, as partes corretas chegam à linha de montagem no momento e na quantidade certa. Uma empresa que consiga estabelecer esse fluxo pode chegar a uma condição de estoque zero, sendo este o estado ideal do ponto de vista da produção. O conceito do JIT evoluiu de forma que seu objetivo não seria apenas a eliminação de desperdício, mas também a estruturação de um fluxo ideal dentro do processo produtivo. Dessa forma com a aplicação do JIT é possível obter estoques menores, baixo custo e melhor qualidade quando comparado aos sistemas de produção tradicionais.

Bernardes e Marcondes (2006) mostra que o JIT possui grande enfoque na gestão de pessoas de forma que garanta o comprometimento, participação e não conformismo do operário. Os resultados da implantação desse modelo não surgem da noite para o dia, mas sim de um movimento de contínua aprendizagem e aperfeiçoamento.

Para Barros et al. (2008) o JIT proporciona profundas alterações no modelo estrutural, onde a divisão por funções é substituída pelas células de manufatura. Essas células são áreas no chão de fábrica de tamanho variável, dedicada à produção de produtos e que tenha processos de fabricação semelhantes. Os postos de trabalho são arranjados de forma que as pessoas fiquem próximas umas das outras, permitindo que os produtos sejam fabricados dentro desta célula com o mínimo de

movimentação. Esses operários podem executar mais de uma operação, inclusive o controle de qualidade, fazendo dele responsável pelo produto como um todo.

Dennis (2008) afirma que a essência do JIT é proporcionar a fluidez do valor para que o cliente possa puxar. O autor ainda mostra que os principais componentes do JIT são o *Kanban* e o nivelamento da produção. O *kanban* de forma que sincronize e forneça instruções aos fornecedores e clientes quanto dentro e fora da fábrica e o Nivelamento da produção dando suporte ao trabalho padronizado e ao *Kaizen*.

Segundo Bernardes e Marcondes (2006) para o alcance de resultados efetivos com a implantação do JIT é necessário que alguns elementos básicos sejam considerados, tais como:

a) *Kanban*: O *Kanban* é utilizado para controlar a ordem do trabalho em um sistema sequencial, sendo esse um método de autorização da produção no sistema JIT. As peças fabricadas são mantidas em repositórios e somente alguns desses são fornecidas as estações subsequentes. As máquinas param de produzir quando esses repositórios estão cheios e só volta a operar quando retorna um repositório vazio, ou seja, o volume de produção é ditado pela demanda.

b) Tempo de Preparação: A produção de lotes ideais é um dos principais objetivos do JIT, pois tempos de preparação reduzidos proporcionam menores estoques, menores lotes e maior velocidade dos ciclos de produção.

c) Colaborador Multifuncional: A multifuncionalidade do trabalhador se torna necessário para o suprimento das rápidas mudanças e da redução dos lotes. Nesse sistema é eliminada a figura do preparador de máquinas, transferindo para o próprio operário a responsabilidade pela manutenção de rotina e pequenos reparos da máquina que opera. O aproveitamento do conhecimento do operador no manuseio dos equipamentos traz maior eficiência a manutenção preventiva e consequente diminuição de paradas na linha de produção.

d) *Layout*: O *layout* é profundamente alterado com a aplicação desse modelo de gestão. Os estoques, no STP são mantidos no chão de fábrica entre as estações de trabalho e não mais no almoxarifado. Essa proximidade proporciona diminuição de desperdício e facilita o uso nas estações seguintes. A quantidade de estoque é reduzida de forma que abasteça as estações de trabalho por apenas algumas horas, isso leva a redução de espaços de armazenamento.

e) Qualidade: a qualidade da produção é extremamente importante, pois a ausência dela em qualquer etapa do processo pode ocasionar parada na linha. Com

a diminuição dos estoques da produção, o empenho pela melhoria contínua e eliminação do defeito é essencial para a continuidade do processo, pois quando os defeitos acontecem esses são descobertos na próxima estação de trabalho e ocasionam parada na linha de produção. O objetivo é expor os erros e não os encobrir com volumes de estoque.

f) Fornecedores: O relacionamento com os fornecedores é modificado de forma substancial. As entregas devem ser feitas diretamente na linha de produção e de forma fracionada. Por não haver nenhum tipo de inspeção no recebimento, os fornecedores devem garantir a entrega de produtos de qualidade.

É inequívoca a busca pela exposição dos efeitos para implantação de processos de melhorias. Sayer (1986) faz uma analogia com o JIT, comparando à produção a um curso de água, o nível de água com os estoques e as pedras com os defeitos. Quando o nível de água está alto tem-se altos estoques e não há aparentemente ocorrências de defeitos, mas quando o nível é diminuído os defeitos se tornam visíveis.

2.1.3.2 Jidoka

No ano de 1924 Sakichi Toyota apresenta a criação de um tear mecânico que tinha a capacidade de parar automaticamente quando um fio se rompesse ou quando a quantidade de tecido programada fosse atingida. Esse grau de automação fez com que fosse possível a supervisão simultânea de várias máquinas pelo mesmo operador. Com o intuito de alcançar melhores produtividades com a redução da força de trabalho, esse conceito foi incorporado na Toyota e então denominado de automação ou *Jidoka* (GHINATO, 1996).

Conhecido como um dos pilares do STP, o objetivo da automação é proporcionar ao operário a autonomia de parar a máquina ou a produção quando o defeito for detectado. Para Moden (1984) a paralização da linha para detecção de alguma anomalia junto a aplicação de ações corretivas é a principal função da automação. Braga, Mariano e Ricci (2016) corrobora com Moden (1984) e completa que o ideal aqui é utiliza-se dos benefícios da automação atrelado à decisão humana.

Para Shingo (1996) o *Jidoka* está diretamente ligado ao conceito de máquinas inteligentes. Um dos meios de alcançar uma redução dos custos no processo produtivo é o estado em que a máquina atue sem o monitoramento humano contínuo.

Para Braga, Mariano e Ricci (2016) a redução dos custos é alcançada pela reeducação dos envolvidos e melhoria da qualidade do produto. A implantação desse conceito pode ser considerada como um dos requisitos estratégicos para as empresas, pois proporciona maior agregação de valor ao produto, eliminação de desperdícios e transformação da cultura produtiva por meio da qualificação profissional.

Liker (2007) afirma que uma das premissas do STP é o respeito pelas pessoas. O objetivo da implantação das máquinas na linha de produção é a redução do esforço humano, proporcionando as pessoas maior capacidade de pensar e resolver problemas. Segundo o autor o *Jidoka* traz um maior entendimento de onde estão ocorrendo às perdas no processo. As máquinas devem ser equipadas com sensores que possam avisar os operários quando precisarem de abastecimento ou manutenção.

Womack, Jones e Roos (2004) afirmam que a transferência de responsabilidades aos trabalhadores que agregam valor ao produto e um sistema de detecção de defeitos são as duas características de uma fábrica enxuta. Dessa forma, a automação não traz apenas melhorias no ambiente de trabalho, mas também faz com que os produtos produzidos possuam maior valor agregado no mercado. É possível obter-se ganhos de produtividade e eficiência com a utilização de máquinas que não necessitam de inspeções a todo o momento (BRAGA; MARIANO; RICCI. 2006).

2.1.4 Os princípios do Lean Thinking

Para Bastos (2013) o modelo de administração japonesa teve como base o STP, na década de 50 o sistema começou a ser aplicado em várias empresas ao redor do mundo, tornando-se uma das principais sustentações da competitividade em uma economia global. Com a globalização do método, o nome Sistema Toyota de Produção passa a impressão de exclusividade de apenas uma empresa, assim surgiu à necessidade de encontrar um nome mais aceitável para o sistema. Em 1990 James Wormack escreveu o livro denominado de “A Máquina que Mudou o Mundo” e nele usou o termo *Lean Manufacturing* o qual se tornou o termo mais aceito por todos.

A base do *Lean Thinking* é a eliminação de desperdícios. Ohno (1988) mostra que desperdício é tudo que aumenta os custos da produção sem que haja agregar valor. Para Womack e Jones (2004) o pensamento enxuto está diretamente ligado a uma forma de especificar valor, alinhar as ações e executar as atividades sem interrupções de forma que crie valor. Womack e Jones (1996) em seu livro “Lean Thinking” estabelecem os cinco princípios do pensamento enxuto: Valor, Fluxo de Valor, Fluxo Contínuo, Valor Puxado pelo Cliente e Perfeição.

2.1.4.1 Valor

Para Womack e Jones (1996) e Eira (2014) é o cliente que defini o valor, assim o valor é a capacidade oferecida a um cliente no momento certo a um preço adequado. A necessidade gera o valor e cabe às empresas procurar os caminhos de como atender essa demanda. Silva (2018) corrobora com Womack e Jones (1996) e Eira (2014) completando que o conceito de valor de um produto ou serviço está relacionado ao conceito de qualidade do cliente, pois podem ser representados de várias formas, como: a cor, forma, tamanho, tecnologias, embalagem, força da marca, preço de venda entre outros.

As empresas *lean* olham para os preços dos produtos e as características oferecidas ao cliente final e se questiona o quanto conseguirá reduzir os custos por meio da aplicação de métodos enxutos. Esse valor se torna a meta a ser atingida dentro do ciclo de desenvolvimento, produção e distribuição (WOMACK E JONES, 2003).

Para Hines e Taylor (2000) o valor das atividades são classificadas em três categorias. A primeira são as atividades que agregam valor, essas são as que o cliente está disposto a pagar. A segunda são as que não agregam valor, sendo essas os desperdícios que o cliente não está disposto a pagar. A terceira são as atividades necessárias e que não geram valor. Essas são necessárias para a confecção do produto, mas devem ser frequentemente estudadas de forma para que sejam reduzidas ao máximo.

2.1.4.2 Fluxo de Valor

Silva (2018) mostra que o fluxo de valor engloba todas as ações que agregam valor ou não, mas são necessárias para que o produto passe por todas as etapas do processo produtivo até chegar ao cliente. Com base nessa afirmação é possível distinguir ao longo do processo as ações que agregam valor e as que não agregam valor. Para analisar o valor existente na cadeia é preciso que seja identificado os desperdícios para que possam ser eliminados, dessa forma aperfeiçoam-se os processos aumento o valor entregue aos clientes.

Para Castellar (2016) o fluxo de valor é sequência das atividades executadas para produzir valor ao cliente. Dentro dessa perspectiva não é considerado apenas atividades geradoras de valor, mas também os desperdícios, gargalos, restrições e tudo que pode prejudicar e/ou impedir a geração de valor.

O fluxo de valor significa realizar um estudo profundo na cadeia produtiva para identificação das atividades que realmente agregam valor, as que não geram e as que não agregam valor, mas são importantes para manutenção dos processos e qualidade (PICHU, 2017).

2.1.4.3 Fluxo Contínuo

Os conceitos *lean* vieram para romper esse conceito de produção em grandes lotes e comprova que o fluxo contínuo traz inúmeras vantagens em relação à produtividade e qualidade além de menores tempos de atravessamento (PICHU, 2017). Para Rother e Shook (1999) o fluxo contínuo nada mais é do que a produção de apenas o que é exigido pelo processo sucessor sem geração de estoque.

Para Prisco e Toledo (2014) o fluxo contínuo faz com que exista uma progressiva realização de tarefas, desde a etapa de lançamento, concepção até a entrega ao cliente sem interrupções e desperdícios. A capacidade de produzir e distribuir seus produtos rapidamente reflete fortemente na eficiência da empresa em conseguir atender a necessidade do cliente quase que instantaneamente.

Para Suzuki (1987) os produtos passam por diversos processos e transportes até que estejam prontos para serem entregues aos clientes. Para empresas não enxutas cerca de 95% do tempo que seus produtos permanecem na planta é desperdiçado, por meio da execução de atividades que não agregam valor.

Uma das estratégias para alcançar a redução dos estoques é a adoção do fluxo contínuo. Alguns benefícios são atingidos com essa implantação, como:

aumento da flexibilidade e da produtividade, identificação de pontos de sobre carga e ociosidade do sistema, ganhos de espaço e redução dos custos dos estoques (LIKER, 2004). Slack (1993) aponta que a flexibilidade pode ser considerada como um diferencial competitivo para empresas de todos os setores, definindo-a como a habilidade de mudar com rapidez o que se faz e como se faz.

Além da redução de estoques, a velocidade de produção e estabilidade está diretamente relacionada ao fluxo contínuo. A velocidade de produção se refere à taxa com que os produtos devem ser entregues aos clientes e são ditadas pelo *takt time* (o tempo disponível para atendimento da demanda) (ALVAREZ; ANTUNES JÚNIOR, 2001).

Smalley (2005) afirma que estabilidade básica é sustentada pela previsibilidade e disponibilidade constante de recursos, onde esses devem ser adequados de acordo com as necessidades dos processos. Para Liker e Meier (2007) a estabilidade é a capacidade de produzir resultados coerentes ao longo do tempo. Os autores ainda afirmam que a falta de estabilidade é resultado da variabilidade dos processos.

2.1.4.4 Valor puxado pelo cliente

A produção empurrada é uma forte característica dos sistemas tradicionais. Empresas tradicionais empurram a produção desde a compra de matéria prima até o estoque dos produtos acabados. Os lotes são empurrados de uma estação anterior para a posterior, onde aguardam sua vez para ser processado. Ao contrário do modelo tradicional de gestão a produção puxada pode ser operacionalizada por meio do sistema *Kanban*. Nesse sistema não há *start* da produção até que o cliente faça o pedido, dessa forma o processo anterior produz somente a quantidade suficiente para reposição das unidades consumidas (MONDEN, 1984)

O valor puxado pelo cliente dentro do sistema de produção mostra que nada é produzido pelo fornecedor sem que o cliente interno ou externo sinalize a necessidade. Sendo assim o cliente tem a função de puxar o fluxo de valor, proporcionando redução de estoques e valorização do produto (TOLEDO, 2014).

O STP utiliza alguns métodos que garante o estado de não produzir além da demanda do cliente. O conceito de produção puxada considera um processo posterior

como consumidor e o anterior como fornecedor. Essa filosofia de produção conforme a necessidade deve ser disseminada por toda a fábrica (WOMACK; JONES, 1998).

2.1.4.5 Perfeição

O foco da perfeição é a eliminação progressiva do desperdício. Esse princípio é alcançado quando o processo produz valor ao cliente sem que haja desperdícios em meio aos processos. É evidente que o alcance dessa situação se necessita de muito esforço e progressivos planos de melhoria, a fim de alcançar a plena satisfação do cliente (SILVA, 2018).

Cardoso (2017) afirma que a perfeição deve ser buscada por todos os envolvidos no fluxo de valor do produto. A busca de um estado ideal por meio da melhoria continua deve ser crucial para o direcionamento de esforços das empresas. É necessário que todos os membros da cadeia produtiva conheçam profundamente os processos, podendo assim contribuir continuamente no processo de agregação de valor.

Para Hicks (2007) a eliminação de desperdício e a procura pela perfeição podem ser implantadas em qualquer sistema, onde os produtos fluem com o objetivo de satisfazer a procura do cliente. Para Costa (2013) o objetivo desse princípio é a melhoria do fornecimento de valor e ao mesmo tempo são eliminados diversos tipos de desperdícios, contribuindo para a criação de processos de excelência.

2.2 O modelo de Gestão Tradicional e Lean Construction

O subcapítulo 2.2 inicialmente irá apresentar as particularidades da indústria da construção civil quando comparada as demais indústrias. Apresenta também o modelo tradicional de gestão, o qual é predominante na maioria dos projetos no setor da construção civil. Em consequência das dificuldades na geração de valor por meio do modelo de gestão tradicional a *Lean Construction* é apresentada. Seus diferenciais quando comparada ao modelo tradicional, princípios e os tipos de desperdícios identificados no processo produtivo são descritos ao longo desse capítulo.

2.2.1 Particularidades da indústria da construção civil

Historicamente o setor manufatureiro possui diferentes características e maior maturidade na aplicação de novos modelos de gestão da produção quando comparada ao setor da construção civil. Para Koskela (1992, p.44) “as particularidades da construção referem-se as seguintes características: projetos únicos, produção no local, multiorganização temporária e intervenção regulamentar”. O autor ainda conclui que devido a essas características o setor da construção apresenta desvantagens frente ao setor manufatureiro no alcance de fluxos tão eficientes, mas afirma que há possibilidades de melhoria quando essas particularidades são analisadas e entendidas.

2.2.1.1 Projeto único

Projetos de construção são em sua maioria únicos e confeccionados para atender as necessidades e prioridades de cada cliente, ou seja, o cliente possui forte participação no ciclo de vida do projeto. Barros (2014) ainda afirma que cada projeto exige requisitos distintos na fase de *design*, pois a cada início de obra a construtora inicia seus trabalhos praticamente do zero.

No setor manufatureiro existe um importante trabalho de padronização, onde são oferecidas possibilidades limitadas do cliente personalizar o produto durante o ciclo de produção, MERLE (2012). De acordo com Paez, Salem e Solomon (2015) o setor manufatureiro utiliza em sua linha equipamentos para produzir produtos padronizados, proporcionando baixo nível de variabilidade na manufatura.

Produtos exclusivos são propensos a possuírem atividades únicas, onde os fluxos são desconhecidos e com dificuldades de definição de restrições. A coordenação do projeto é dificultada por indefinição das durações e os benefícios da aprendizagem, lições apreendidas e melhoria contínua são dificilmente adaptados a novos projetos. Diante dessa ausência de repetitividade é difícil identificar nesta etapa do projeto melhoria contínua, redução da variabilidade, transparência e redução do tempo de ciclo do projeto (KOSKELA, 1992).

2.2.1.2 Produção local

Na manufatura a produção dos produtos é realizada em locais diferentes do de consumo do produto, dessa forma é possível alocar as plantas em lugares fixos onde permanecerá um bom tempo. Ao contrário na construção civil, o local da

produção sempre é o mesmo da entrega do produto e dessa forma o ambiente da produção se torna mutável e conseqüentemente afetado pelas diferentes características regionais (MERLE, 2012).

Barros (2014) complementa que na indústria os produtos se movimentam pelos locais de trabalho, sendo que na construção civil o produto final é produzido de pequenas partes e as estações de trabalho se movimentam por essas. Lin e Shaw (1998) também afirma que a produção na construção é sempre limitada e depende de fatores físicos do local onde será instalada, como solo e condições climáticas. A construção civil é uma atividade que está cercada de diversas variáveis e é desenvolvida em um ambiente dinâmico e mutável, tornando assim o gerenciamento de obras mais complexo (MATTOS, 2010).

Para Koskela (1992) existem quatro principais problemas de controle e melhoria de processo em relação ao local da produção do produto na construção civil. O primeiro problema é a variabilidade do produto, proporcionando baixa taxa de aprendizagem² e melhoria dos processos, podendo ser um fator crítico para o fluxo contínuo da produção. O segundo problema é a complexidade da coordenação das movimentações das estações de trabalho dentro do espaço. Akinci, Fischer e Zabelle (1998) completam que a distribuição das equipes e materiais no espaço e tempo não é planejada, proporcionando a ocorrência de diversas interferências. O terceiro é a dificuldade em manter a transparência com as equipes em um ambiente em constante modificação, tornando assim o planejamento de *layout* trabalhoso. O último e quarto problema é o *benchmarking* devido à produção descentralizada.

2.2.1.3 Multiorganização temporária

Na construção civil as equipes são reunidas a partir da necessidade de produção de um novo produto. Por esse motivo esses grupos não são caracterizados como uma equipe, mas sim uma multiorganização temporária. É denominado de temporário, pois, pode haver relação durante apenas um único projeto (não há garantia de continuidade nos próximos projetos) (BLOIS; LIZARRALDE, 2011). Goodman e Goodman (1976) ainda definiram as organizações multiorganizacionais temporárias como um conjunto diferente de pessoas qualificadas trabalhando juntas

² O termo baixa taxa de aprendizagem indica um processo de aprendizagem muito lento.

em uma tarefa em um período limitado de tempo. Uma multiorganização é uma união de várias organizações, sendo estas um subconjunto de interesses de sua própria organização.

Na construção civil as multiorganizações temporárias não são formadas dentro dos limites de uma única organização, elas operam em um ambiente de sobreposição de limites organizacionais, onde várias organizações simultâneas atuam em prol do sucesso de um empreendimento. Essa diferença é significativa na busca e mensuração do sucesso de um projeto. A principal preocupação é o tempo que os indivíduos dessas organizações se desenvolvam e se integrem, sendo esses fatores primordiais na formação de confiança (OGUNLANA; HANIFF, 2015).

2.2.1.4 Intervenção regulamentar

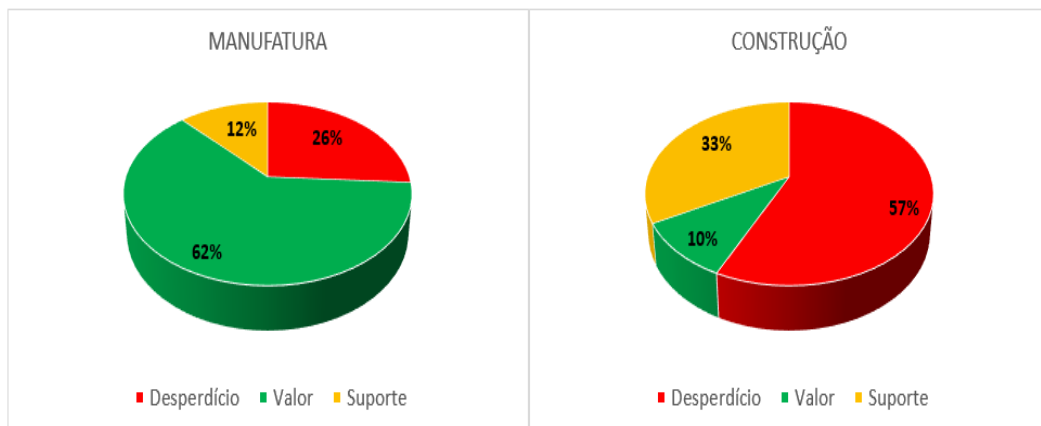
A indústria da construção civil está sujeita a fiscalização e regulamentação de vários órgãos. Essas intervenções podem ser externas ou internas e tornam-se restrições para o fluxo contínuo das atividades (ADJEI – KUMI; KPAMMA, 2013).

Koskela (2013) afirma que alguns prazos de aprovações podem ser imprevisíveis, podendo ocasionar atrasos ao projeto. O autor ainda afirma que é necessário que esses processos se tornem cada vez mais rápidos e simplificados citando como exemplo a Noruega. No que se refere às fiscalizações e inspeções dos serviços a ser executado, Koskela mostra que uma das alternativas é que essas atividades estejam intrínsecas no processo de fluxo de produção, podendo ser realizadas pelas próprias equipes quando possuírem sistemas de qualidade satisfatórios.

2.2.2 Modelo de Gestão Tradicional

Comparada aos demais setores da indústria a construção civil é caracterizada por apresentar baixa produtividade e alto desperdícios em seus processos produtivos. De acordo com Umstot (2015, p.14, apud Construction Industry Institute, 2004, p.5) a indústria manufatureira possui uma razão de produção/desperdício 3,7 vezes maior do que a indústria da construção civil de acordo com a figura 2. Esses dados deixam claros a ineficiência da gestão da produção do modelo tradicional na construção civil.

Figura 2 - Porcentagem de destinação do tempo de produção no setor de manufatura e construção



Fonte: Adaptado de Umstot (2015, p.14, apud Construction Industry Institute, 2004, p.5).

Qualidade é definida por Juran e Gryna (1992) como adequação ao uso ou ausência de defeitos. Um produto tem qualidade quando ele atende as necessidades dos clientes, ou seja, é a satisfação do cliente em relação ao produto. Os defeitos na construção civil são oriundos geralmente da não conformidade com as especificações pré-estabelecidas da qualidade. No sistema de gestão tradicional os retrabalhos geralmente são intrínsecos ao processo de produção, sendo as não conformidades apenas detectadas após a conclusão da atividade devido a existência de longos ciclos de controle (JUANFANG; XING, 2011).

Ballard, Howell (2003) afirmam que o sistema tradicional acrescenta *buffers* em meio ao seu processo de entrega, esses estoques são introduzidos no meio dos processos para defesa de seus interesses. Tais reservas podem ser de informações, produtos, matéria prima, espaço ou tempo. Devido à incapacidade das empresas de engenharia, arquitetura ou prestadores de serviços prevê o nível de variabilidade ou risco em seus processos, essas empresas podem não ter alternativa senão adquirir esses inventários.

Koskela (1994) afirma que a indústria da construção tradicional se concentra apenas nas atividades de transformação e desconsidera as atividades que não trazem valor agregado ao processo, ocasionando assim uma variabilidade incontrollável da produção. Alan Mossman (2009) estimou em seu estudo que de 5 a 10% das atividades criam valor para o cliente.

Os desperdícios devem ser considerados como a parte mais importante do processo de produção no canteiro de obras, pois devem ser identificados para que

sejam eliminados e/ou minimizados. Para tentar resolver os problemas da variabilidade os líderes dos projetos tradicionais tendem a investir mais recursos e conseqüentemente aumentam os gastos da empresa em vez de identificar as fontes reais dos desperdícios no processo produtivo.

De acordo com Ballard (2000) o processo de produção pode ser concebido de pelo menos três maneiras diferentes: como um processo de conversão de entradas e saídas, fluxo de materiais e informações e um processo de geração de valor para o cliente. O princípio do modelo de conversão é a suposição de que o trabalho pode ser dividido em partes e que essas podem ser gerenciadas independentemente uma das outras. Essa abordagem traz benefícios para a gestão de contratos em vez do gerenciamento da produção.

A indústria da construção está organizada em projetos, sendo fortemente influenciada pela teoria de Gerenciamento de Projetos. Dentro do escopo da administração do tempo as etapas consistem em definir as atividades, sequencia-las, estimar as durações, desenvolver o cronograma e controla-lo. O foco se torna a entrega dos objetivos do projeto e não nos processos de geração de fluxo ou valor. Atividade de fluxo como, espera, armazenamento e movimentação não são modelados pela *Critical Path Models* (CPM) ou outras ferramentas de controle (KOSKELA, 2013).

Glimmerveen, Johansen e Vrijhoef (2002) mostra em seu trabalho que o CPM é o método preferido das empresas, mas esse se torna ineficiente ao lidar com projetos dinâmicos, complexos e com alto nível de incerteza, encontrado na construção civil. Além disso, é inerentemente hierárquico introduzindo assim desperdícios nos processos através do investimento de esforço em programas de produção com baixa aderência.

Barros (2014) explica que os projetos de construção quando geridos no modelo tradicional possuem problemas desde a etapa de *Design* até a fase de operação e manutenção. Esse modelo tem como característica um excesso de atrasos no início do projeto, elevado índices de reclamação por baixa qualidade, aumento no número de acidentes de trabalho e excesso de paralelismo de atividades no final do projeto.

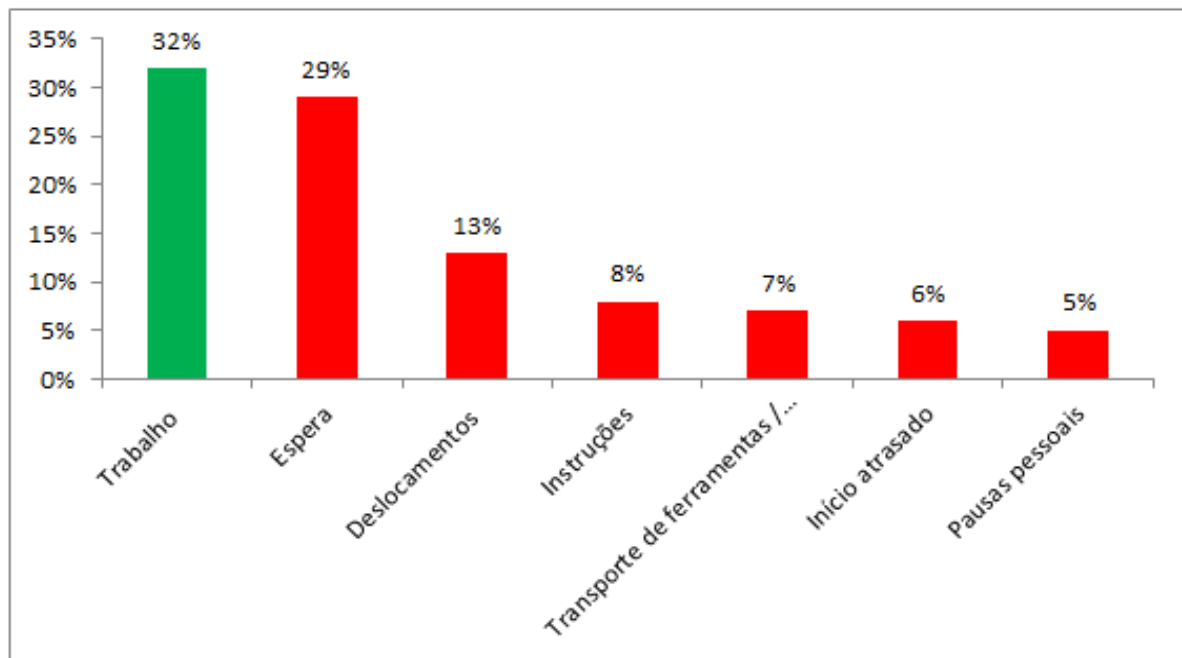
A Estrutura Analítica do Projeto (EAP) é um documento importante na gestão de projeto tradicional, pois ela fornece uma estrutura de planejamento e custo

integrada. O objetivo do fracionamento do escopo em pacotes menores é trazer um maior controle de custo e prazo. O processo de produção não é citado durante essa etapa, dessa forma cada pacote de trabalho se torna um centro de custo, ou seja, é negligenciada nessa perspectiva a visualização de fluxo de produção e capacidade dos recursos (BALLARD, 2000).

Goldratt (1994) afirma que cada elemento de um sistema depende um do outro de forma que o desempenho global do sistema está relacionado ao desempenho do conjunto e não do desempenho individual de cada uma das partes. Durante a execução do projeto o tempo de controle envolve planejamento, programação e monitoramento. O objetivo durante esse ciclo de controle é a produção ou progresso e não produtividade. Existe uma fraqueza no processo de controle, onde os projetos podem estar dentro do orçamento e do cronograma, mas não estar produzindo de maneira certa, no tempo certo e em conformidade com os requisitos de qualidade do produto (BALLARD, 2000). Ballard e Howell (1996) afirmam que é impossível tomar boas decisões a respeito dos desvios do projeto e suas causas apenas com os dados de produtividade e progresso, sem a compreensão do fluxo de trabalho.

A figura 3 mostra que as atividades de valor agregado nos projetos de construção tradicional não excedem na maioria das vezes 32% do tempo gasto e os 68% restantes são divididos em diversos tipos de desperdícios (BAJJOU;CHAFI;EN-NADI, 2017, p.123, apud DUPIN, 2014, p.18).

Figura 3 - Porcentagem do tempo gasto nas atividades da construção civil



Fonte: Adaptado de Bajjou,Chafi;En-nadi (2017, p123 apud Dupin, 2014, p. 18).

Harris e McCaffer (2013) mostram que no modelo tradicional de gestão da construção civil mais de 50% das atividades agendadas não são executadas dentro do prazo preestabelecido. O planejamento centralizado é o principal motivo para esses resultados, nele o gestor do projeto realiza o planejamento com base nos objetivos pretendidos, sem levar em consideração a realidade do local de construção e nem a capacidade de recurso das prestadoras de serviço para o cumprimento do plano. A imposição do cumprimento dos prazos às equipes é uma das características que definem um sistema de produção empurrado.

Carvalho (2016) complementa que um sistema de produção empurrado é aquele que utiliza ordens de produção baseada em previsões, ao contrário do sistema de produção puxado que toma decisões de acordo com a demanda real do cliente final.

Em contrapartida ao setor manufatureiro onde a programação da produção para atendimento do mercado é realizada a partir da demanda de vendas e histórico de mercado, a construção civil programa sua produção de acordo com a demanda e as necessidades de cada período da obra. Para isso utiliza de um processo diferenciado de gestão, a qual pode ocorrer alterações significativas ocasionadas pelas restrições e interferências em cada uma de suas fases (BARROS, 2014).

2.2.3 Inovação

2.2.3.1 Tipos de inovação

Ao longo desse século o tema inovação vem sendo amplamente discutido, principalmente em função da sua representatividade para aprimorar a competitividade das organizações, frente a concorrência mundial. Portanto, o objetivo de toda essa busca foi obter maior compreensão do seu papel no desenvolvimento das empresas e da economia (LEMOS, 2000).

Segundo o Manual de Oslo publicado pela FINEP (2006) os principais tipos de inovações são: de produto, de processo, de *marketing* e organizacional. Uma inovação em produto refere-se à introdução de um produto novo ou significativamente melhorado em suas especificações técnicas, componentes, materiais ou em outras funcionalidades. O termo “produto” refere-se tanto a bens quanto a serviços. A inovação de produto no setor de serviços pode caracterizar-se como uma mudança na forma de disposição ou até mesmo a introdução de novos serviços.

A inovação em processo é a introdução de um método de produção ou distribuição novo ou melhorado visando a redução dos custos de produção, qualidade ou distribuição dos produtos novos ou melhorados. Os métodos de produção são as técnicas, equipamentos e *softwares* utilizados na produção. Os métodos de distribuição envolvem a logística da empresa, seus equipamentos, técnicas para alocação de insumos ou entrega de produtos finais (FINEP, 2016).

Uma inovação em *marketing* é a implantação de um método modificado de concepção do produto, embalagem, posicionamento no mercado, em sua promoção ou na fixação de preços. Seu objetivo é melhorar o atendimento ao consumidor, abertura de novos mercados ou alteração de posicionamento de um produto no mercado para aumento das vendas. Essa inovação surge com a implementação de métodos que ainda não tenham disso utilizados pela empresa, fazendo parte de um novo conceito ou estratégia de *marketing* para produtos novos ou já existentes (FINEP, 2016).

Para FINEP (2006) a inovação organizacional é novo método de introduzido as práticas de negócios da empresa, visando o aumento do desempenho empresarial por meio da redução dos custos administrativos, de suprimentos ou de transação.

Essa inovação compreende a adoção de métodos inovadores na organização das rotinas e procedimentos de condução do trabalho.

2.2.3.2 Grau de novidade e difusão

Quanto ao grau de novidade e difusão, Freeman (1988) afirma que as inovações podem ser radicais ou incrementais. A inovação radical é caracterizada pelo rompimento do padrão tecnológico anteriormente praticado, podendo ser o desenvolvimento de um novo produto, processo ou uma forma de produção inovadora. Esse tipo de inovação traz uma mudança profunda na forma de produção de um mercado como um todo, um exemplo desta é a criação da máquina a vapor. A inovação incremental pode ser introduzida trazendo reflexos na melhoria de um produto, processo ou organização da produção dentro de uma empresa, sem que altere a estrutura industrial. Seus benefícios podem não ser percebidos pelo consumidor final, mas são responsáveis pelo aumento da eficiência técnica, aumento da produtividade, redução de custos, aumento da qualidade ou melhoria dos processos. Scherer e Carlomagno (2016) complementam que as inovações incrementais são oriundas de iniciativas desenvolvidas dentro da própria empresa ou por necessidades do mercado.

2.2.3.3 Inovação na construção civil

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil (CBIC), em seu projeto de Inovação Tecnológica, utilizou como base os conceitos do Manual de Oslo, caracterizando as inovações no setor da construção civil. Existe um movimento crescente no setor da construção civil de modernização de seus processos produtivos, pois há uma necessidade premente de alcançar maiores índices de produtividade, não só devido ao déficit habitacional do país, mas também pela sua infraestrutura deficitária. A CBIC (2017) afirma que os procedimentos e técnicas de inovação estão entre os maiores desafios para o setor nos próximos anos, pois para que o país continue crescendo a um ritmo de 5% ao ano, o PIB da construção civil precisa alcançar um crescimento de 6%, neste sentido é necessário um aumento de 3% da produtividade do setor. Dessa forma, a industrialização da produção e a adoção de métodos inovadores para gestão da cadeia produtiva se torna essencial para a

estabilidade econômica das empresas e para o atendimento da demanda brasileira (FILHA, 2010)

2.2.4 Lean Construction

Com a queda nas margens de lucro e aumento da competitividade na construção civil, as construtoras buscam novas formas de reduzir seus desperdícios e aumentar seus lucros (MASTROIANNI; ABDELHAMID, 2003). De acordo com Junqueira (2006) a construção civil é caracterizada por altos índices de desperdícios, baixa qualidade, patologias e processos ineficientes. Com esse panorama o setor se torna promissor para o alcance de melhores resultados com a aplicação de conceitos de produção enxuta.

A indústria da construção civil possui características diferentes em seus processos produtivos quando comparada a produção industrial de manufatura, entretanto o pensamento *lean* proporciona uma forma inovadora de coordenar e agir, embasada na cultura e não em normas fixas e rígidas. A implantação desses conceitos e ferramentas se caracteriza como uma inovação incremental, trazendo reflexos na produtividade, custos e melhoria dos processos produtivos. Frente a esse novo panorama, surge a possibilidade da aplicação dos conceitos desenvolvidos pelo STP, adaptando suas características a realidade da indústria da construção civil (ARANTES, 2008).

O início da aplicação da filosofia *Lean* na indústria da construção civil foi na década de 90. O embasamento teórico que inspirou a aplicação desta nova forma de construir foi publicado pelo pesquisador Lauri Koskela em 1992, com o título “*Application of the new production philosophy in the construction industry*” publicado pelo CIFE – Center for Integrated Facility Engineering, ligado à universidade de Stanford – EUA. Nessa publicação o autor desafia os profissionais de construção civil a romper seus paradigmas de gestão e adapta-los aos conceitos de fluxo e geração de valor presentes no pensamento enxuto, o qual foi denominado de *Lean Construction* (LEITE, 2015).

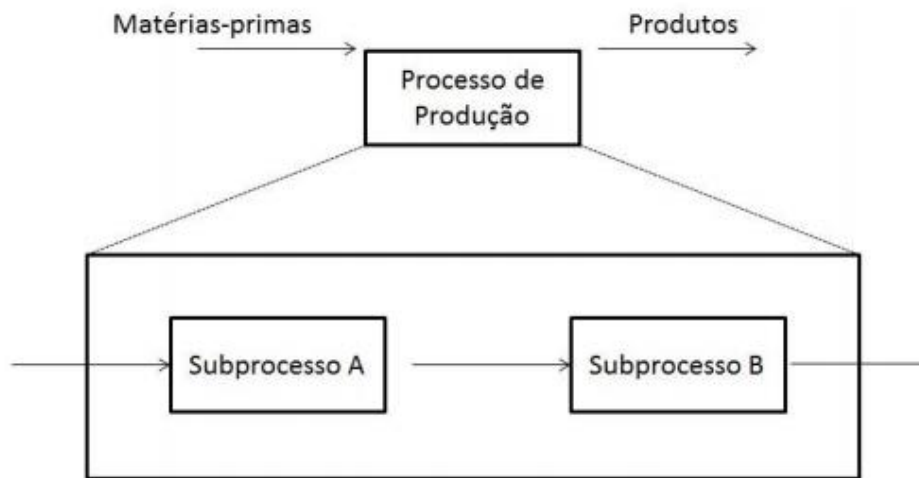
Em 1993 Lauri Koskela, Gleann Ballard, Luis Alarcón entre outros pesquisadores formaram o IGLC – *International Group for Lean Construction*. O objetivo do grupo era de desenvolver novas investigações e reinterpretações do

processo de produção na construção civil. Esse se tornou o grupo mais importante de investigadores, o qual promovem conferências anuais para a discussão sobre o tema (FERNANDES, 2015). Para Howell (1999) a *Lean Construction* é a reinterpretação dos princípios da *Lean Production* aplicados aos processos construtivos. Koskela (1992) evidencia que a *Lean Construction* é o novo conceito de entendimento dos processos produtivos na construção civil.

Koskela (2000) afirma que o modelo de transformação foi fortemente influente e bem-sucedido durante grande parte do século XX. Segundo o autor, no modelo tradicional de produção, os procedimentos são as atividades de conversão de matéria prima (*inputs*) em produtos (*outputs*) acabados. Diante dessa condição de transformação esse modelo foi então denominado de modelo de conversão.

Para Starr (1966) qualquer processo de produção pode ser considerado como um processo de transformação, pois em resumo, um conjunto de recursos denominados de entradas quando processados liberam determinadas saídas. Koskela (2000) afirma que esse modelo está diretamente ligado à noção de produtividade, onde são analisadas as proporções entre a entrada e saída em determinado período de tempo. Com a premissa de que o controle individual das atividades aumenta a capacidade de gestão e conseqüentemente obtenção de melhores resultados, no modelo de gestão tradicional os processos são divididos em subprocessos.

Plossl (1989) contraria essa premissa e afirma que o foco apenas nos subprocessos de transformação diminui a eficiência geral do fluxo. Segundo Ballard e Howell (2004) a visão relacionada ao gerenciamento tradicional não consegue visualizar o fluxo de materiais, pessoas e informações, pois são treinados a dar ênfase na utilização dos recursos dentro do processo produtivo. A figura 4 exemplifica o modelo tradicional de entradas e saídas.

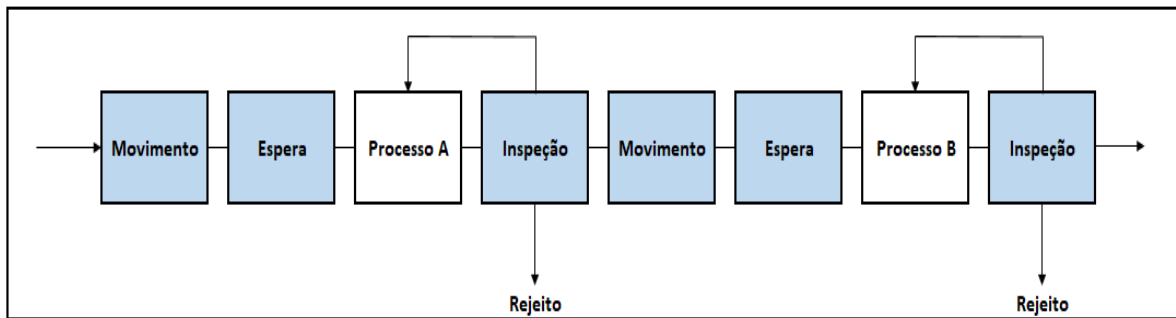
Figura 4: Processamento no modelo tradicional

Fonte: Koskela (1992).

O modelo baseado na conversão manteve-se firme até os anos 80. A partir daí uma nova abordagem surge trazendo maiores benefícios e ocasionando o enfraquecimento do modelo predominante. No pensamento enxuto a produção é composta de atividades de conversão, mas também atividades de fluxo de materiais, mão de obra e informações. A identificação e gerenciamento das atividades de fluxo é fundamental para o aumento da produtividade, redução de desperdícios e melhoria contínua (KOSKELA, 1992). Gonçalves (2014) afirma que na construção civil as atividades de fluxo são relacionadas a um problema, pois evidencia a existência de atividades de transporte, inspeção e espera. Essas atividades não agregam valor ao produto final, dessa forma, devem ser reduzidas e/ou eliminadas ao máximo.

Para Koskela (1992) a agregação de valor se refere ao cumprimento dos requisitos do cliente, onde na maioria das vezes está intimamente ligada as atividades de processamento. Nesses fluxos o material é processado (conversão), inspecionado, se move ou aguarda. As atividades de espera, inspeção e movimentação são caracterizadas como atividades de fluxo e são compostas por tempo, custo e valor. Na figura 5 mostra a produção como um processo de fluxo, onde as caixas azuis representam as atividades que não agregam valor (fluxo) e as caixas brancas as atividades que agregam valor (conversão).

Figura 5: Processamento no modelo de fluxo



Fonte: Autor adaptado de Koskela (1992).

O planejamento da produção baseado nos conceitos de fluxo permite identificar as causas que originam os problemas e conseqüentemente traçar planos de melhoria. Existem dois grupos de causas: a aplicação do modelo tradicional de gestão se mostra ineficiente e as particularidades da construção civil que não são devidamente analisadas e manipuladas (ARANTES, 2008).

Segundo Costa e Luiz (2008) o propósito apresentado pela mentalidade enxuta é alcançar o máximo de produtividade, eficácia, baixos custos e com zero defeito na conversão, no estoque e nas movimentações. Para Tonin e Schaefer (2013) a *Lean Construction* procura aprimorar o modelo tradicional de gestão e conseqüentemente melhorar os resultados da indústria da construção civil. Para Wigginscki (2009) a construção enxuta busca enxergar além do método tradicional de transformação, incluindo o tempo, variabilidade e a satisfação do cliente como elementos importantes para o processo de decisão. Howell (1999) completa que a *Lean Construction* é um novo caminho para a gestão da construção civil, com impacto nas relações comerciais e também na concepção dos projetos.

Segundo Druker (1989) no âmbito empresarial os resultados são alcançados quando seus produtos ou serviços se tornam referências no mercado, ou seja, o resultado de um negócio é a satisfação do cliente final. O foco no cliente contrasta com o modelo de gestão tradicional, pois nele é dado maior ênfase ao gerenciamento dos processos internos.

A compreensão de valor está relacionada ao entendimento do desejo e satisfação do cliente. A percepção de valor geralmente se altera entre os indivíduos e também se transforma durante as etapas da vida com o surgimento de diferentes necessidades. Para Cook (1997) a maneira de medir o valor do produto é o preço que

o cliente paga por ele. A representatividade está relacionada a satisfação da necessidade e inversamente ao custo (MIRON, 2002).

Para Koskela (2000) existe alguns pontos onde o modelo de transformação difere do modelo de geração de valor:

- a) É considera as atividades que são desenvolvidas pelos fornecedores;
- b) O foco principal o cliente final;
- c) A entrada é composta por informações advindas do cliente e a saída é a satisfação de suas necessidades;
- d) Todas as atividades como as de *design* e produção não são semelhantes.

No que se refere ao valor, é essencial identificar como defini-lo.

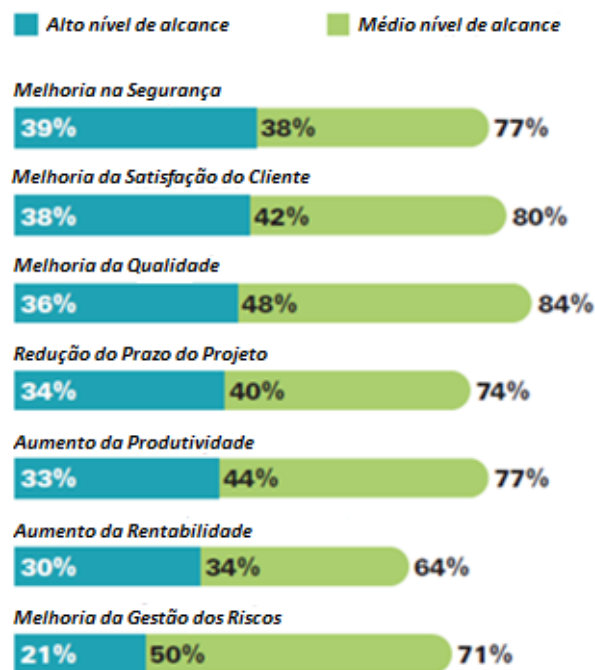
Para Barros (2014) a *Lean Construction* é a aplicação de princípios e ferramentas enxutas em todo ciclo de vida do projeto de construção. Não só objetiva-se maximizar o valor e minimizar os desperdícios da produção, mas também a aplicação de técnicas em um novo processo de entrega de um projeto. Com isso alguns resultados podem ser alcançados, tais como:

- Planejamento das etapas em conjunto e maior apoio aos propósitos do cliente;
- O envolvimento de todos os processos e maximização do valor e redução dos desperdícios;
- Esforços de gestão e melhoria global dos processos, com maiores ganhos de eficiência, diminuição de custos e de *lead times*;
- Monitoramento dos resultados para que produzam certo, da maneira certa, no tempo certo e dentro do custo. Trazendo com isso melhorias no processo de planejamento, programação e controle;
- Melhoria no envolvimento e participação de todos os envolvidos no projeto, desde a fase de projeto e planejamento até a fase de funcionamento.

Diante da introdução e desenvolvimento de práticas como o *Lean Manufacturing*, avanços em relação à produtividade, qualidade e redução dos prazos foram alcançados na indústria nos últimos 30 anos. Essa adaptação para a construção civil alavanca os resultados de seus principais processos, desde a fase de orçamento, planejamento, execução até a fase de entrega. Em alguns países a execução de projetos de Construção Enxuta encontra-se mais avançados e o sucesso na aplicação dessa metodologia em alguns projetos evidencia sua potencialidade na indústria da construção civil (BARROS, 2014).

Segundo um *Report* publicado em 2013 pela *Mcgraw Hill Construction* sobre a implantação do *Lean Construction* mostra que os especialistas em *lean* afirmam que o maior benefício da sua implantação é a capacidade de obter-se sucesso em um mercado competitivo. A pesquisa ainda mostra que 84% dos profissionais entrevistados afirmaram que o *lean* trouxe maior qualidade em seus projetos e 80% relataram ter alcançado maior satisfação de seus clientes. Além desses, outros resultados foram alcançados, conforme apresentados na figura 6.

Figura 6 - Resultados alcançados com a implantação da *Lean Construction*



Fonte: Adaptado de Souce McGraw Hill Construction (2013).

Essa nova abordagem tem como uma das principais características a consideração de fluxos e a diferenciação entre as atividades geradoras de valor e as que não geram valor para o cliente. Essas e outras características são responsáveis pelo aumento da produtividade na indústria da construção civil (BARROS, 2014).

A visão se fluxo se torna fator importante para aumento da eficiência, pois em processos complexos grande parte dos custos é causada por atividades de fluxo em vez de convenção. Atividades como movimentação, espera e inspeção (atividades de fluxo) por não agregarem valor ao processo devem ser identificadas para que possam ser eliminadas ou reduzidas (KOSKELA, 1992).

Krupka (1992) afirma que o tempo é uma métrica mais útil do que a qualidade e o custo, pois pode ser usado para promover melhoria em ambos. Um dos benefícios da implantação da *Lean Construction* é a redução do tempo de ciclo. Esse nada mais é do que a soma do tempo de atravessamento, inspeção, espera e de movimentação. Os ganhos nessa redução é a compressão das atividades que não agregam valor por meio de sucessivas melhorias de processo.

De acordo com Juran (1998), cerca de um terço do que é feito consiste em refazer o trabalho anteriormente executado. Não conformidades ocorridas durante o processo de produção trazem aumento de custos, tempo e afetam diretamente os fluxos físicos. Para uma rápida percepção do defeito, curtos ciclos de controles são adotados de forma que produtos defeituosos sejam percebidos apenas no final da execução do trabalho. Tais interrupções por defeito no produto no final da linha de produção traz maior onerosidade e paralização dos fluxos físicos no canteiro de obras.

Em seu estudo de caso, Cruz (2018) analisou as principais causas de variabilidade do tempo em três sistemas construtivos diferentes. Na aplicação de um questionário foi elencado trinta e uma causas de variabilidade. Seus resultados evidenciam as principais causas de variabilidade, sendo algumas delas semelhantes em seus entrevistados, como o retrabalho, baixa qualidade do trabalho e socialização. Barros (2014) afirma que quanto mais variabilidade no processo mais suposições existirá no planejamento.

2.2.4.1 Os princípios da Lean Construction

Koskela (1992) apresentou os 11 princípios da *Lean Construction*, de forma que sirva de ponto de partida para a implantação do pensamento enxuto nas empresas do setor da construção civil. Esses princípios são: reduzir as atividades que não agregam valor, aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes, reduzir a variabilidade, reduzir o tempo de ciclo, simplificar através da redução do número de passos ou partes, aumento da flexibilidade na execução do produto, aumentar a transparência do processo, foco do controle no processo global e introduzir a melhoria contínua no processo, esses serão detalhados a seguir.

2.2.4.1.1 *Reduzir as atividades que não agregam valor*

Atividades que agregam valor são aquelas que convertem material e/ou informação de modo que atenda aos requisitos do cliente. Já as atividades que não agregam valor são aquelas que consomem recursos, tempo e não contribuem para atendimento dos requisitos do cliente. Segundo Ciampa (1991) apenas 3 a 20% das etapas agregam valor para o cliente.

Para Koskela (1992) existem três formas de redução das atividades que não agregam valor. A primeira é com a redução ou eliminação das atividades de movimentação, inspeção e espera também denominadas de atividades de fluxo. A segunda é o conhecimento das informações trazidas pelas medições de desempenho realizadas no canteiro de obras, pois é impossível melhorar a produtividade quando não se conhece o desempenho atual das equipes. A terceira refere-se as atividades que não agregam valor para o cliente internos, como planejamento e segurança do trabalho, porém outras atividades não geram valor para ninguém como, acidentes e desperdício de material.

2.2.4.1.2 Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades dos clientes

Zanotti (2018) argumenta que esse princípio parece óbvio e de cumprimento automático, mas não é isso que acontece no dia a dia dos projetos, pois os processos de conversão não geram valor a não ser que estejam cumprindo os requisitos do cliente. Diante da necessidade excessiva do controle de custo das atividades, o cumprimento das necessidades dos clientes muitas vezes não é atendido, acarretando ao processo desperdícios como não conformidades e o surgimento de defeitos.

Segundo Koskela (1992) toda atividade existe o cliente interno (aquele que irá executar a atividade sucessora) e o externo (cliente final). Seja qual for posição desse cliente, as considerações (requisitos dos clientes) devem ser analisadas, questionadas e se possível implantadas para que se garanta o alcance da satisfação pelo serviço e/ou pelo produto.

2.2.4.1.3 Reduzir a variabilidade

Diversos fatores mostram a importância da redução da variabilidade no processo produtivo. Do ponto de vista do cliente, a uniformidade de um produto traz maior satisfação, pois é garantido o atendimento das especificações previamente estabelecidas. Quanto ao prazo de execução, a variabilidade tende a dilatar o tempo de ciclo e as atividades que não agregam valor. Frente a esses fatores é possível concluir que, a redução da variabilidade pode ser alcançada com a implantação de padrões de processos (FORMOSO, 2000). Shingo (1996) corrobora com Formoso (2000) e afirma que a melhor forma que reduzir a variabilidade é por meio da padronização dos procedimentos, tanto na conversão quanto nos fluxos dos processos.

Segundo Oliveira, Lima e Meira (2007) para a redução da variabilidade é necessário que se destine recursos ou esforços direcionados para corrigir resultados que variem de acordo com o planejado. Santos e Powell (1999) mostra que a existência da variabilidade ocasiona atrasos nas programações devido ao erro dimensional dos produtos. Os autores ainda completam que quando um processo está sujeito a variabilidade todos os resultados referentes ao desempenho também são variados.

2.2.4.1.4 *Reduzir o tempo de ciclo*

A implantação desse princípio pode ser possível a medida que se alcance a redução de atividades que não agregam valor ao cliente, através de decisões nos diferentes níveis de planejamento. Essa redução acontece através da sincronização dos fluxos de materiais e mão de obra e com a implantação de programações repetitivas e padronizadas. Tal sincronia pode ser alcançada através da redução do tamanho dos lotes de produção, proporcionando maior velocidade no fluxo de materiais e informações entre os estágios de um processo, e conseqüentemente redução do tempo de entrega do produto ao consumidor final (SANTOS, 1999).

Grenho (2009) afirma que o planejamento a médio prazo e o ritmo das equipes de produção é importante para o alcance da sincronização. No curto prazo ações de proteção da produção, como a eliminação de restrições, possibilitam o fluxo contínuo da produção, diminuindo a variabilidade e conseqüentemente a redução do tempo de ciclo.

Segundo Souza (2010) esse princípio está intimamente relacionado com a otimização de transportes necessários, inspeção obrigatórias, processamentos com qualidade e redução de tempos improdutivos. Isattto (2000) lista as principais vantagens da redução do tempo de ciclo:

- a) **Entrega mais rápida ao cliente:** com a redução dos lotes de produção há uma conseqüente entregas mais rápidas ao cliente e tendência de redução de custo do empreendimento;
- b) **Gestão dos processos mais facilitada:** o volume de produtos inacabados (produtos em processo) tende a diminuir nas frentes de trabalho, facilitando o controle de produção;
- c) **O efeito da aprendizagem tende a aumentar:** com a redução dos lotes há uma diminuição na sobreposição de diferentes unidades, assim as falhas tendem a aparecer mais rapidamente, podendo ser identificadas e corrigidas em um curto espaço de tempo;
- d) **A estimativa de futuras obras é mais precisa:** devido a diminuição dos lotes de produção, as estimativas tendem a ser mais precisas proporcionando maior estabilidade ao sistema de produção;
- e) **O sistema de produção se torna menos vulnerável a mudança de pedido:** um certo grau de flexibilidade pode ser alcançado com a possibilidade de implantação de alterações em lotes subsequentes.

2.2.4.1.5 *Simplificar através da redução do número de passos ou partes*

Esse princípio está intimamente ligado a redução das partes de um processo, proporcionando a redução do número de passos em um fluxo de material e informações. Quanto maior o número de passos existentes em um processo produtivo maior são as atividades de movimentações, dessa forma, a redução dessas partes é diretamente proporcional a redução de atividades que não agregam valor (KOSKELA, 1992). Bernardes (2003) corrobora com Koskela (1992) e sustenta que a redução do número de passos ou partes pode ser entendida como a redução do número de componentes de um produto ou pela redução do número de passos em um fluxo de informações ou materiais.

Para Formoso (2005) a aplicação desse princípio na construção civil é frequentemente alcançada com a implantação de sistemas construtivos racionalizados, com a utilização de elementos pré-fabricados, equipes polivalentes e planejamento do processo produtivo. Grenho (2009) afirma que esse princípio é mais facilmente alcançado na etapa de projeto, mas o planejamento e controle de produção também consegue implanta-lo pela análise da maneira pela qual o processo é executado, de modo que se alcance a redução de etapas da operação.

2.2.4.1.6 Aumento da flexibilidade na execução do produto

Para Slack et al. (1996) a flexibilidade é a capacidade de poder alterar o que a operação faz, como faz e quando faz. Ainda segundo o autor as operações precisam estar em condições de serem alteradas para atendimento das exigências dos clientes. Rocha et al. (2004) defini flexibilidade como a possibilidade de realizar mudanças no projeto, personalizando os produtos de acordo com as necessidades dos clientes.

Koskela (1992) afirma que para o alcance da flexibilidade é necessário que se minimize a quantidade de produtos fabricados, reduza o tempo de fabricação, possibilite a adequação aos requisitos do cliente e utilização de equipes polivalentes. Alves (2007) conclui que esse princípio busca a adequação entre o projeto e produção.

Santos (1999) mostra que a redução do tamanho dos lotes pelo processo de planejamento e controle de produção é primordial para o aumento da flexibilidade. Para a sustentação desse princípio é necessário que o processo de suprimentos e produção seja melhor desenvolvido, a afim de garantir maior confiabilidade e qualidade.

2.2.4.1.7 Aumentar a transparência do processo

Para Koskela (1992) a possibilidade de ocorrência de erros pode ser minimizada com o aumento da transparência dos processos produtivos. Isatto *et al.* (2000) cita algumas formas para o alcance do aumento da transparência: redução de obstáculos visuais, divulgação dos indicadores de desempenho e implantação do 5S.

Uma forma de aumentar a transparências dos processos é com a utilização de plantas e esboços nas reuniões, com o objetivo de aumentar a compreensão das equipes de trabalho. Esses encontros devem proporcionar a troca de ideias e

identificações de possíveis obstáculos e melhorias nos processos em execução e futuros. À medida que as equipes acumulam uma maior quantidade de informações suas atividades são executadas de maneira mais eficiente (GREIFE, 1991).

2.2.4.1.8 *Foco do controle no processo global*

Para Moura (2015) o foco no processo global significa entregar o empreendimento no prazo, custo e cumprindo os requisitos do cliente. Shingo (1996) afirma que as melhorias devem ser implantadas visando aumento da eficiência global dos processos, pois com isso é possível identificar e corrigir os desvios que venham interferir no prazo de entrega do empreendimento.

A implantação de melhorias pontuais em determinados subprocessos podem ter impacto reduzido ou até negativo no desempenho global. Essa situação ocorre em processos de produção fragmentados, como é o caso da construção civil. O setor é caracterizado por possuir vários projetistas, subempreiteiros e fornecedores independentes, por conseguinte, a decomposição do planejamento em níveis pode facilitar a implantação desse princípio. Resultados positivos podem ser alcançados quando a análise dos impactos ao planejamento a longo prazo, pelos problemas ocorridos no curto prazo são utilizados para implantação de planos de melhoria de desempenho dos processos produtivos (GRENHO, 2009).

2.2.4.1.9 *Introduzir a melhoria contínua no processo*

De acordo com Liker (2005) a melhoria contínua é a busca incessante de melhoria dos processos de produção, distribuição e comercialização. É o comportamento de estar atento a como as coisas são realizadas e assim, identificar qualquer melhoria possível, de forma que elimine ou reduza os desperdícios.

O pensamento *lean* busca proporcionar o engajamento e implantação da aprendizagem, de maneira que as pessoas participem dos processos de melhoria e sejam encorajadas a pensar em todas as atividades sob o ponto de vista do cliente (ALVES et al., 2014). Isatto (2000) aponta que o trabalho em equipe e a gestão participativa é essencial para a implantação da melhoria contínua nos processos.

Para Moura (2015) a melhoria contínua é o princípio básico onde toda melhoria pode ser testada e quando trazer bons resultados deve ser incorporada. O autor concluir que essa é a única maneira de conseguir visualizar a evolução das práticas construtiva. Lorenzon (2008) afirma que esforços para diminuição de desperdícios e agregação de valor devem ser contínuos, e completa que a melhoria continua pode ser incorporada nas instituições por meio do estabelecimento de metas, como redução de estoques e apresentação dos meios para seu cumprimento.

2.2.4.1.10 *Balanceamento da melhoria dos fluxos com a melhoria das conversões*

Koskela (1992) mostra que as melhorias nos fluxos são negligenciadas pelo modelo tradicional de gestão a décadas, assim, as melhorias nos fluxos possuem maior potencial de que a melhoria das conversões. As melhorias do primeiro podem ser implantadas na maioria das vezes com menores investimentos, mas por outro lado demandam de maior esforço de tempo. As duas melhorias devem estar intimamente interligadas, pois:

- Fluxos melhores demandam de menor capacidade de conversão e conseqüentemente menores investimentos em equipamentos;
- Novas tecnologias de conversões podem proporcionar diminuição da variabilidade, trazendo benefícios ao fluxo.

2.2.4.1.11 *Banchmarking*

Foi David T. Kearns diretor executivo da Xerox Corporation que criou o termo *banchmarking* no final dos anos 80. É definido como uma das principais ferramentas para a gestão organizacional, onde proporciona diversas alternativas de aprimoramento de processos. Essa ferramenta possui características flexíveis podendo ser explorada por qualquer tipo de organização, por meio de uma investigação e exploração do desconhecido gerando ações empreendedoras (ARAÚJO, 2001).

Benchmarking é determinado como o processo de aprendizagem de boas práticas correntes em organizações com boa representatividade no mercado. Para que esse princípio seja implantado é necessário que a empresa busque conhecer a fundo seus processos, as boas práticas em empresas com as mesmas características,

e a partir dessas informações adapta-las de acordo com a realidade de cada empresa (ISATTO, 2000).

Para Novaes (1997) o *banchmarking* consiste em um processo sistemático de avaliação de empresas e serviços, partindo de um comparativo com organizações mais eficientes e adaptando as ações com o intuito da melhoria dos resultados. É considerado um moderno instrumento de gerência por proporcionar a melhoria de forma comparativa.

2.2.4.2 Os desperdícios

Perda é toda atividade humana que absorve recursos e não agrega valor, tais como retrabalhos, produção de produtos não consumidos, estoque e transportes (OHNO, 1988). Formoso et al (1996) complementa que entre as perdas estão os desperdícios de materiais, como também a execução de atividades que não agregam valor e geram custos adicionais ao produto.

Formoso et al. (2002) realizou um estudo sobre os desperdícios na construção civil no Brasil e identificou que o custo dessa perda gira em torno de 8% do custo total do empreendimento. O autor concluiu que a principal fonte da perda é a negligência das atividades de fluxo no canteiro de obras. Em outro estudo sobre os desperdícios na construção indiana realizado por Ramaswamy (2009) mostra que o tempo gasto com mão de obra e equipamentos em atividades que não agregam valor varia entre 51 e 61%. Na Suécia, Josephson e Saukkoriipi (2005) concluíram que a parcela do trabalho que traz agregação de valor gira em torno de 17,5% do tempo de trabalho e o desperdício de espera representa a maior parcela, com 23% do total.

Ohno (1988) mostra que os desperdícios encontrados na produção podem ter suas origens de sete formas distintas: por superprodução, transporte, processamento, fabricação de produtos com defeito, movimentação, espera e estoque. Para Macomber e Howell (2004) a classificação proposta por Ohno (1988) é incompleta para a construção civil, dessa forma se torna necessário novas subdivisões e definições que melhor se adequem ao setor.

Segundo Shingo (1996) deve haver um contínuo processo de identificação dos desperdícios na produção, pois aqueles que não são conhecidos se tornam os mais perigosos. Os desperdícios desconhecidos não são alvo de melhoria e conseqüentemente são os principais causadores de gargalos e *gaps* nos processos

produtivos. Ohno (1997) afirma que a eliminação completa desses desperdícios pode possibilitar o aumento da eficiência das operações. Para que isso ocorra é necessário que seja produzido apenas a quantidade necessária de forma que não se utilize força de trabalho excessiva. O autor completa que a verdadeira eficiência é quando os desperdícios são eliminados totalmente e a força do trabalho atinja 100%. Ohno (1997) e Shingo (1996) abordam os sete desperdícios de forma mais completa, essas são: superprodução, transporte, processamento, fabricação de produtos com defeito, movimentação, espera e estoque e serão detalhados a seguir.

2.2.4.2.1 Superprodução

Ohno (1997) afirma que a superprodução é o pior dos desperdícios, pois ele ajuda a ocultar os demais. Para o alcance da redução da superprodução é necessário haja aumento da eficiência com base na demanda do mercado, sendo assim, o passo mais importante no esforço da redução da força de trabalho é a eliminação desse desperdício.

Shingo (1996) mostra que a eliminação da superprodução é um dos principais objetivos da produção enxuta. Essa perda pode ser classificada de duas maneiras: superprodução quantitativa e superprodução por antecipação. A primeira se refere a uma produção superior a quantidade necessária, acarretando sobra de produtos e estoques. Os gestores da maioria das empresas defendem a geração de estoque, pois necessitam de um “pulmão” para a proteção da produção contra sérios problemas de instabilidade no processo produtivo. Quando por ventura seus processos não apresentem nenhuma instabilidade o resultado é a superprodução quantitativa. O desperdício de superprodução por antecipação nada mais é do que finalização do produto antes do prazo a ser repassado ao cliente, proporcionando um acúmulo de estoque e conseqüentemente a necessidade de maiores espaços físicos.

Para Costa (2017) algumas ferramentas podem ser implantadas para que haja redução do desperdício de superprodução, tornando a empresa mais competitiva e proporcionando um aumento de produtividade. Algumas delas são: *Just in Time*, sistema puxado, produção nivelada ou mesclada, padronização e simplificação dos processos, redução do tamanho dos lotes, troca rápida de ferramentas e manufatura celular.

2.2.4.2.2 *Transporte*

As perdas relacionadas ao transporte estão intimamente ligadas as atividades de movimentações de materiais (fluxo) no canteiro de obras. As atividades de movimentação ou atividades de fluxo devem ser minimizadas pelas organizações, a fim de se manterem mais competitivas e eficientes. O processo de melhoria deve ser implantado com o objetivo de alcançar a redução e/ou eliminação da atividade de transporte. Esse objetivo não pode ser confundido com a introdução de modernos equipamentos de movimentação, pois esses trazem melhorias ao trabalho de transporte, mas não se obtém uma melhoria de transporte (SHINGO, 1996).

O transporte é uma atividade necessária no processo produtivo, então sua completa otimização conduz a uma completa eliminação. Esse desperdício deve ser encarado como uma das prioridades no trabalho de redução de custos, pois ele representa cerca de 45% do tempo total de fabricação de um item (GRENHO, 1999).

Para Antunes (2008) a implantação de melhorias no *layout* da planta associada com a melhoria nos métodos de transporte, procedimentos e análise das rotas é possível minimizar os desperdícios de transporte de materiais, proporcionando ganhos em tempo e encurtamento de distâncias de abastecimento.

2.2.4.2.3 *Processamento*

Esse desperdício é baseado nas atividades de processamento que são desnecessárias para a que se alcance um nível básico de qualidade do produto (OLIVEIRA, 2016). Para Ghinato (1996) as perdas de processamento são as parcelas que poderiam ser eliminadas sem alterar as funções básicas do produto.

Para Shingo (1996) a determinação da causa raiz do surgimento desse dessa perda é primordial que haja uma análise criteriosa de todo processo, como uma definição clara de qual produto será produzido e quais os métodos serão utilizados em sua fabricação, tendo como base os conceitos de agregação de valor.

2.2.4.2.4 *Fabricação de produtos com defeito*

Grenho (2009) mostra que os defeitos são consequência da fabricação de produtos que apresentam inconformidade em alguma de suas características de

qualidade, e conseqüentemente insatisfazendo os requisitos de uso. O surgimento de outras perdas surge com o a ocorrência desse defeito. Os desperdícios mais visíveis são os de materiais e mão de obra, pois os materiais aplicados podem ser reaproveitados ou não, e a mão de obra deverá ser novamente requisitada para correção do defeito.

Liker (2005) afirma que a produção de produtos em desacordo com os requisitos mínimos pode ocasionar desperdícios de espera, estoque, movimentação, entre outros. Para o autor produzir produtos com defeito significa assumir perdas com materiais, manuseio, tempo e esforço. Para Ghinato (1996) a produção de produtos defeituosos tem forte impacto sobre a estrutura do sistema produtivo, com isso, tem influência no preço de venda do produto, programação de quantidade a ser entregue, compromete os prazos de entrega e os requisitos de qualidade.

2.2.4.2.5 *Movimentação*

Para Motta (2009) pesquisadores como Taylor e Gilbreth foram relevantes no estudo de tempos e movimentos, visto que tinham como motivação os esforços humanos como forma de melhoria da produtividade. Considerado o pai do estudo de movimentos, Gilbreth realizou a decomposições das operações de forma que alcançasse a eliminação de movimentos inúteis e buscou unir, simplificar e racionalizar os movimentos úteis, alcançando com isso economia de tempo e esforço (MAYNARD,1970).

Os desperdícios de movimento estão associados a movimentação desnecessária de operários. Do ponto de vista da agregação de valor deslocamentos no local de trabalho não significam que os operários estão executando atividades benéficas ao produto (OHNO, 1996). Correa e Correa (2007) corrobora com Ohno (1996) e afirma que o desperdício de movimento está diretamente relacionado com a movimentação indispensável dos operários na execução de uma atividade. Uma das técnicas recomendadas para o combate dessa perda é o estudo de tempos e métodos e da padronização das operações. O autor completa que com a implantação dessas ações se pode obter uma redução entre 10% e 20% no tempo de operação.

2.2.4.2.6 *Espera*

Segundo Ohno (1998) as perdas por espera acontecem quando trabalhadores e máquinas não estão sendo utilizadas de forma produtiva, ou seja, não estão contribuindo para a agregação de valor aos produtos. Ghinato (2000) destaca três formas de desperdício por espera:

- a) Desperdício por espera no processo: se configura quando um lote aguarda o término da operação no lote anterior;
- b) Desperdício por espera do lote: surge quando cada peça já processada aguarda até que todas as peças do lote sejam finalizadas para seguirem para a próxima operação;
- c) Desperdício de espera do operador: esse desperdício ocorre quando o operário fica ocioso devido ao desbalanceamento das operações.

Para Dennis (2008) a espera tem impacto direto no *lead time*. Shingo (1996) afirma que a equalização e sincronização entre os processos podem trazer redução na espera entre os processos, e as operações com fluxos unitários podem eliminar a espera de lotes que aguardam processamento. Para que tais alterações sejam implantadas é preciso ter como premissa melhorias no *layout*.

2.2.4.2.7 Estoque

Para Correa e Gianesi (1993) o desperdício de estoque além de causar perdas de espaço e investimento também tem a característica de ocultar outros desperdícios. Para que essa perda seja reduzida e/ou eliminada deve ser identificado a causa raiz da existência de estoques para implantação de melhorias. Antunes (2008) mostra que a existência de grandes estoques traz diversas desvantagens para a empresa, algumas delas podem ser: custo financeiro, risco dos produtos se tornarem obsoletos e perda das vendas dos produtos acabados. O autor ainda afirma que o surgimento de estoques tem origem no desbalanceamento entre o período de entrega e o período de produção do produto.

Para Shingo (1996) a percepção ocidental de que os estoques são um mal necessário é uma das dificuldades para alcançar baixos níveis de inventário, pois é visto como um item de segurança contra as oscilações da demanda e as baixas confiabilidades de fornecedores, máquinas e da produção. A redução dos estoques se torna possível com a implantação de uma política de melhoria contínua, nivelamento das quantidades, sincronização e com a adoção de pequenos lotes. Liker

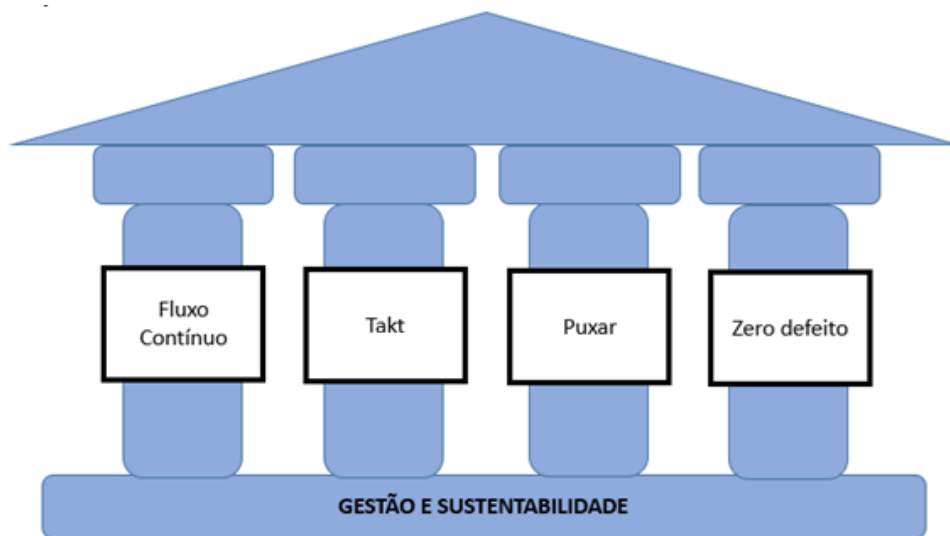
(2005) corrobora com Shingo (1996) e conclui que grandes estoques servem para esconder as deficiências no processo produtivo.

Para Bolviken, Rooke e Koskela (2014) a classificação das perdas para a construção civil são de três tipos: perda de materiais, perda de tempo e perda de valor, tomando como base a perspectiva da teoria TFV (Transformação, Fluxo e Valor). A perda de materiais está relacionada ao processo de transformação, onde se refere a utilização de uma maior quantidade de recursos do que necessário no processo produtivo.

2.2.4.3 Os pilares da Lean Construction

Cada pilar da *Lean Construction* tem um objetivo específico. A implantação de um novo sistema de produção deve seguir uma determinada sequência, sendo que essa deve ser adaptada ao estado futuro pretendido de cada empresa ou projeto. Os quatro pilares que sustentam o Sistema de Produção Enxuta na construção civil são apresentados na figura 7: Fluxo Contínuo, *Takt*, Puxar e Falha Zero (BARROS, 2014).

Figura 7: Pilares da *Lean Construction*



Fonte: Autor adaptado de Barros (2014).

2.2.4.3.1 Pilar – Fluxo Contínuo

Black (1998) afirma que o fluxo contínuo, também conhecido como fluxo unitário, se resume a produzir um item por vez ou pequenos lotes por várias etapas

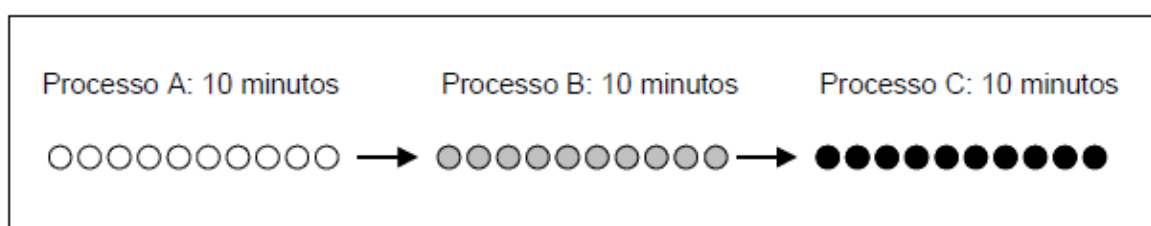
de processamento. Uma das premissas para sustentação do fluxo contínuo é que em cada etapa seja realizado apenas o que é exigido pela etapa sucessora. Womack e Jones (1998) afirmam que quanto maior o lote de produção maior será a espera para que o processo possa continuar a fluir, ocasionado prolongamento do tempo de entrega do produto ao cliente.

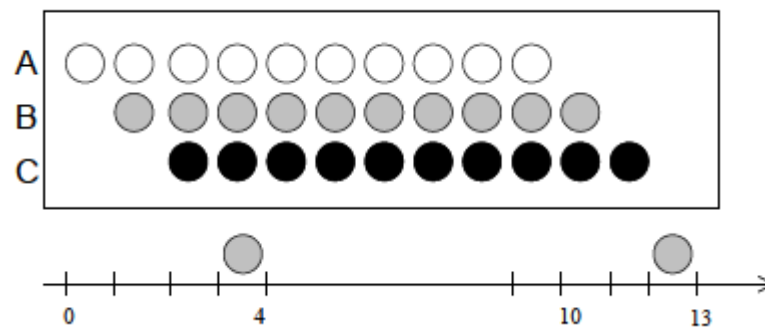
Para Shingo (1996) o fluxo contínuo significa processar e mover a peça para a próxima etapa do fluxo de agregação de valor, e com isso evita o acúmulo de estoques em processamento. O balanceamento das operações ao longo da célula de fabricação deve ser perfeito para que a implantação do fluxo contínuo seja eficiente. Ogayar e Galante (2013) corrobora com Shingo (1996) e afirma que os resultados dessa implantação é a inexistência de estoques intermediários ou superprodução.

Villalva (2008) completa que o fluxo contínuo pode ser resumido em mover um e fazer um. Esse conceito é primordial para a manufatura e garante que as operações nunca superem a demanda. Grenho (2009) mostra que a sustentação da continuidade dentro do processo de fabricação é uma tarefa difícil, porém estimulante, pois os ganhos com a redução de estoques, tempo de produção e processamento são evidenciados em curto prazo.

Para Saia (2009) o fluxo contínuo é uma técnica que possibilita maior agilidade para a produção. Essa agilidade é alcançada quando há movimentações de um item ou pequeno lote por vez, onde em cada etapa é preparado para receber o procedimento da etapa posterior. Alves (2000) corrobora com Saia (2009) e afirma que as atividades devem fluir gerando valor entre as etapas e não devem estar amarradas ao conceito de produção em grandes lotes. A figura 8 mostra a diferença do tempo *lead time* da produção com a adoção de grandes e pequenos lotes. Na primeira o tempo de produção seria de 30 minutos para que todos os itens estivessem prontos. Com a adoção do fluxo contínuo e pequenos lotes o primeiro produto é finalizado em apenas 4 minutos e toda a produção em 13 minutos.

Figura 8 – Processamento em grandes e pequenos lotes





Fonte: Ganbirsasio JR.(2004).

Barros (2014) afirma que é necessário que as frentes de trabalho passem pelos locais da obra de forma sequenciada e encadeada. Esse conceito possibilita a adoção de pequenos lotes de produção e obtenção de ritmo no processo de produção. O autor cita os principais ganhos com a redução dos lotes:

- Menor tempo de atravessamento dos produtos até o cliente final;
- Aumento da produção e início das atividades mais cedo;
- Horizonte de previsão encurtado e antecipação no reconhecimento de falhas;
- Flexibilidade e disponibilidade de reação do sistema de produção;
- Adoção de logística internas mais eficientes.

Barros (2014) afirma que o fluxo contínuo permite a produção dos lotes construtivos por meio de um fluxo encadeado e nivelado. O autor ainda afirma que quanto menor o lote de produção mais cedo o reconhecimento de falhas e mais alta a necessidade de estabilidade dos processos. A implantação desse princípio propicia:

- Redução do tempo de atravessamento:** há uma redução do tempo em que o produto precisa para atravessa um processo;
- Redução da variabilidade:** essa redução é alcançada por meio da reação contra variações e inseguranças. Quanto maior a variabilidade, mais suposições são consideradas no planejamento;
- Aumento da transparência:** Ocorre um aumento da comunicação e como as informações estão dispostas aos colaboradores, pois tal transparência possibilita ao receptor adquirir suas próprias informações.

Para exemplificação, na figura 9 é possível fazer uma analogia entre os princípios do fluxo contínuo a um trem que se movimenta por todos os andares de um edifício (lote). Os vagões são os conteúdos de trabalho a serem produzidos, onde estão abastecidos pelos 4M's (materiais, mão de obras, métodos e máquinas)

necessários para a execução desse conteúdo de trabalho. Os vagões se movimentam de forma sequenciada e com duração constante pelos lotes de produção pré-estabelecidos.

Figura 9 – Fluxo contínuo no processo de produção de edifícios



Fonte: Autoria própria.

O objetivo da adoção do fluxo contínuo é a eliminação de paradas e reinícios da produção. O alcance desse princípio traz uma redução significativa do tempo de não-processamento, eliminação de estoque em processo e a detecção imediata de não conformidades (KOSAKA, 2006). Segundo Liker (2004) a implantação do fluxo contínuo pode trazer diversos benefícios para o sistema de produção, alguns deles são:

- a) **Aumento da qualidade:** o operário deve ser inspetor de forma que trabalhe e resolva os problemas do seu local de trabalho, antes que passe para a próxima estação. Quanto antes os defeitos sejam percebidos, antes os problemas podem ser resolvidos;
- b) **Flexibilidade:** com a redução dos lotes de produção, as mudanças de demanda são mais fáceis de serem atendidas;
- c) **Reduz o custo de estoque:** com a redução dos custos de estoque o capital é liberado para outros investimentos.

2.2.4.3.2 Pilar – Takt

Segundo Rother e Shook (1998) a palavra alemã “*takt*” serve para definir o ritmo de uma composição musical. Nos anos 30 foi introduzida na indústria japonesa,

no momento em que os engenheiros japoneses estavam aprendendo técnicas de produção com os engenheiros alemães, e dessa vez com o significado de “ritmo de produção”. Dessa forma, a definição do *takt time* (TT) está relacionado a demanda de mercado e ao tempo disponível para produção (período de trabalho menos as paradas programadas), ou seja, se resume no ritmo necessário para atendimento da demanda do cliente. Matematicamente, é a razão entre o tempo para a produção e o número de unidades a serem produzidas.

Para Iwayama (1997) o TT é o tempo de alocação de uma célula ou linha para a produção de um produto. Alvarez e Antunes Jr. (2001) corrobora com Iwayama (1997) e afirma que o TT é o tempo necessário para atendimento de um nível considerado de demanda, considerando para isso as restrições de capacidade da linha ou célula.

Segundo Kankainen e Seppänen (2009) projetos de construção adotam tradicionalmente o Diagrama de Gantt como ferramentas de planejamento. Essa técnica tem como característica determinar as taxas de produtividades de forma aleatória, e conseqüentemente gera baixos e altos picos de produção.

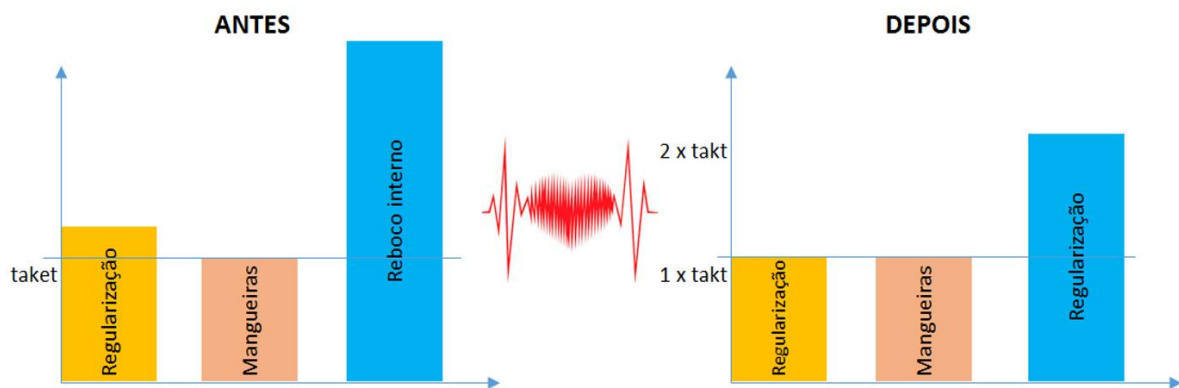
Para Frandson et al. (2013) o *Takt Time Planning* (TTP) é um método de planejamento da produção, onde o objetivo é proporcionar o fluxo contínuo da produção a uma taxa constante. Para Vatne e Drevland (2016) esse método de planejamento visa aumentar a produtividade, reduzir os desperdícios e os custos de construção. Esses benefícios são alcançados por meio da otimização dos pacotes de trabalho e das equipes para atendimento da produção desejada.

Ballard (1999) e Tsao et al. (2004) veem o TTP como um método de trabalho que objetiva proporcionar o fluxo contínuo para a produção. O foco é elaborar um plano de produção que forneça um fluxo de trabalho equilibrado, ou seja, um ritmo de trabalho estável para as frentes de trabalho em determinado espaço de tempo.

Barros (2014) mostra que o pilar do *takt* é essencial para a ocorrência do fluxo contínuo da produção, buscando a harmonização e uniformização dos conteúdos, proporcionando as frentes de trabalho uma velocidade de produção constante, produzindo o quantitativo programado (lote de produção) no mesmo período de tempo da etapa anterior. Para o autor a partir da definição do tempo *takt* para atendimento da demanda, a próxima etapa é realizar o nivelamento dos recursos das frentes de produção. A figura 10 mostra no “Antes” o tempo de ciclo das frentes de trabalho. Na

segunda etapa “Depois” mostra o nivelamento dos recursos de acordo com a definição do *takt time*.

Figura 10 - Gráfico de nivelamento dos recursos pelo *takt time*



Fonte: Adaptado de Barros (2014).

Para Liker (2004) o primeiro passo para a implantação de princípios enxutos na construção civil é a busca pelo fluxo contínuo. Com o alcance de um fluxo interrompido da produção, surge a necessidade da implantação de várias ferramentas de visualização e melhoria contínuo, cujo principal requisito é o TT. É evidente que a ocorrência de fluxo é fundamental para qualquer processo, mas o principal ponto a ser determinado é qual seria a velocidade que esse fluxo deve se mover. Essa movimentação deve estar de acordo com a velocidade em que o cliente exige o produto, nem mais lento para que não prejudique o prazo de entrega e nem mais rápido para que não haja o surgimento de inventário.

Alvarez e Antunes Jr. (2001) mostram que o conceito de TT é verdadeiramente entendido quando comparado ao tempo de ciclo. Para ele tempo de ciclo é definido pelo período corrido entre o mesmo evento, ou seja, o tempo entre o início e fim da produção de duas peças sucessivas em condições de abastecimento constante. Para Formoso (2002) o tempo de ciclo é a somatória de todos os tempos (transporte, espera, processamento e inspeção) para produção de um determinado produto. Resumidamente, o tempo de ciclo é determinado pelas condições de operação de cada célula ou linha e variam de acordo com o tempo unitário de processamento, configuração da linha ou célula, número de funcionários e configuração dos mesmos nos postos de trabalho.

De acordo com Alvarez e Antunes Jr. (2001) para exemplificar a relação entre o TT e o tempo de ciclo, pode-se imaginar duas situações de demanda, respeitando as limitações de capacidade. Na primeira situação a demanda seria de 120 unidades por dia e o tempo disponível para produção de 8 horas por dia. Dessa forma o TT seria de 4 minutos. O tempo permitido pela linha de produção (tempo de ciclo) é de 3 minutos. Os resultados mostram que a linha possui capacidade para atendimento da demanda, então o TT efetivo será de 4 minutos. Em uma segunda situação a demanda seria de 240 unidades, o tempo disponível para a produção as mesmas 8 horas e conseqüentemente um TT de 2 minutos. Como o TT é menor que o tempo de ciclo alcançado pela linha de produção, não há possibilidade de atender a nova demanda nas condições atuais, posto o limite de capacidade da linha, então o *Takt Time* obrigatoriamente deverá ser de 3 minutos.

Por meio desse exemplo é possível concluir que o tempo de ciclo representa o maior ritmo alcançado pela produção e conseqüentemente um fator limitante para atendimento da demanda. Os autores ainda concluem que a gestão baseada no tempo *takt* possibilita diversas vantagens competitivas:

- a) Redução do tempo de resposta a demanda;
- b) Redução do tempo de atravessamento;
- c) Redução de perdas;
- d) Aumento da qualidade devido a rápida detecção de defeitos;
- e) Aumento da confiabilidade como fornecedor pelo aumento das certezas de cumprimento de prazo pela redução do *lead time*.

Para Iwayama (1997) um dos objetivos da utilização do TT é identificação das necessidades de melhoria na fábrica. O resultado da implantação de um ritmo mais acelerado do que o tempo de ciclo possibilita a identificação de equipamentos e operações que restringem o aumento da capacidade de produção, direcionando as ações de melhoria aos pontos de maior necessidade.

2.2.4.3.3 Pilar – Puxar

Liker (2005) afirma que puxar a produção é o estado ideal da fabricação *Just in Time*, pois proporciona ao cliente interno ou externo o que ele quer, quando e na

quantidade desejada. Esse conceito se traduz em um fluxo unitário, na qual a etapa anterior só produz a quantidade que a etapa posterior necessita.

Para Barros (2014) esse pilar possui foco nas informações e materiais necessários para a produção, dessa forma para o alcance de uma maior eficiência no abastecimento é necessário o envolvimento de todos nos processos da obra. No sistema puxador, a produção “puxa” os processos e as necessidades para execução das atividades, onde são atendidas de forma JIT.

O sistema de “puxar” a produção por meio de uma demanda do cliente ficou conhecido no ocidente como o sistema *Kanban* (GRENHO, 2009). Womack e Jones (1996) corrobora com Grenho (2009) e afirma que existe uma confusão causada entre o mecanismo utilizado para puxar a produção, como por exemplo os cartões *Kanban* e o planejamento e controle JIT. Sipper e Bulfin (1997) complementa que o sistema puxado se iniciou com a técnica de controle de produção *Kanban* e com o tempo se tornou uma filosofia de gestão da produção denominada de JIT.

Segundo Lage e Godinho (2010) o *Kanban* é um subsistema do STP e tem a função de realizar o controle de estoques, da produção e fornecimento de componentes. Esse subsistema proporciona a sincronia entre os processos, se tornando uma ferramenta de gestão da produção embasadas nos princípios do JIT. Dennis (2008) afirma que o *Kanban* é uma ferramenta visual usada para chegar a uma produção JIT.

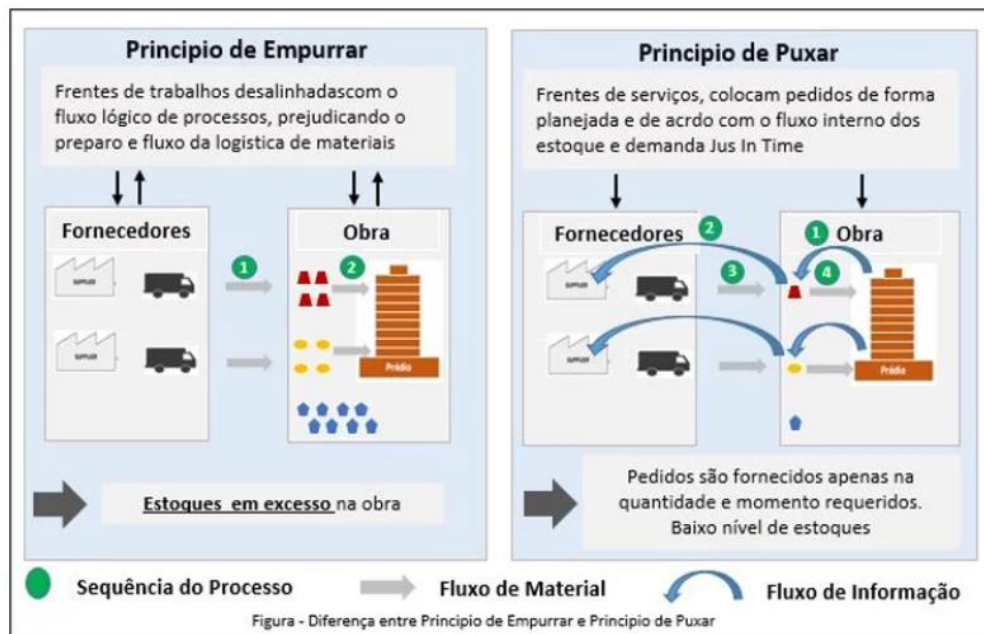
De acordo com Chambers, Johnston e Slack (2009) existe alguns tipos de *Kanban*, podendo ser de movimentação, produção e de fornecedor.

- a) ***Kanban de movimentação ou transporte***: é utilizado para avisar o processo antecessor que o insumo pode ser retirado do estoque e ser destinado a um local específico;
- b) ***Kanban de produção***: é o sinal para um processo iniciar a produção;
- c) ***Kanban do fornecedor***: é ordem para um fornecedor realizar a reposição de algum produto no estoque.

Para que o princípio de “puxar” consiga ser implantados, algumas condições devem ser garantidas para que haja sustentação ao longo do tempo. Para Hopp e Spearman (2011) uma das condições é a estabilidade da produção, pois a imprevisibilidade das necessidades periódicas de material, mão de obra, máquinas e métodos (4M's) faz com que as atividades sofram frequentes interrupções pela falta de informações e recursos.

De acordo com Bonney et al. (1999) sistemas puxados possuem características opostas aos sistemas de produção empurrado, pois os fluxos de informações fluir inversamente aos fluxos de materiais na produção. Uma das características de um sistema puxado é a redução dos estoques de materiais devido a maior previsibilidade da demanda. A figura 11 mostra a diferença entre empurrar e puxar a produção na construção civil.

Figura 11 - Comparativo entre a produção puxada e empurrada



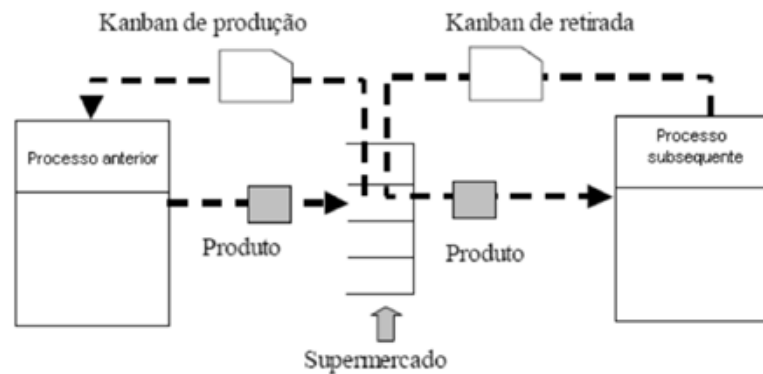
Fonte: Cardoso (2019).

Em processos que não existe estabilidade, o sistema puxado com supermercados pode ser melhor adaptado. Os supermercados é a forma mais difundida de produção puxada, pois em cada processo existem um estoque controlado de cada unidade e cada processo produz apenas a quantidade de itens retiradas das “prateleiras” (LEAN INSTITUTO BRASIL, 2003).

Segundo González et al. (2012) com objetivo de alcançar o equilíbrio entre os diversos processos, é necessário ter pequenos estoques de produtos prontos no final de cada etapa. Esses estoques depositados entre os processos são denominados de supermercados (MANAVIZADEH et al., 2013). Os supermercados estão dispostos para atendimento da demanda por meio de ordens de produção e retirada. Essa solicitação de necessidade é comunicada por meio de cartões *Kanban*. Com a emissão desses cartões o processo subsequente (cliente) vai ao supermercado

(estoque) do processo anterior (fornecedor) e retira a quantidade necessária de insumos. A figura 12 mostra o mecanismo de funcionamento dos supermercados.

Figura 12 – Funcionamento de supermercados por meio de cartões *Kanban*



Fonte: Rother e Shook (2002).

Carrillo et al. (2004) afirma que obras de construção civil possui diferentes estágios e por isso depende de uma diversidade de equipes e diversos colaboradores. Outras características importantes são a natureza provisória das instalações e o uso de equipamentos não estacionários, com isso fazem com que construção civil seja dependente do gerenciamento das informações e dos fluxos dos recursos (ALARCÓN, 1997).

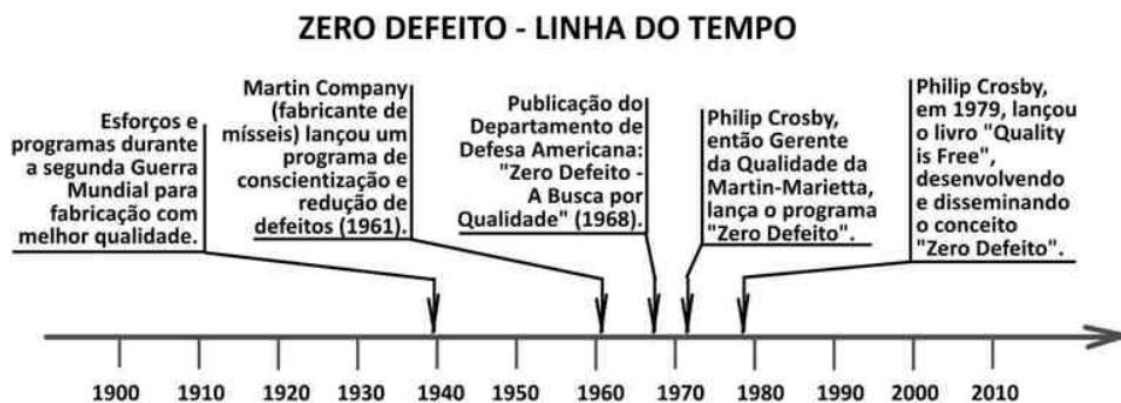
Segundo Carvalho (2016) na construção civil a produção puxada é planejada de acordo com as datas de entrega para os clientes. Essas datas retratam as etapas que devem ser concluídas para atendimento da demanda. Para o cumprimento desse requisito, foi criada uma metodologia de planejamento retrogrado chamada de *Pull Planning*. Esse planejamento tem como premissa o atendimento das datas pré-estabelecidas com um horizonte de médio a curto prazo. O principal benefício da implantação do *Pull Planning* é a identificação das interferências e restrições que deverão ser eliminadas para execução das atividades, trazendo aos processos maior transparência, agilidade e previsibilidade.

2.2.4.3.4 Pilar – Zero Defeito

Segundo Bueno et al. (2018) o conceito de “Zero Defeito” surgiu no século XX durante a Segunda Guerra Mundial, onde os fabricantes de produtos militares foram estimulados produzir produtos de melhor qualidade. Na década de 70, Philip Crosby

então gerente da qualidade em uma empresa fabricante de produtos aeroespaciais lançou o programa de Zero Defeito, e após alguns anos publicou o livro *Quality is Free* e por meio desse alcançou reconhecimento mundial. A figura 13 mostra a linha do tempo que mostra as principais contribuições até e disseminação do conceito de zero defeito.

Figura 13 – Linha do tempo do conceito de “Zero Defeito”



Autor : Horácio (2017).

Para Crosby (1979) os defeitos não são tolerados, pois o alcance do zero defeito está intimamente ligado as formas de pensar e fazer, assim, todos os envolvidos deveriam “fazer certo na primeira vez”. O autor mostra que a busca por essa condição de eliminação total dos defeitos tem um caráter filosófico, podendo ser alcançada por meio de mudanças nas formas de pensamento, ações e movimentos, ou seja, a prevenção por meio da determinação, formação e liderança são bem mais eficientes do que o controle e as inspeções.

Segundo Crosby (1979) todos os produtos e serviços devem estar de acordo com as necessidades do cliente, quando essas são alcançadas pode-se dizer que o produto tem qualidade, ou seja, qualquer produto que seja produzido e atenda aos requisitos do cliente é um produto de qualidade. Para Barros (2014) com a adoção dos princípios de Zero Defeito os processos podem ser estabilizados e otimizados, pois o reconhecimento prévio das falhas faz com que elas sejam eliminadas com maior rapidez.

Para Marshall Junior et al. (2004) a similaridade funcional e o desempenho dos bens de consumo crescem exponencialmente. Frente a essas informações é

possível afirmar que a necessidade da existência de uma sintonia cada vez maior com os colaboradores é essencial para a maior percepção de excelência nos serviços. Assim, treinamentos e programas de aperfeiçoamento humano podem ser um diferencial para o sucesso dos projetos e organizações.

De acordo com Crosby (1979) a metodologia de zero defeito não deve ser vista como um programa ou uma regra a ser seguida, pois não possui etapas previamente definidas. O objetivo principal da aplicação dessa metodologia não é a obrigatoriedade de produzir todas as ações perfeitas, mas sim, a mudança da perspectiva sobre qualidade, fazendo com que todos os envolvidos no processo:

- Identifiquem o alto custo dos defeitos;
- Tenham um pensamento contínuo dos locais que as falhas podem ocorrer;
- Atuem preventivamente contra a ocorrência das falhas.

2.2.4.4 As principais ferramentas da Lean Construction

2.2.4.4.1 *Linha de Balanço*

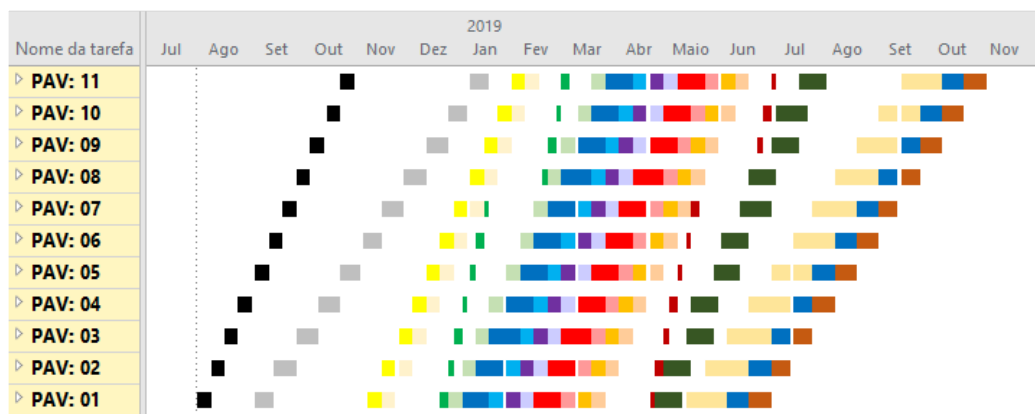
De acordo com Ichihara (1998) a Linha de balanço (LB) é o método mais difundido para programação de projetos com características repetitivas. Tem origem na indústria de manufatura para programar o fluxo da produção, e posteriormente foi desenvolvido pelo U.S Navy Department nos anos 50. Após a Segunda Guerra Mundial essa técnica foi adaptada para a indústria da construção civil, com maior ocorrência na Europa devido a necessidade de construção de moradias nas cidades devastadas pela guerra. Para Mendes Jr. e Vargas (1999) corrobora com Ichihara (1998) e afirma que a LB foi utilizada em maior escala nos anos 70 e 80 para construção de habitações populares.

Para Kankainen e Seppanen (2004) a LB é um método gráfico que possibilita a equipe de planejamento considerar os fluxos de trabalho do projeto, por meio da utilização de diagramas com linhas que representam diferentes atividades. Pela simplicidade de interpretação, é possível identificar facilmente o comportamento do projeto, identificando os desvios entre o real e planejado. Segundo Mattila e Abraham (1998) a LB é um método de programação gráfica que as atividades são representadas em um diagrama de espaço (eixo y) e tempo (eixo x).

Para Maders (1987) a LB é uma técnica de programação e controle de unidades repetitivas, em uma relação de tempo e espaço. O método também se baseia no conceito que a produção máxima ocorre quando o trabalho é executado o mais rápido possível em um fluxo contínuo, assim, o conjunto de atividades é repetitivo em todos os lotes de produção (apartamento, pavimento, casas. Na LB o ritmo de trabalho é planejado para que se mantenha constante durante todo o projeto, de acordo com a razão unitária pré-estabelecida na unidade de tempo (ex: 1 pavimento/semana).

O diagrama de LB é caracterizado por uma série de barras, uma para cada pacote de trabalho, inclinadas em relação ao eixo horizontal em função da sua razão unitária, como mostra a figura 14.

Figura 14 – Linha de balanço



Fonte: Autoria própria.

Segundo Maders (1987) para que uso da LB seja efetivo no planejamento e controle da produção na construção civil, alguns requisitos devem ser considerados para que haja a possibilidade de alcançar o balanceamento da linha de produção, de forma que os volumes de trabalho em cada pacote de trabalho seja o mesmo:

- Possibilidade de fragmentar o trabalho em atividades repetitivas;
- O empreendimento deve ter um tamanho que seja possível desenvolver um fluxo produtivo satisfatório;
- Possibilidade de realização de controles de produção periódicos;
- Possibilidade de alteração do projeto para que traga maior facilidade ao processo produtivo.

Segundo Alves et al. (1996) a LB possibilita identificar diversas dependências entre as atividades em diversos pavimentos de um edifício, trazendo a equipe uma maior facilidade de visualização da rede de procedência global de um edifício, possibilitando reprogramações mais práticas para diversas análises de alternativas.

Magalhães, Souza e Volta (2014) também aponta algumas vantagens da aplicação da técnica, tais como:

- Aumento da produtividade: alcançado por meio do seu caráter repetitivo;
- Organização do plano de ataque da obra, possibilitando identificar antecipadamente as necessidades de insumos, equipamentos e contratações de mão de obra.

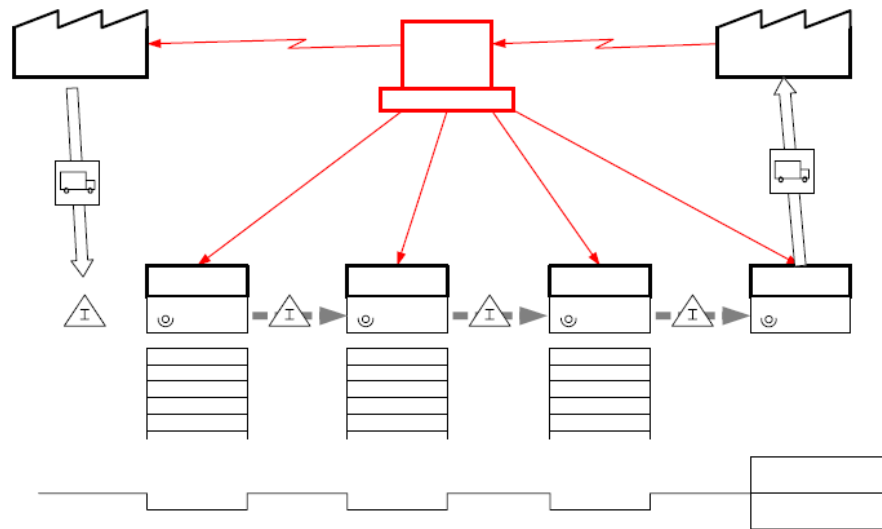
Como desvantagem aponta a impossibilidade da utilização em projetos de caráter não repetitivo, então, para as etapas que não possuem essa característica deve ser desenvolvido uma programação à parte (LOSSO; ARAÚJO, 1995).

2.2.4.4.2 Mapeamento de Fluxo de Valor

Segundo Ghinato (1996) a ferramenta de Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) foi desenvolvida pela *Operations Management Division* da Toyota Motor Company. A ferramenta é baseada no STP, onde ajuda a mostrar qual a situação do processo em relação a esse princípio e dá suporte para sua implantação. Também conhecido como *Value Stream Mapping* (VSM), é uma ferramenta que possibilita visualizar o fluxo de produção atual e a desenvolver o fluxo de produção futuro com menos desperdícios. O foco principal da produção *lean* é alcançar um fluxo de valor enxuto desde a matéria prima até o produto acabado. Para que essa eficiência seja alcançada, é necessário que haja uma visão global do processo e não apenas das suas etapas individualizadas.

O MFV tem como principal característica a simplicidade e facilidade na visualização dos fluxos. O resultado da implantação dessa ferramenta é um mapa simplificado que apresenta os fluxos de materiais e informações entre os processos, estoques, tempos de ciclo, o *lead time* do produto até a entrega ao cliente final. A figura 15 é um exemplo de um mapeamento de fluxo de uma empresa tradicional, que tem como base o sistema de produção empurrado, ou seja, as ordens de produção empurram os produtos para os processos seguintes ocasionando estoques “descontrolados” entre os processos (VIEIRA, 2006).

Figura 15 – Exemplo de Mapeamento de Fluxo de Valor

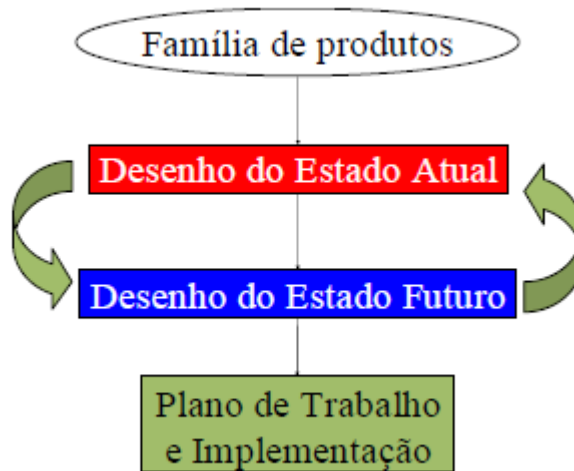


Fonte: Vieira (2006).

Para Rother e Shook (1999) a ferramenta mais importante para criação de um fluxo de valor é o MFV. O princípio é identificar e mapear o estado atual dos fluxos de informações e materiais, identificando as falhas e após isso, desenhar o estado futuro do fluxo de valor eliminando os desperdícios dos processos. Segundo Womack e Jones (1998) mapear a cadeia de valor permite analisar e sistematizar o conceito de valor de acordo com a ótica do cliente. Após o mapeamento de toda extensão do fluxo, é possível identificar quais ações criam valor, as que não criam, mas são necessárias e as ações que não criam valor (desperdícios).

Picchi (2003) afirma que o MFV propicia uma implantação mais sistêmica da construção enxuta, pois essa ferramenta possibilita uma visão global do processo, identificando de forma mais clara os desperdícios e as possibilidades de melhoria. Grenho (2009) corrobora com Picchi (2003) e afirma que o MFV é uma ferramenta que proporciona maior facilidade em visualizar os fluxos de materiais e informações, facilitando a identificação e eliminação de desperdícios por meio de ações de melhoria. Os principais benefícios da ferramenta são: identificar as dependências entre os processos, foco na melhoria, melhor compreensão da cadeia de valor e identificar as oportunidades para a implantação de diferentes tipos de ferramentas *lean*. De acordo com Rother e Shook (2002) a implantação do MFV se divide em 4 etapas, como mostra a figura 16.

Figura 16 – Etapas de implantação do MFV



Fonte: Vieira (2006).

- 1) **Selecionar a família de produtos:** escolher a família de produtos a ser mapeado de acordo com a importância e valor do produto ao consumidor e semelhança de processos produtivos;
- 2) **Criação do mapa de estado atual:** é o mapa atual do processo, ou seja, o que é praticado no momento;
- 3) **Conceber o mapa de estado futuro:** é o desenho do estado que a empresa pretende estar no futuro, através da eliminação de desperdícios encontrados no mapa de estado atual;
- 4) **Definição do plano de trabalho:** nessa etapa são definido o plano para cumprimento das metas, objetivos, datas e quaisquer informação que possibilite o cumprimento do máximo possível do mapa de estado futuro.

2.2.4.4.3 *Last Planner System*

O *Last Planner* teve suas origens nos Estados Unidos e a primeira publicação a respeito do tema foi na conferência de inauguração do *Internacional Group for Lean Construction*. Em 1994 Ballard (1994) fez uma publicação dedicada exclusivamente ao *Last Planner*, e a partir disso sua utilização foi ganhando espaço no mercado. É uma ferramenta utilizada para o controle de produção no canteiro de obra, pelo sucesso alcançado após suas implantações tornou-se uma das principais e mais conhecidas ferramenta da *Lean Construction* (GRENHO, 2009).

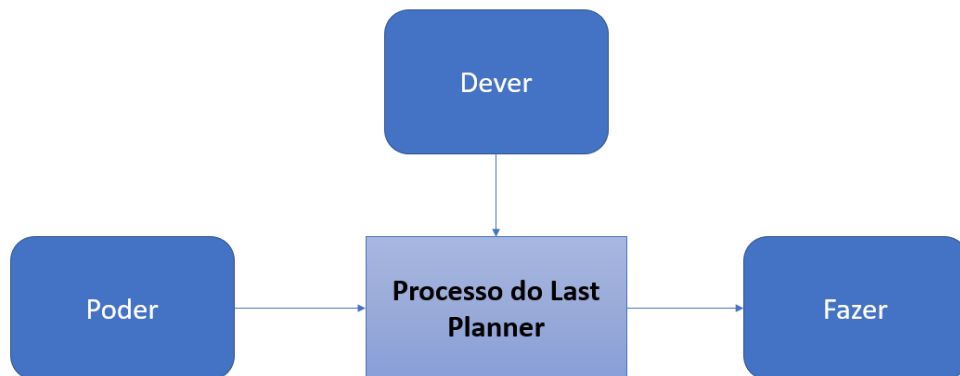
Segundo Ballard (2000) a produção na construção civil é caracterizada por um ambiente dinâmica o incerto, onde não se torna viável a confecção de um planejamento detalhado e confiável com muito tempo de antecedência. Dessa forma, para conseguir identificar qual o trabalho a ser executado pelas equipes é tomado como base as premissas adotadas no Plano Mestre. Alguns questionamentos a respeito de como as decisões são tomadas e como podem ser melhoradas, impulsionaram a área de planejamento e controle da produção, sob o título de Sistema *Last Planner*. O planejamento e controle dos projetos de construção possui diferentes níveis com características e interesses específicos. Esses níveis variam desde o Plano Mestre, destinado ao nível mais alto de gestão e responsáveis pela definição dos principais marcos e datas chaves da construção até o Plano de Trabalho Semanal, composto pelas atividades semanais definidas pela equipe de produção.

Segundo Siqueira (2017) os projetos de construção possuem diversas dependências entre as variadas equipes de trabalho. Para que o projeto alcance os resultados almejados é primordial que os especialistas ou *last planners* (aqueles que realmente executam as atividades) sejam incluídos no planejamento do trabalho. O objetivo desse envolvimento é alcançar maior confiabilidade no planejamento por meio das contribuições e conhecimento prático dos envolvidos.

A abordagem do *Last Planner* é o planejamento a curto prazo. O intuito dessa ferramenta e seus procedimentos é garantir que todas as restrições que possam prejudicar o fluxo contínuo das atividades sejam eliminadas anteriormente a execução das mesmas. Para que essas eliminações sejam efetivas é primordial que seja proporcionada uma efetiva proximidade entre o último planejador e as equipes de produção. O resultado desse trabalho é medido pela Porcentagem de Planejamento Concluído (PPC%), oriundo do produto entre a porcentagem referente ao real executado pela porcentagem planejada das atividades semanais (BALLARD; HOWELL, 1998).

Existe uma diferença que deve ser considerada pelos gestores entre o que deve ser feito, o que se pode fazer e o que será feito. O fruto da falta de entendimento entre a necessidade de executar e a possibilidade é o surgimento de diversos obstáculos impeditivos para a execução dos serviços e conseqüentemente perda do interesse das equipes pelo planejamento. A figura 17 representa a estrutura do *Last Planner* (BALLARD; HOWELL, 1997).

Figura 17 – Processo de planejamento *Last Planner*

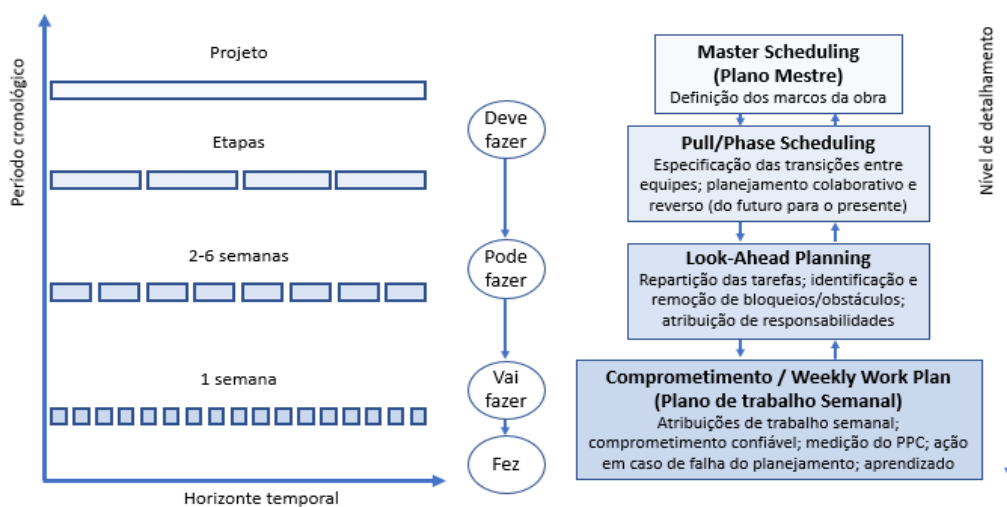


Fonte: Adaptado de Ballard (2000).

Para Ballard (2000) além do planejamento estratégico (*Master Plan*) existe cinco etapas diferentes para o planejamento da produção, conforme mostra a figura 18. Essas etapas são:

- 1- *Pull/Phase plan*;
- 2- *Look-Ahead plan*;
- 3- *Weekly Work plan coordination*;
- 4- *Daily Check-ins*;
- 5- *Review and Improvement*

Figura 18 – Etapas de planejamento da produção



Fonte: Siqueira (2017).

- **Master Scheduling:** é a visão geral do projeto apresentando a data de início e fim do projeto, é o nível mais alto de planejamento e com menor nível de detalhe;
- **Pull/Phase plan:** nessa etapa o foco é determinar o fluxo de trabalho que deve ser adotado para o cumprimento das metas do *Master Scheduling*. As transferências críticas ou *handoffs* entre as equipes de trabalho são identificadas e ajudam a rastrear os obstáculos que podem interferir na sequência de trabalho planejada. O planejamento é feito do futuro para o presente respeitando os marcos do planejamento a logo prazo;
- **Look-Ahead plan:** é nessa etapa do planejamento que os obstáculos são identificados e eliminados. Para que a equipe possa trazer respostas a essas barreiras críticas, o planejamento nessa etapa tem um horizonte usual entre 4 a 6 semanas;
- **Weekly Work plan coordination:** é o planejamento mais confiável, pois é desenvolvido a cada semana pelos *last planners* onde contempla o plano de trabalho da próxima semana;
- **Daily Check-ins:** para que haja rápida reação da equipe frente a qualquer adversidade que possa mudar o rumo do plano, verificações do andamento diárias são realizadas, essas verificações devem ser repassadas por meio de reuniões diárias de aproximadamente 15 minutos, onde assuntos como andamento das atividades, logística e obstáculos devem ser abordados.
- **Review and improvement:** nessa etapa é onde as equipes identificam as falhas e os motivos causadores das variações nos prazos de entrega e PPC% alcançado. Esses resultados são apresentados na reunião de *Week Work Plan* e nesta devem ser elaborados planos de ação para eliminação da causa raiz dos problemas.

2.2.4.4.4 Gráfico de Balanceamento do Trabalho

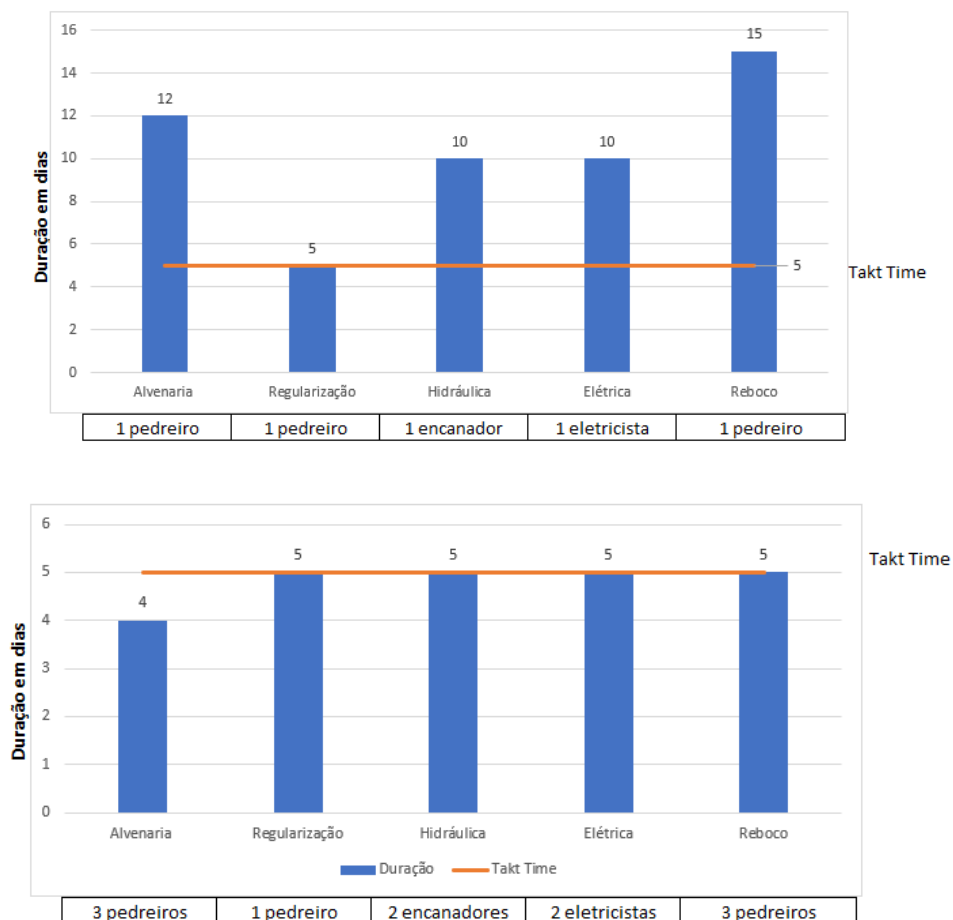
Após identificar todos os processos de agregação de valor do produto, o próximo passo é realizar uma investigação aprofundada em cada processo que se possa balancear e otimizar o tempo das equipes. O objetivo dessa ferramenta é proporcionar um fluxo contínuo em um processo composto de várias etapas e equipes, onde os recursos são nivelados de acordo com o *Takt Time*. O *Takt Time* serve como balizador para identificar a quantidade de recursos que devem ser adicionados a cada

atividade para o alcance do equilíbrio entre os processos e a obtenção da quantidade de recursos de mão de obra (MO) necessária para o alcance do nivelamento. Portanto, para Rother e Harris (2002) a quantidade de recursos de mão de obra é calculada através da equação 1:

$$\text{Recursos de MO} = \frac{\text{Conteúdo total do trabalho}}{\text{Takt Time}} \quad (1)$$

A figura 19 exemplifica as duas etapas da aplicação do Gráfico de Balanceamento. A primeira etapa apresenta o tempo de ciclo dos processos de trabalho no canteiro de obras, com a utilização de apenas um recurso para cada atividade. A segunda etapa os recursos são nivelados pelo *Takt Time* de forma que se garanta o equilíbrio do trabalho e o fluxo contínuo dos processos.

Figura 19 – Exemplo de aplicação do Gráfico de Balanceamento



Fonte: Autoria própria.

Quando o resultado não for números inteiros, algumas orientações são dadas para determinação da quantidade de recurso:

- **Recursos de MO menor que 0,3:** não adicionar recursos e eliminar possíveis desperdícios;
- **Recursos de MO entre 0,3 e 0,5:** não adicionar recursos, deve ser analisado o trabalho em um prazo de pelo menos duas semanas para que seja possível realizar melhorias, e após isso identificar a real necessidade de acréscimo de recursos;
- **Recursos de MO maior que 0,5:** deve acrescentar um operador, trabalhar o processo de melhoria para que futuramente possa eliminar esse acréscimo de recurso.

2.2.4.4.5 *Projeto de Logística e Abastecimento*

Para o alcance de um fluxo contínuo na produção não é suficiente que as operações e processos sejam enxutos, mas também é necessário que as áreas de suporte da produção, principalmente o setor de logística interna estejam voltadas para a cultura de eliminação de desperdícios e pela criação de um fluxo contínuo dos processos. Por meio disso, o planejamento e gerenciamento do sistema logístico de abastecimento dos processos produtivos se torna essencial para a implantação do pensamento enxuto (HARRIS; HARRIS; WILSON, 2004).

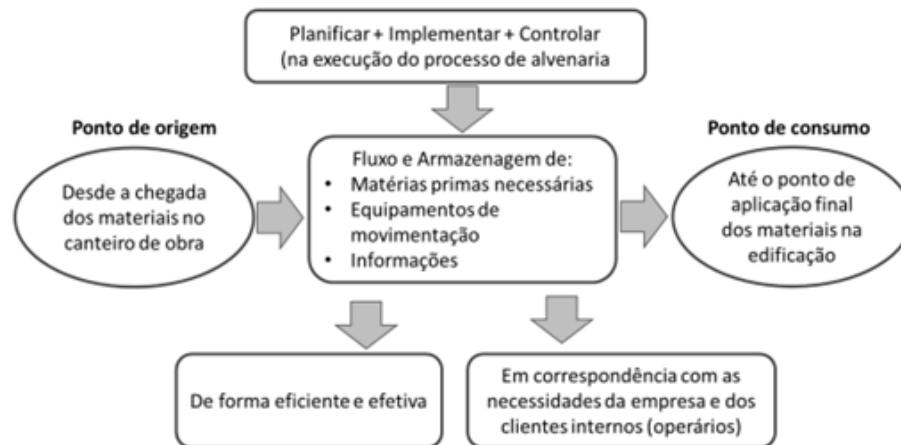
Silva e Cardoso (1998) afirmam que a logística no canteiro de obras visa garantir um eficiente armazenamento, processamento e disponibilização de recursos e materiais nas frentes de trabalho. Esse processo está embasado em atividades de planejamento, organização e controle, tendo como suporte o fluxo de informações. Para Zegarra (2000) o objetivo de gerenciar os materiais é garantir um fluxo contínuo e sem interferências nas atividades, garantindo a entrega dos materiais nos locais certos, no momento certo e na quantidade desejada com o menor custo possível.

Segundo Bertelsen e Nielsen (1997) a maioria das construtoras não dão a devida importância ao planejamento de logística e na maioria das vezes não possuem planejamento algum da produção. Devido a essa condição, problemas como interrupção de atividades por falta de insumos são frequentes, ocasionando problemas de confiabilidade e dilatação do *lead time*. Outro problema bastante comum é a ausência de planejamento dos locais de armazenamento e do momento ideal para

entrega, a ausência dessa previsão ocasiona uma grande desordem no recebimento e a ocorrência de desperdícios de diversas naturezas.

Cruz (2002) definiu a logística interna do canteiro de obras utilizando o processo de execução de alvenaria conforme a figura 20.

Figura 20 – Exemplo de definição de logística no canteiro de obras



Fonte: Cruz (2002).

Harris, Harris e Wilson (2004) propõe um método para estruturação do processo de abastecimento interno, esse é composto por 4 etapas:

- 1 Desenvolver um plano para cada insumo: armazenamento dos dados onde contém todos os insumos que entram na produção e suas informações;
- 2 Criar um único supermercado de peças compradas: os insumos devem ser gerenciados em um único local;
- 3 Rotas de entregas precisas: padronização das rotas de entregas dos insumos na linha de produção;
- 4 Sustentação e melhoria: auditoria para verificação se o planejado está sendo seguindo.

Segundo Vieira (2006) os principais benefícios da adoção de uma logística interna são:

- Simplificação dos processos de gestão;
- Redução dos recursos humanos nas atividades que não agregam valor;
- Redução de estoques;
- Redução do *Lean Time*;
- Aumento da produtividade com redução dos custos.

2.2.4.4.6 *Poka Yoke*

O erro humano é uma das grandes preocupações no ambiente produtivo, alguns dados analisados nos últimos 30 anos apontam que nos sistemas aeroespaciais, a porcentagem de falha humana varia entre 50 a 75% do total de falhas contabilizadas, mas por outro lado, a influência do homem possui grande importância no sistema produtivo (IMAM, 1998).

A conceituação de *Poka Yoke* foi feita por Shingo (1992), pois verificou que o controle dos produtos era fundamentado em técnicas de inspeção. Shingo (1986) afirma que a inspeção na fonte é fundamental para a eliminação dos desperdícios dos processos produtivos. Os dispositivos *Poka Yoke* têm a característica e meios para inibir a ocorrência do defeito, por isso são também denominados de mecanismos de prevenção de erros, ou à prova de falhas.

De acordo com Grenho (2009) o *Poka Yoke* é um dos componentes do pilar *Jidoka*, e se caracteriza como um mecanismo para detecção de erros em um processo, impedindo a ocorrência de inconformidades na execução das atividades. Shingo (1996) não classifica o *Poka Yoke* com um sistema de inspeção, mas sim como um método de detecção de defeitos, podendo ser utilizado para satisfazer algumas funções da inspeção.

2.2.4.4.7 *Kanban*

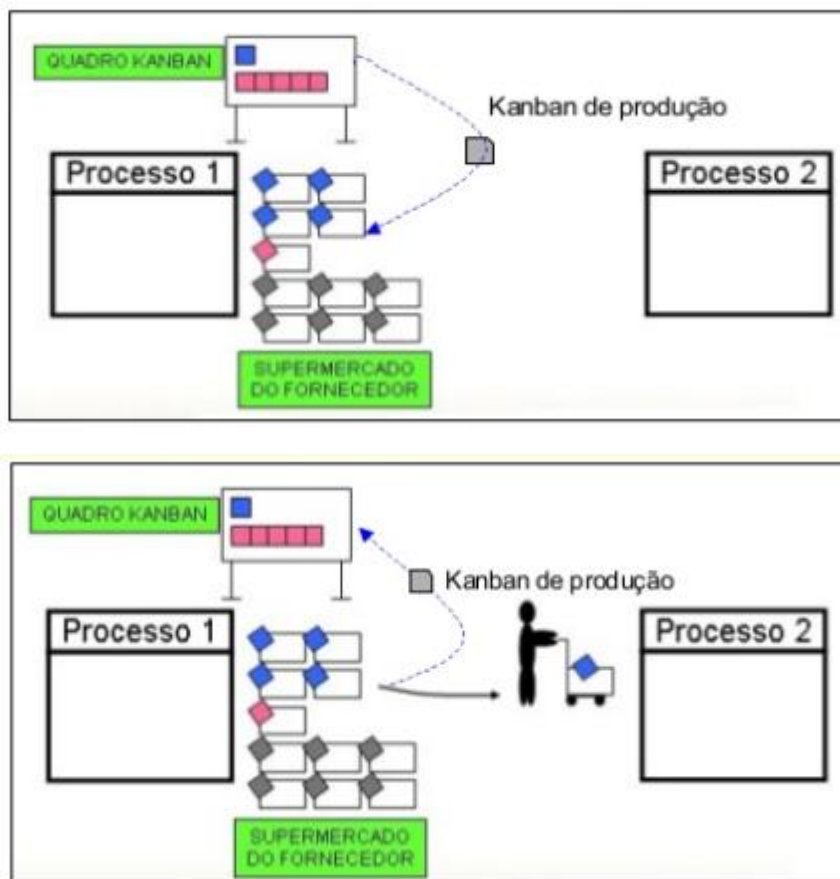
Para Monden (1984) o *Kanban* é um sistema de informação que controla a quantidade de produção nos processos. Dessa forma se torna uma estratégia de redução das quantidades de produtos em processo, matéria prima e produtos acabados, alcançando com isso maior fluxo de capital. Segundo ele o *Kanban* gera informações de forma equilibrada sobre as quantidades de produção em todos os processos. Ele é dividido em dois tipos:

- ***Kanban de Requisição***: mostra a quantidade que o processo subsequente deve retirar;
- ***Kanban de Ordem***: apresenta a quantidade que o processo deve produzir.

Para Fernandes e Godinho Filho (2007) o *Kanban* é um sistema que coordena as ordens de produção e compra, controlando a produção dos produtos na quantidade e no momento certo. Segundo Ohno (1997) o *Kanban* funciona como um pedido de

retirada, transporte, entrega ou um sinal verde para o início da fabricação. Tubino (1999) complementa que o *Kanban* possibilita a ativação da produção e movimentações por meio de sinalizadores. A figura 21 mostra o exemplo do funcionamento do *Kanban*, a primeira etapa o cliente retira o item de um supermercado e leva para o processo subsequente (Processo 2), o cartão referente a esse item é levado ao quadro. Na segunda etapa o processo fornecedor (Processo 1) produz o item referente ao cartão, o item produzido é enviado ao supermercado junto com seu cartão.

Figura 21 – Dinâmica do Sistema *Kanban*



Fonte: Torres Junior (2017).

Para Ghinato (2009) o *kanban* é responsável pelo controle do fluxo de materiais e informações dentro da fábrica, com isso permite programar e controlar a produção e os estoques. O autor completa que esse sistema pode ser utilizado dentro do canteiro de obras quanto entre os fornecedores de materiais e a obra. Alguns benefícios são alcançados com a adoção desse sistema, tais como: rapidez na

circulação de informações, melhoria da adaptação da produção de acordo com as variações de curto prazo da demanda, melhoria no atendimento aos requisitos do cliente, diminuição e melhoria na gestão dos estoques, organização do canteiro de obras, melhoria da produtividade entre outros.

2.2.4.4.8 *Gestão Visual*

Devido à grande demanda pela melhoria contínua e conseqüentemente necessidade de melhoria de resultados, a indústria adota os *Key Performance Indicators* (KPI's) para monitorar o desempenho por meio de dados quantitativos. As empresas traçam suas metas com os KPI's monitoram se seus objetivos estão sendo alcançados (ALI et al., 2013). Para Cabeza et al. (2015) os KPI's são essenciais para o progresso das organizações, pois possibilitam identificar potenciais melhorias, evidenciando o que é mais importante e necessita de maior atenção.

Para Sari (2015) os KPI's além de ser um termômetro importante para a tomada de decisão é também uma forma de comunicação, e por isso deve ser disponibilizado a todas as equipes. A exposição dos dados mostra a importância da Gestão Visual, sendo essa a comunicação entre a produção e as equipes. Para Estrada e Davis (2014) se as ferramentas de gestão visuais forem eficientes e eficazes elas podem fazer com que os funcionários sejam mais engajados. Merino e Teixeira (2014) acrescenta que quando uma Gestão Visual é feita de maneira correta é possível que essa proporcione maior motivação entre os colaboradores. A fotografia 1 mostra a utilização da Gestão Visual para acompanhamento do planejamento semanal com as equipes de produção.

Fotografia 1 – Gestão Visual no canteiro de obras.



Fonte: Cardoso (2019).

Para Eaidgah et al. (2016) alguns benefícios da gestão visual são:

- Rapidez no entendimento das informações;
- Melhor percepção de anomalias;
- Maior percepção e eliminação de problemas;
- Envolvimento da equipe e promoção da melhoria contínua.

2.2.4.4.9 5S

O 5S é uma ferramenta de organização do ambiente produtivo, tendo como base 5 sentidos, são eles: senso de utilidade, senso de organização, senso de limpeza, senso de segurança e senso de autodisciplina. Essa ferramenta foi criada no Japão por Kaoru Ishikawa na década de 50 após a Segunda Guerra Mundial. O objetivo dessa criação foi o combate aos desperdícios e a desorganização. Após alguns anos essa prática se estendeu para outras empresas devido a percepção da possibilidade de mudança entre a relação das pessoas com o ambiente de trabalho. Com isso, o Programa 5S se consolidou como a base dos processos de gestão da qualidade, proporcionando uma melhoria contínua em todas as etapas que compõe a rotina diária do trabalho (OSADA, 1992). Para Costa e Rosa (1999) o programa propõe melhorias em organização e limpeza do canteiro de obras, e em paralelo ocasiona mudanças no

pensamento dos envolvidos em relação aos desperdícios. A figura 22 mostra os 5 sentidos do 5S.

Figura 22 – 5 sentidos do 5S



Fonte: Gonzales e Jungles (2002).

Gonzales (2009) cita os sentidos e suas utilidades:

- **Senso de Utilidade:** identifica o que é necessário ou não para a execução das atividades. O que for desnecessário deve ser descartado;
- **Senso de organização:** definição dos locais apropriados para estocagem e seus critérios, de modo que facilite sua utilização;
- **Senso de Limpeza:** Investigação do local de trabalho em busca de rotinas geradoras de sujeiras e imperfeições e posteriormente elimina-las;
- **Senso de Segurança:** Promove a criação de condições de um ambiente favorável ao corpo e mente, zelando por um ambiente com boas condições sanitárias e livre de poluentes;
- **Senso de Autodisciplina:** nesse sentido é possível identificar o bom andamento do programa 5S, a prática da disciplina entre as pessoas acontece quando cada um exerce seu papel em prol da melhoria do ambiente do trabalho.

A fotografia 2 mostra um exemplo de implantação do Programa 5S em um canteiro de obras.

Fotografia 2: Implantação de 5S no canteiro de obras



Fonte: Anjos e Oliveira (2018).

Gonzales (2009) lista algumas vantagens com a implantação do 5S:

- Redução de desperdícios;
- Aumento da qualidade dos produtos;
- Base para implantação de programas da qualidade;
- Prevenção acidentes;
- Melhoria do ambiente de trabalho, qualidade de vida e respeito entre os colaboradores;
- Melhoria da motivação dos colaboradores;
- Redução de custos e retrabalho.

2.2.4.4.10 *Ciclo PDCA*

Também conhecido como ciclo de Shewhart, Ciclo da Qualidade ou Ciclo de Deming é uma metodologia que auxilia na identificação, análise e criação de planos para a solução de problemas. É um instrumento importante para o aprimoramento do processo de melhoria contínua, por meio de ações que promovem a busca por melhores resultados, e conseqüentemente o crescimento das empresas (QUINQUILLO, 2002). Essa metodologia foi criada por Walter A. Shewhart na década de 30 e consagrada por Willian Edward Deming após a década de 50, sendo

inicialmente implementado nas empresas japonesas para o aumento da qualidade em seus processos produtivos (CICLO PDCA, 2005).

Segundo Pacheco et al. (2013) o objetivo do ciclo PDCA é a obtenção de maior controle dos processos, podendo ser utilizado continuamente para o gerenciamento em uma empresa, por meio do controle e monitoramento, resguardando as necessidades dos clientes. De acordo com Campos (1994) com o objetivo de desmistificar a estrutura do ciclo PDCA é necessário o entendimento de dois tipos de metas:

- Metas para manter: é uma meta estipulada relativa aos limites de especificações;
- Metas para melhoras: metas de melhoria contínua, partindo da ideia de que os clientes buscam melhores produtos continuamente e a organização estrutura medidas de melhoria para satisfazê-los.

O autor afirma que quanto maior a quantidade de dados e informações a respeito do processo e do problema identificado, maior é a chance de sucesso de implantação do ciclo.

Segundo Werkema (1995) o ciclo PDCA possui 5 etapas que quando implantadas possibilitam que os métodos de solução de problema possam ser planejados, executados, verificados e padronizados, como mostra a figura 23.

Figura 23 – Etapas do Ciclo PDCA



Fonte Sabino (2015).

As etapas do ciclo PDCA são:

- Planejamento (Plan): coleta de informações e planejamento de ações para a solução dos problemas;
- Execução (Do): é nessa etapa que se executa o que foi planejado na etapa anterior;
- Verificação (Check): é verificado os resultados das ações tomadas, analisa-se a situação atual, compara a situação anterior e verifica-se se o que foi planejado foi realmente executado;
- Ação (Action): nessa última etapa é onde as ações são tomadas de acordo com os resultados apresentados, caso os efeitos sejam negativos inicia-se um novo ciclo, e caso os resultados sejam positivos eles são avaliados e o sistema utilizado é padronizado.

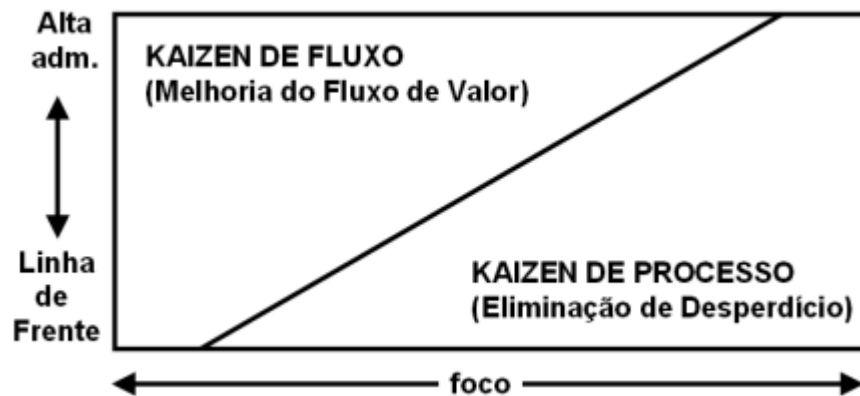
2.2.4.4.11 *Kaizen*

Segundo Sharma (2003) o *Kaizen* é uma filosofia que tem como premissa a eliminação dos desperdícios com base no bom senso, utilizando soluções baratas, promovendo a motivação e a criatividade dos trabalhadores para realizar continuas melhorias nos processos. A palavra *Kaizen* é de origem japonesa e significa Fazer Bem (KA=mudar; ZEN=bem). Foi criada pelo engenheiro Taichi Ohno e ficou mundialmente conhecida após sua aplicação dentro do Sistema Toyota de Produção, com o objetivo de reduzir os desperdícios gerado nos processos produtivos, buscando a melhoria contínua e aumento de produtividade.

Para Falconi (1992) a melhoria contínua feita nos processos das empresas é denominada de *Kaizen*. Esse sistema visa eliminar os desperdícios e as causas responsáveis pelos resultados indesejáveis. Ferreira, Reis e Pereira (2002) corrobora com Falconi (1992) e completa que o *Kaizen* é a busca pela melhoria continua, com impacto direto na produtividade, na qualidade e com baixos investimentos.

Para TBM Consulting (2000) o *kaizen* pode ser implantado em qualquer processo produtivo no qual exista um padrão nas atividades. Segundo Rother e Shook (1999) o *Kaizen* significa a melhoria contínua de um fluxo de valor ou de um processo, o objetivo é reduzir desperdícios e alcançar níveis mais altos de agregação de valor. Para os autores existe dois níveis de *Kaizen*, conforme mostra a figura 24.

Figura 24: Os dois níveis de *Kaizen*



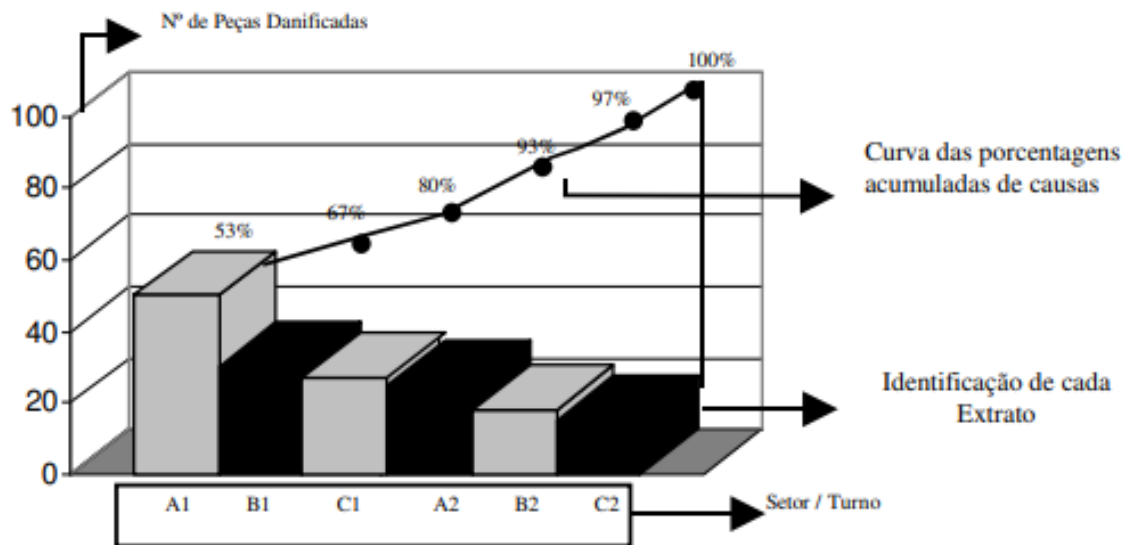
Fonte: Rother e Shook (1999).

- *Kaizen* de Fluxo: o foco é no fluxo de valor, direcionado ao gerenciamento;
- *Kaizen* de Processo: foca nos processos individuais, voltado para as equipes de trabalho.

2.2.4.4.12 Gráfico de Pareto

Segundo Silva (1995) o princípio de Pareto afirma que poucas causas são importantes e a maioria delas são triviais. Dessa forma, o Gráfico de Pareto plota o quantitativo de forma decrescente das causas mais significativas. A figura 25 mostra o exemplo da utilização do Gráfico de Pareto na quantificação de peças defeituosas (eixo y) em uma linha de produção por turno (eixo x). O gráfico de barras representa a quantidade de peças defeituosas por turno de forma decrescente e o gráfico de linha representa a porcentagem acumulada desses defeitos.

Figura 25 – Aplicação do Gráfico de Pareto



Fonte: Silva (1995).

Segundo Sales (2013) com a utilização do Diagrama de Pareto é possível identificar os problemas mais relevantes, sendo que em geral 80% dos resultados são provenientes de 20% dos itens. É uma ferramenta de análise de dados utilizada para identificação da causa raiz do problema, fazendo com que as ocorrências sejam evidenciadas, facilitando aos gestores o direcionamento mais assertivo para a implantação de planos de melhoria. O Gráfico de Pareto pode ser utilizado em diversas situações, algumas delas são:

- Análise de causas;
- Estudo de resultados;
- Planejamento de melhoria contínua.

2.2.4.4.13 Andon

Segundo Barros (2014) uma das funções do *Andon* é a possibilidade de um controle visual de necessidade de materiais, trazendo aos trabalhadores maior facilidade na identificação e reposição. O *Andon* é uma ferramenta visual que possibilita identificar falhas na linha de produção e rapidamente solucioná-las, de modo que a continuidade do trabalho não seja afetada. Para Costa (2015) a finalidade

da utilização do *Andon* é sinalizar, dessa forma essa ferramenta pode ser adaptada de acordo com a necessidade e condições de uso.

A fotografia 3 mostra um exemplo de *Andon* utilizado no estoque de blocos cerâmicos, os níveis de estoque são identificados por placas nas cores verde, amarela e vermelha, representando a quantidade de estoque máximo, médio e mínimo. Esses estoques são dimensionados de acordo com a velocidade de consumo e do *lead time* de abastecimento, ou seja, desde a identificação da necessidade até a entrega do fornecedor.

Fotografia 3 – Exemplo da utilização do *Andon* para controle visual de estoque



Fonte: Costa (2015).

3 METODOLOGIA

A metodologia é entendida como uma disciplina que estuda, compreende e avalia os diversos métodos disponíveis para realização de uma pesquisa. Deve apresentar uma explicação minuciosa de todas as ações envolvidas no método do trabalho de pesquisa. É fragmentada em algumas partes, sendo essas a descrição do local, do sujeito, do objetivo do estudo, dos métodos e técnicas, das limitações e do tratamento dos dados (KAUARK, MANHÃES, MEDEIROS, 2010).

A pesquisa do ponto de vista da forma de abordagem do problema foi classificada como qualitativa, pois a maioria dos resultados não são quantificáveis (traduzido em números), devido à complexidade encontrada pelo pesquisador em levantar resultados mensuráveis frente a aplicação de uma nova filosofia de gestão da produção. Para Neves (1996) a pesquisa qualitativa é direcionada no decorrer de seu desenvolvimento, seu foco é mais amplo e parte da obtenção de dados descritivos obtidos a partir do contato entre o pesquisador e o objeto de estudo. É comum que o pesquisador procure entender as situações do ponto de vista dos participantes, e com isso interpretar os fenômenos estudados. Neves (1996) ainda afirma que os métodos qualitativos tem um papel importante no ambiente organizacional, pois os estudos direcionados a avaliação de suas características são beneficiários de pesquisas de natureza qualitativa.

De acordo com os objetivos propostos a pesquisa é classificada como exploratória, visto que não havia nenhum estudo anteriormente desenvolvido nos empreendimentos da empresa com as mesmas características e objetivos. Dessa forma, alguns dos resultados dessa pesquisa foram obtidos por meio de descobertas, fruto de uma procura por padrões, ideias e hipóteses. Piovesan (1995) afirma que a pesquisa exploratória ter um caráter de continuidade, partindo de um cenário com pouco ou nenhum conhecimento do universo de respostas e alcance um conhecimento autêntico desse universo. O estudo pode ser dividido em diversas etapas, onde cada uma delas se sustenta nos resultados da etapa anterior, compondo um trabalho harmônico e coordenado. Para Richardson (1989) a pesquisa exploratória procura conhecer as características de um fenômeno para que possa conhecer suas causas e características. Mattar (1994) complementa que

a pesquisa exploratória visa proporcionar ao pesquisador maior conhecimento sobre o tema em estudo.

Ainda de acordo com os procedimentos técnicos a pesquisa foi classificada como de campo, aplicada, bibliográfica e inovadora. Durante o desenvolvimento da pesquisa, a proximidade entre o pesquisador e as frentes de trabalho (campo) foi essencial para a identificação de detalhes e possibilidades de melhorias que não seria possível observar caso o mesmo não estivesse presente. Para Fonseca (2002) a pesquisa de campo além de conter pesquisas bibliográficas e/ou documental, ainda é composta pela coleta de dados junto as pessoas. Para Gil (2008) o estudo de campo busca aprofundar a questão proposta, podendo ocorrer mesmo que os objetivos sejam alterados ao longo da pesquisa. Carvalho (2020) complementa que a pesquisa de campo é um método qualitativo de pesquisa, onde é possível aprender o inesperado observado as pessoas em seu ambiente natural.

O caráter aplicado da pesquisa trouxe uma geração de conhecimento para a aplicação prática direcionada a solução de problemas. Thiollent (2009) afirma que a pesquisa aplicada é concentrada nos problemas existentes nas atividades das instituições, organizações, grupos ou atores sociais. O foco é identificação dos problemas e a busca pelas soluções a qual responde a uma demanda formulada por clientes, atores sociais ou instituições.

Para a estruturação e embasamento teórico da pesquisa foram utilizados materiais já elaborados. Os levantamentos dos conteúdos foram realizados em portais como a CAPES, IGLC, Lean Instituto Brasil, Lean Construction Blog, Scielo, biblioteca digital da USP e UNESP. A pesquisa bibliográfica é um método reflexivo, controlado, ordenado e crítico o qual proporciona ao pesquisador as primeiras informações e o estado que se encontra atualmente o problema. Pode ser desenvolvida a partir de materiais já existentes como: livros, revistas, artigos, monografias, dissertações, jornais, teses, boletins, internet e outros, tendo como objetivo principal pôr o pesquisador em contato direto com conteúdo já inscritos e pesquisados sobre o assunto da pesquisa (KAUARK, MANHÃES, MEDEIROS, 2010).

Ainda foi classificada como uma pesquisa-ação em razão de que o pesquisador atuou de forma participativa, objetivando preencher as lacunas de conhecimento existentes entre a teoria e a prática em um processo contínuo de reflexão e ação. A pesquisa – ação é realizada com uma estreita associação com

uma ação e resolução de um problema coletivo, em que os pesquisadores e os participantes estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. Todo tipo de pesquisa-ação é do tipo participativa, ou seja, a participação das pessoas implicadas no problema é fundamental e necessária (THIOLLENT, 1986). Ainda segundo o autor além de uma pesquisa-ação ter o caráter participativo das pessoas e grupos implicados no problema, no contexto organizacional visa resolver problemas mais técnicos, como a introdução de uma nova tecnologia, onde que por trás da problemática apresentada existe uma série de condicionantes sociais a serem considerados na investigação. A pesquisa-ação se mostra favorável quando o pesquisador não limita sua pesquisa apenas a aspectos acadêmicos e burocráticos, mas sim que os participantes tenham algo a contribuir e de forma prática e participativa, abarcando ações que vão além do levantamento de dados e escrita dos relatórios, aspectos importantes no universo da pesquisa científica.

O viés de inovação dessa pesquisa se deu devido as inovações introduzidas nos processos de produção. A introdução da inovação em processo se deu devido a necessidade da empresa em alcançar maior agregação de valor ao cliente, por meio da redução do custo, diminuição do prazo de entrega e aumento da qualidade.

3.1 Limitação e delimitação da pesquisa

O horizonte considerado para o desenvolvimento do estudo foi entre o mês de outubro de 2019 a outubro de 2020. Esse intervalo considera apenas as atividades desenvolvidas no canteiro de obras limitadas aos pavimentos repetitivos. Essa escolha se justifica devido a padronização e repetitividade dos pavimentos, contribuindo para a construção de uma análise comparativa de dados.

3.2 Objeto de investigação

A empresa onde esse estudo foi desenvolvido atua a mais de 40 anos no mercado imobiliário, na área de incorporação e loteamentos. Possui certificação nível A no Plano Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat e tem em seu portfólio a construção de mais de 2 mil apartamentos e 20 mil lotes. O empreendimento (figura 26) escolhido para este estudo possui 4.500 m² de área construída, 7 pavimentos repetitivos, térreo e um subsolo. É composto por 42 apartamentos e é localizado na Rua Botafogo 1021, Jardim Tabaete, Maringá - PR. A obra iniciou em março de 2019 e o prazo máximo de entrega será em novembro de 2021.

Figura 26 – Objeto de investigação.



Fonte: Wegg (2018).

A empresa não possui histórico de implantação de ferramentas e metodologias *Lean Construction* em suas obras. Em 2019 surgiu o interesse da diretoria da empresa em produzir empreendimentos com menores prazos de entrega, menor custo e maior valor agregado ao cliente final. O pesquisador atua como engenheiro civil nesta empresa, sendo este o principal motivo para a escolha dessa construtora. Dentro dos empreendimentos em andamento dessa empresa, o Residencial Macaé foi escolhido para ser o projeto piloto de uma implantação de

inovação em processos pela filosofia *Lean*, por possuir unidades repetitivas e o início da obra coincidir com o início dessa pesquisa.

3.3 Procedimento, técnicas e ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do estudo

Para Barros (2014) a implantação do sistema de produção deve seguir uma ordem e ser adaptada de acordo com o estado futuro pretendido de cada empresa. Para estruturação temporal das ações desenvolvidas durante a pesquisa o pesquisador dividiu em duas etapas, Iniciação e Execução.

3.3.1 Iniciação

Para o desenvolvimento do estudo e implantação da Inovação em Processo no âmbito do planejamento operacional, o pesquisador denominou de Iniciação (figura 27) o período que antecede o início da produção. Durante esse período são elaboradas estratégias de produção em um horizonte a longo prazo, ou seja, do início até o término da execução da obra. Essas estratégias são compostas pelo estudo de *layout* e logística e do *Pull Scheduling*. Os principais objetivos das atividades desenvolvidas nessa etapa são de buscar alternativas para redução de desperdícios de transporte e movimentação no canteiro de obras e a redução do *lead time* de execução do empreendimento.

Figura 27 – Mapa mental - Iniciação



Fonte: Autoria própria.

3.3.1.1 Layout e logística

O pesquisador iniciou com o estudo das estratégias iniciais de produção e da logística do canteiro de obras. Foi promovida uma reunião semanal em um intervalo de 4 semanas com uma duração de 90 minutos. Essas reuniões contaram com a presença do mestre de obras, engenheiro e estagiários de engenharia. O objetivo dessas reuniões eram apresentar as premissas iniciais do projeto, tais como: configuração do terreno, locação do empreendimento, projetos e principalmente levantar ideias e sugestões para o desenvolvimento do estudo.

A partir das informações levantadas durante as reuniões, o pesquisador desenvolveu um projeto inicial de canteiro de obras em 3D no *software* Revit 2019. A premissa do projeto era de compor o *layout* das áreas de vivência, estoque, zonas de descarga, expedição e também o posicionamento do principal equipamento de transporte vertical desta obra, sendo esse o elevador cremalheira. Esses equipamentos de usos comum (áreas de vivência) foram dimensionados de acordo com as especificações da Norma Regulamentadora 18.

3.3.1.2 Pull Scheduling

Em paralelo ao planejamento do *layout* e da logística iniciou-se o processo de repartição do projeto em etapas, por meio da implantação dos conceitos da metodologia *Last Planner System*. Para isso, foram realizadas 4 reuniões que contou com a participação do pesquisador, dos representantes das equipes executivas de estrutura, elétrica, hidráulica, alvenaria e também o mestre de obras. Essa etapa foi denominada de *Pull Scheduling* e o objetivo é desenvolver um cronograma de etapas e identificar as dependências ou *handoffs* entre os pacotes de trabalho de cada equipe.

Esses representantes foram orientados pelo pesquisador a utilizarem *post-its* de cores diferentes, de forma que cada um desse representasse um pacote de trabalho. Após isso os *post-its* foram posicionados na parede de forma interativa e reversa, ou seja, o fluxo do trabalho é estruturado futuro para o presente.

Com o fluxo de trabalho estabelecido, a segunda etapa é a definição do lote construtivo ou zonas. Para a definição do lote construtivo o pesquisador considerou a inexperiência das equipes nesse processo de gestão como um fator

crítico para a redução das zonas. Essa diminuição poderia trazer ineficiência e obstrução do fluxo contínuo.

A terceira etapa é o levantamento do tempo de ciclo necessário de cada equipe para execução dos serviços no lote construtivo já determinado. Tais estimativas foram levantados por meio de entrevistas com os prestadores de serviço participantes da primeira etapa, mestre de obras e também pelos dados históricos da construtora de empreendimentos anteriores. A adoção do ritmo da produção ou *Takt Time* foi definida com base nas práticas adotadas em outras empresas, na quantidade de recursos disponíveis e pela maior facilidade na identificação de variações, PPC% e na adoção de planos de ação semanais.

Com a definição do *Takt Time* a próxima etapa é o nivelamento da quantidade de recursos para cumprimento do ritmo de trabalho, ou seja, a quantidade de recursos em cada pacote de trabalho é variada com objetivo de manter a duração dos pacotes de trabalho niveladas ao *Takt Time*. A ferramenta utilizada para isso foi o Gráfico de Trabalho Combinado. Após o nivelamento é possível obter-se números fracionados. Como solução, as condições para arredondamento são seguidas conforme as orientações apresentadas no desenvolvimento desse trabalho no item 2.2.4.4.4 na página 64.

Após o nivelamento dos recursos, o objetivo foi buscar alternativas para a criação de pacotes de trabalho e conseqüentemente redução do *lead time* de entrega do produto. Os pacotes de trabalho são compostos de atividades que possam ser realizadas pelas mesmas equipes ou distintas, de forma que não haja conflitos na logística, na utilização de recursos e no fluxo contínuo das atividades.

Para desenvolvimento do cronograma a longo prazo foi utilizado o *software* Microsoft Project. Considerando a gestão visual, para facilitar a visualização e controle o cronograma foi desenvolvido de acordo com a técnica de Linha de Balanço.

3.3.2 Execução

O pesquisador denominou de execução todos os processos desenvolvidos durante a produção no canteiro de obras. A figura 28 mostra o mapa mental com todas as etapas percorridas pelo pesquisado durante o processo de implantação da filosofia *Lean* na fase de execução do projeto.

Figura 28 – Mapa mental - Execução



Fonte: Autoria própria.

3.3.2.1 Look – Ahead Plan

O objetivo dessa etapa é fragmentar o cronograma em partes menores de forma que seja possível identificar os bloqueios e obstáculos que possam prejudicar o cumprimento do planejamento. Foi apresentado na revisão de literatura desse trabalho que nessa etapa de planejamento o horizonte recomendado é de 4 a 6 semanas. Para esse projeto o pesquisador adotou 4 semanas, devido à falta de experiência das equipes na participação de um processo de inovação. Quanto maior o horizonte de planejamento em um ambiente propício a omissões de informações e falta de compromisso com o plano, menor seria a capacidade de reação da empresa frente as variações do planejamento.

Essas reuniões eram realizadas a cada 3 semanas, nas sextas-feiras às 13:30 h e com duração de uma hora e meia. Participavam da reunião o pesquisador, um estagiário de engenharia, mestre de obras e os representantes das equipes que estariam executando no canteiro de obras durante as próximas 4 semanas. A primeira parte da reunião tem o objetivo de definir as atividades diárias de cada equipe, ou seja, realizar a fragmentação do *Pull Scheduling*. Para isso, foram realizadas entrevistas com os prestadores de serviço e mestre de obras para identificar quais seriam as restrições ou obstáculos que impediria o início de cada atividade na data planejada. Com essas informações, são definidos os responsáveis e a data máxima de eliminação. Com o término da reunião essas

informações eram transferidas pelo estagiário de engenharia para um aplicativo de gerenciamento de projetos denominado de Trello.

Participava do grupo desse empreendimento no aplicativo Trello o pesquisador, estagiários de engenharia e o mestre de obras. Dentro do aplicativo foram criadas três colunas, “A fazer”, “Em andamento” e “Concluído”. Os integrantes foram orientados pelo pesquisador para realizar a atualização das restrições, ou seja, que fossem movimentadas para a coluna correta sempre que houvesse alteração do *status*.

3.3.2.2 Weekly Work Plan

Todas as sextas-feiras as 13:30 h com duração de 60 min são realizadas reuniões para acompanhamento das atividades semanais definidas na reunião de *Look – Ahead Plan*. Nessa reunião participava o pesquisador, mestre de obras, estagiário de engenharia e os responsáveis pelas equipes nas quais estavam desenvolvendo alguma atividade no canteiro de obras. A primeira etapa da reunião que compreendia os 30 primeiros minutos trata do andamento das atividades desenvolvidas durante a semana. Por meio de entrevistas, são levantadas as dificuldades enfrentadas, novas restrições, riscos, os motivos das possíveis variações do cronograma e também as porcentagens de andamento de cada atividade. Essas informações são repassadas para uma planilha de Excel denominado de Planejamento e Controle Semanal de Tarefas. Nessa planilha é realizado o acompanhamento do cumprimento do cronograma a curto prazo (semanal), utilizando o índice denominado de Porcentagem de Planejamento Concluído (PPC%). Esse índice foi adotado pelo pesquisador para monitorar a aderência das equipes ao planejamento semanal.

Na segunda etapa da reunião, também com duração de 30 minutos, o objetivo é colher informações confiáveis para o replanejamento do cronograma de atividades para a próxima semana. Durante essa reunião o estagiário de engenharia verifica a quantidade de restrições eliminadas e pendentes até o momento da reunião. O produto da quantidade de restrições eliminadas pela quantidade total é denominado de Índice de Remoção de Restrições (IRR%). A medição desse índice iniciou-se no dia 18/05/2020, e para conclusão dos resultados dessa pesquisa finalizou-se no dia 01/10/2020. Com o objetivo de analisar a efetividade do processo de eliminação de

restrições no cumprimento do plano semanal, o pesquisador realizou um comparativo entre o IRR% e o PPC% entre as semanas do dia 18/05/2020 e 25/09/2020.

Com todas essas informações, o pesquisador atualiza e replaneja se necessário o cronograma no *software* MS Project, de modo que seja respeitado os marcos pré-fixados no *Look – Ahead Plan*. O cronograma é impresso e fixado em um quadro de gestão a vista no canteiro de obras. Com as atividades definidas para a próxima semana o estagiário de engenharia repassa essas informações para o Planejamento e Controle Semanal de Tarefas.

3.3.2.3 Melhoria Contínua

A melhoria contínua foi um dos principais focos no processo de implantação da *Lean Construction*. Pequenas reuniões com duração de 15 minutos são realizadas para discussão e tratamento do problema a cada ocorrência. Os participantes dessa reunião são o pesquisador, mestre de obras, estagiário de engenharia e a equipe responsável pelo serviço onde foi identificado a falha ou oportunidade de melhoria.

Esse processo funciona da seguinte forma:

- 1) A equipe identifica o problema ou desperdício;
- 2) É feita uma análise dos dados para identificação dos motivos do surgimento do problema;
- 3) É proposto uma solução;
- 4) É medido os efeitos da solução do problema;
- 5) Preenchimento do formulário de *Kaizen* pelo estagiário;
- 6) Com sua efetivação o formulário é arquivado;
- 7) Os *Kaizens* são revisados em uma reunião mensal de melhoria contínua, na última semana do mês duração aproximada de 30 min. Participam o pesquisador, mestre de obras e estagiários de engenharia e o Coordenador de Qualidade.

Um dos campos para preenchimento no formulário *Kaizen* é a indicação dos desperdícios ocorridos com o surgimento da falha. A ocorrência de cada tipo de desperdício foi contabilizada para identificar qual o principal desperdício presente no processo produtivo. Esses dados foram colhidos até o dia 01/10/2020.

Da mesma forma, os formulários *Kaizens* são aplicados durante as reuniões de *Weekly Work Plan*. Os motivos que ocasionaram a ocorrência de desvios em cada atividade são registrados no Planejamento e Controle Semanal de Tarefas, em uma coluna denominada de “Observações”. Para priorizar quais os motivos de maior ocorrência de variação do plano, é utilizado a ferramenta Gráfico de Pareto. Após a priorização das causas, essa é tratada por meio da implantação da ferramenta Ciclo PDCA. Após a definição do plano de melhoria, execução e checagem dos resultados do PDCA essas informações são registradas e arquivadas como lições aprendidas.

3.3.2.4 Coleta de dados e produtividade

O pesquisador adotou a Razão Unitária de Produção (RUP) como o indicador de produtividade das equipes. O objetivo desse índice é levantar as produtividades reais dos serviços e posteriormente compará-las com as produtividades adotadas no planejamento.

A escolha das atividades a serem monitoradas para obtenção das produtividades reais, considerou aquelas que possuem alto grau de incertezas nas estimativas de prazo e/ou que compunham o caminho crítico do empreendimento. Para isso um estagiário de engenharia foi orientado pelo pesquisador a apontar diariamente o número de funcionários e a quantidade diária de horas trabalhadas em cada serviço. Ao final de cada dia esses dados eram transferidos para uma planilha no Microsoft Excel. A relação entre a quantidade de horas trabalhadas pelo quantitativo de cada serviço em cada lote de produção indica a produtividade unitária real.

Para verificação da estabilidade das produtividades das atividades, os dados de RUP's são lançados no *software* Minitab e então geradas cartas de controle para cada processo monitorado. Os limites de controle adotados seguiram o padrão do *software*, com três desvios padrão para cima e três para baixo. O objetivo de geração das cartas de controle são identificar a estabilidade ou instabilidade do processo. Com essas informações o pesquisador identifica a necessidade ou não de replanejamento do cronograma. Os índices de produtividade de cada equipe são apresentados em um quadro no canteiro de

obras, gestão visual e transparência, para que todos os funcionários tenham acesso às informações.

3.3.2.5 Planejamento de controle do processo de alvenaria de bloco cerâmico

O fluxo contínuo da produção é uma das premissas para alcance da redução do *lead time* de entrega do empreendimento. O pacote de trabalho que historicamente apresentava maiores problemas nas obras da empresa era a execução de alvenaria de blocos cerâmicos. Alguns dos problemas historicamente identificados foram:

- Variedade de produtos;
- Geração de grandes estoques no final da atividade;
- Movimentações e estoques mal calculados;
- Atraso na emissão do pedido;
- Ausência de logística interna.

Em função da criticidade desse serviço, foi necessário a implantação de um planejamento e controle mais apurado da cadeia logística, estoques, abastecimentos e do processo executivo.

O plano de melhoria foi dividido em quatro etapas:

- 1) Projeto;
- 2) Definição do fornecedor;
- 3) Planejamento da produção;
- 4) Mapeamento de Fluxo de Valor;

Os próximos parágrafos apresentam as descrições das etapas adotadas para a implantação do plano de melhoria.

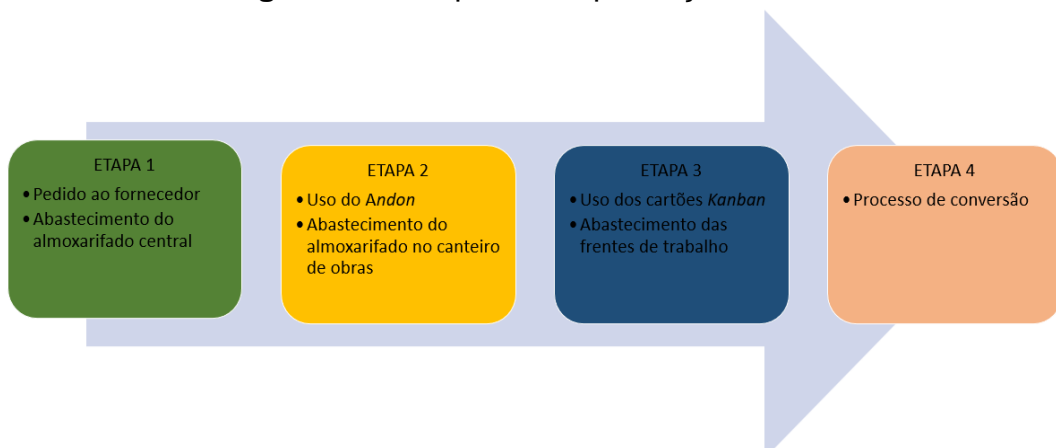
- 1) Projeto - Por meio do setor de Projetos foi desenvolvido o projeto tridimensional de alvenaria. Os objetivos desse trabalho foi identificar interferências entre as diversas disciplinas, extrair do modelo o quantitativo de materiais necessários para execução do pavimento repetitivo e realizar simulações mais eficientes de redução de partes do trabalho e inclusão de novos métodos construtivos;
- 2) Definição do fornecedor – Foi realizado o orçamento com 3 fornecedores de bloco cerâmico e dois fornecedores de argamassa estabilizada. Durante o processo de análise alguns fatores são decisivos para a escolha dos

fornecedores, tais como: qualidade dos produtos, registro no Programa Setorial de Qualidade, capacidade de entrega por caminhão, quantitativo de peças por *pallets* e o tempo de atendimento após o pedido.

- 3) Planejamento da produção - Nessa etapa o pesquisador realizou reuniões com a equipe executora do assentamento dos blocos cerâmicos para planejar o mapeamento do fluxo de trabalho no pavimento. O objetivo dessa etapa é identificar o sequenciamento executivo. Após a identificação do fluxo do trabalho de cada pedreiro, um estagiário de engenharia lançou esses dados em uma planilha em Excel, na qual era composta pela identificação de cada parede, quantitativo de materiais, sequencia executiva, especificação dos insumos e a estimativa de quais paredes seriam executadas em cada dia. Para compor essa estimativa foi adotado uma produtividade de 20 m² por dia para cada pedreiro. Para refinamento das informações durante o processo executivo a produtividade estimada foi substituída pela produtividade real (RUP);
- 4) Mapeamento de Fluxo de Valor - Identificadas as condições do estado atual desse processo, o objetivo do pesquisador foi criar um fluxo onde o produto percorresse o menor tempo possível dentro da cadeia produtiva. Assim, em colaboração com a equipe técnica, composta pelo pesquisador e estagiários de engenharia, foi desenhado em uma cartolina de papel qual seria o primeiro Mapa de Estado Futuro. O prazo adotado para implantação da melhoria seria de 30 dias.

O desenvolvimento do MFV foi dividido em 4 etapa.

Figura 29 – Etapas de implantação do MFV



Fonte: Autoria própria.

- Etapa 1: A primeira etapa engloba desde a solicitação ao fornecedor até o abastecimento do almoxarifado central. Durante o processo de planejamento da etapa 1 foi definido pelo pesquisador que a emissão dos cartões *Kanban* do fornecedor para composição do lote construtivo subsequente seria feita no dia do início da produção do lote antecessor. Esse prazo foi definido de acordo com o *lead time* de entrega de 10 dias indicado inicialmente pelo fornecedor. Considerando um prazo de execução de 15 dias para cada lote construtivo, o almoxarifado central estaria reabastecido 5 dias antes da necessidade, sobrando ainda 5 dias para proteção contra atrasos de entrega, antecipação da necessidade pelo aumento da produtividade e reabastecimento do estoque no canteiro de obras;
- Etapa 2: Abastecimento dos supermercados no canteiro de obras *on demand*. Os locais de estoques no canteiro de obras destinados para armazenamento dos pallets de blocos cerâmicos foram dimensionados para suprir 5 dias de trabalho durante o processo de execução de alvenaria. Com o objetivo de identificar se essa condição está sendo atendida foi utilizado dispositivos tipo *andon* para sinalizar a necessidade ou não de reabastecimento. Essa sinalização foi feita com um triângulo amarelo sobre as áreas de estoque de cada tipologia de blocos cerâmicos com uma numeração. A numeração em cada triângulo mostrava a quantidade de *pallets* que deveria ter no estoque no início do dia nas quartas-feiras, ou seja, a quantidade mínima de estoque deveria abastecer a quinta e sexta-feira. Essa numeração era feita com *post-its* e alterada semanalmente de acordo com o consumo semanal. Caso não houvesse variação na produtividade, sobreconsumo ou mudanças no fluxo do trabalho o quantitativo de *pallets* estocados na quarta-feira deveria ser a mesma da quantidade escrita no triângulo amarelo. Caso fosse evidenciado a necessidade de reabastecimento era enviado um *Kanban* de transporte com a quantidade necessária;
- Etapa 3: Abastecimento das frentes de trabalho de acordo com a demanda, representada pela emissão de cartões *Kanbans* de transporte. Devido a capacidade máxima do caminhão destinado para o transporte entre o almoxarifado central e a obra ser de 12 *pallets*, foi adotado uma frequência de entrega de duas vezes na semana para atendimento da demanda. Para que as

entregas dos insumos no lote fossem puxadas, o estagiário de engenharia verificava a produtividade das equipes durante todo o processo executivo. O *status* de andamento diário era atualizado em uma planilha no Microsoft Excel, e caso a produtividade variasse do planejado, conseqüentemente a previsão de demanda para o próximo dia era alterada. Com isso, no início de cada dia os cartões *Kanbans* de transporte eram posicionados no Quadro de cartões *Kanban*. Cada cartão representava um *pallet* e era posto na caixa referente a posição mais próxima do local de trabalho, respeitando o projeto de armazenamento no pavimento. A partir dessas informações a equipe de logística iniciava o transporte dos materiais para o pavimento repetitivo. Conforme as entregas fossem sendo finalizadas essa equipe invertia o lado dos cartões, mostrando a mensagem de “Feito”. Essas posições foram definidas em um projeto de armazenamento dos *pallets* nos pavimentos. Por meio do fluxo de trabalho e consumo de material foi definido as posições de armazenamento, a premissa para o desenvolvimento do projeto foi de que os *Kanbans* de transporte seriam emitidos diariamente, que os materiais deveriam estar o mais próximo possível dos locais de aplicação e que não atrapalhassem o fluxo da produção, movimentações e transportes. Esse projeto foi impresso e posto ao lado do elevador cremalheira para fácil consulta;

- Etapa 4: Execução das atividades de conversão do pacote de trabalho. O objetivo do processo de conversão é a transformação dos insumos em produto acabado. Durante o processo de execução, com o objetivo de garantir os requisitos técnicos do produto as atividades foram acompanhadas de acordo com as recomendações descritas no Manual de Serviços Controlados da Gestão da Qualidade da empresa.

3.3.2.6 Logística interna e 5S

O trabalho de planejamento dos estoques e da logística facilitou a implantação do 5S no canteiro de obras. O objetivo dessa etapa é promover a limpeza, organização dos ambientes de estocagem e produção. Antes do início das equipes iniciarem a execução de cada pacote de trabalho elas são orientadas pelo pesquisador a manter o ambiente de trabalho limpo e organizado diariamente. Para que não houvesse futuros problemas e não cumprimento dessa norma, tornou-se

regra o esclarecimento dessa rotina antes da contratação do serviço. Para sustentação jurídica essa condição foi adotada como cláusula obrigatório ao contrato de prestação de serviço.

A equipe de logística interna é composta por um operador de cremalheira e dois serventes. Essa equipe é orientada a manter o ambiente de trabalho limpo, organizado e a movimentarem os insumos para os locais de acordo com o projeto de logística e armazenamento. Para facilitar a identificação visual pelos operários, os locais de estoque são identificados com placas com dimensões de uma folha A4 com o nome do insumo a ser armazenado

Esses estoques são replanejados de acordo com cada etapa construtiva do empreendimento. Para manutenção do programa e melhoria contínua o pesquisador realiza reuniões semanais durante todo o período da obra com as equipes terceirizadas e de logística. O objetivo dessa reunião é fortalecer a conscientização das equipes em manter um ambiente limpo, organizado e identificar as possíveis oportunidades de melhoria.

3.3.2.7 Dispositivo à prova de erro

Em uma entrevista realizada pelo pesquisador com o Gestor de Qualidade e o engenheiro responsável pelo pós-obra da empresa, foi apresentado uma lista com todos os pacotes de trabalho a serem executados nesse empreendimento. Nessa reunião o pesquisador fez uma explicação de cada pacote de trabalho e as possíveis patologias mais comuns que surgem com a má execução de cada atividade. O objetivo foi identificar quais etapas traziam maiores ocorrências de defeitos e dificuldade de manutenção durante e após a entrega do produto. O pesquisador adotou as seguintes etapas para resolução dos problemas encontrados:

- 1) Conhecer a falha a ser corrigida;
- 2) Compreensão das causas;
- 3) Cogitação de soluções;
- 4) Verificação da eficácia da solução;
- 5) Implantação da solução;
- 6) Registro.

Nos próximos parágrafos serão apresentadas as descrições das etapas adotadas para a resolução dos problemas encontrados.

- 1) Conhecer a falha a ser corrigida - Para identificação das atividades de maior ocorrência de erros, foi utilizado os registros de não conformidades dos serviços descritos no Planejamento e Controle Semanal de Tarefas de obras anteriores. O engenheiro responsável pela execução de atividades no pós-obra apontou qual serviços teriam maior impacto e intervenção no apartamento do cliente com o surgimento da falha;
- 2) Compreensão das causas – Após a escolha das atividades a serem tratadas, foi identificado quais seriam as principais falhas durante a execução e manutenção. Essas informações foram levantadas a partir dos registros de descrição das não conformidades pelos estagiários de engenharia no Planejamento e Controle Semanal de Tarefas e pela entrevista realizada com o engenheiro de pós-obra;
- 3) Possíveis soluções - Com essas informações o pesquisador se reuniu com a equipe técnica da obra para buscar alternativas para a redução e/ou eliminação desse defeito. Participaram dessa reunião o pesquisador, mestre de obras, estagiário de engenharia e o responsável pela equipe terceirizada de execução dos serviços;
- 4) Verificação da eficácia da solução - Para verificação da eficácia da medida foi tomado o primeiro pavimento como protótipo de implantação das possíveis soluções. Após a execução o mestre de obras realizou todas as verificações dimensionais e executivas. O pesquisador recebeu todas as informações e levantou junto as equipes de obra as dificuldades encontradas durante a execução.
- 5) Implantação da solução – Após a verificação dos dados e informações colhidas após a execução da atividade o pesquisador concluiu a investigação e informou aos membros por meio de uma reunião no canteiro de obras quais foram os resultados e conclusão desse processo de investigação.
- 6) Registro – Após a conclusão os dados foram registrados nos documentos de Gestão da Qualidade.

3.3.2.8 Redução do Lead Time

A redução do tempo de atravessamento é um dos resultados alcançados por meio da implantação de métodos de gestão eficazes. Foi utilizado como referência a planilha de acompanhamento de medição da Caixa Econômica Federal para comparativo dos dados de avanço planejado e real. Para facilitar a visualização dos dados, foi desenvolvido uma Curva S (dados acumulados) onde fosse possível realizar um comparativo entre os avanços mensalmente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

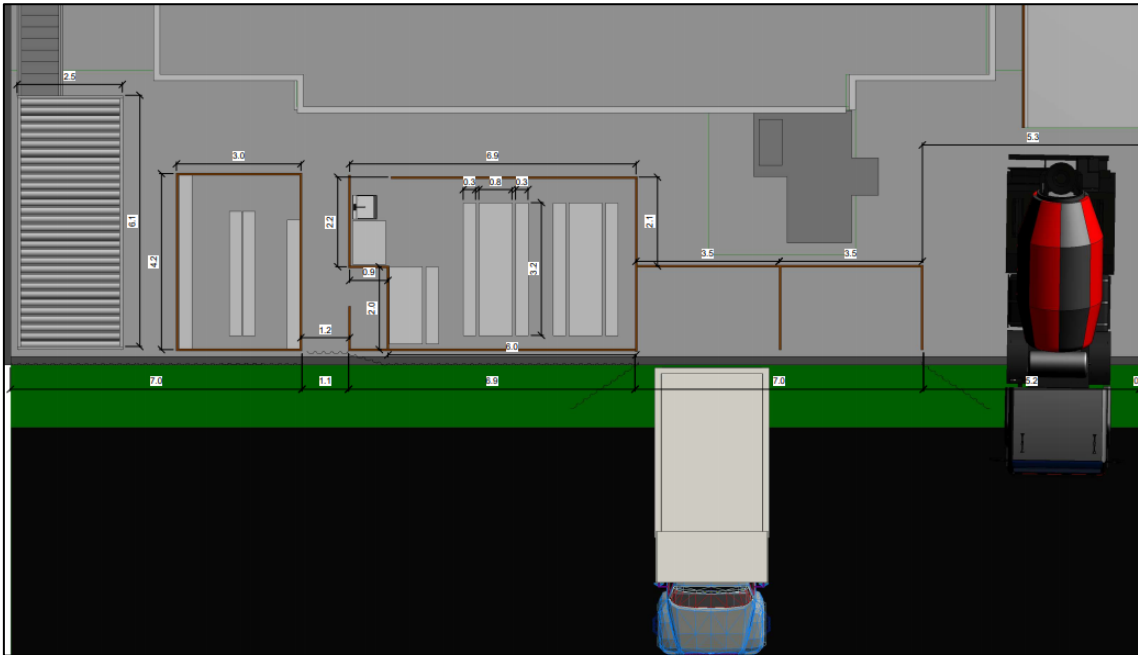
Esse capítulo apresenta os resultados obtidos com a implantação das ferramentas, métodos e procedimentos que norteiam a filosofia *Lean Construction* durante a execução do empreendimento Residencial Macaé. Em uma inovação em processo, para que os resultados sejam potencializados as mudanças devem fazer parte da cultura organizacional da empresa. A resistência a mudança no cotidiano foi a principal dificuldade encontrada pelo pesquisador, pois a maioria das ações propostas provocavam alterações na rotina e na execução do trabalho dos operários. Para que essas mudanças fossem mais facilmente assimiladas, a etapa de conscientização dos trabalhadores é um ponto a ser melhorado. O pesquisador evidenciou que com um processo mais frequente de treinamento e palestras aos funcionários poderia ter obtido melhores resultados durante o desenvolvimento dessa pesquisa.

4.1 Iniciação

4.1.1 Layout e logística

Durante o desenvolvimento do projeto de *layout* e logística do canteiro de obras a participação da equipe envolvida trouxe a possibilidade ao pesquisador de visualizar pontos importantes que estavam sendo considerados. Com o agrupamento dessas ideias e sugestões o pesquisador desenvolveu um projeto de canteiro de obras (figura 30).

Figura 30 – Projeto de canteiro de obras



Fonte: Autoria própria.

O resultado foi um projeto de canteiro de obras, no qual proporcionou um maior envolvimento da equipe no processo de tomada de decisão, maior compartilhamento de responsabilidade, entendimento do projeto, redução de futuras alterações no posicionamento dos equipamentos durante as diversas etapas executivas da obra, redução no transporte de materiais, movimentações e do aumento do bem estar dos colaboradores por meio de ambientes planejados.

4.1.2 Pull Scheduling

Por meio das reuniões com os membros das equipes (fotografia 4) na etapa de *Pull Planning*, foi possível identificar o fluxo de valor e os *handoffs* entre as diferentes equipes nos pavimentos repetitivos do empreendimento. Essa transição entre as diferentes áreas trouxe maior maturidade, entendimento global do processo de fabricação do produto e aderência das equipes pelos resultados do plano.

Fotografia 4 – Reunião de *Pull Scheduling*



Fonte: Autoria própria.

A primeira etapa foi a identificação de um fluxo de trabalho mais confiável das equipes (fotografia 5). Por meio da interatividade entre os membros durante a identificação do fluxo, mapeou-se o caminho a ser percorrido dentro do pavimento repetitivo. Outro ponto importante foi a identificação das dependências entre as equipes, as quais proporcionou um maior conhecimento entre membros sobre as necessidades, requisitos de qualidade e dificuldades de cada equipe dentro do processo executivo.

Fotografia 5 – Fluxo de trabalho

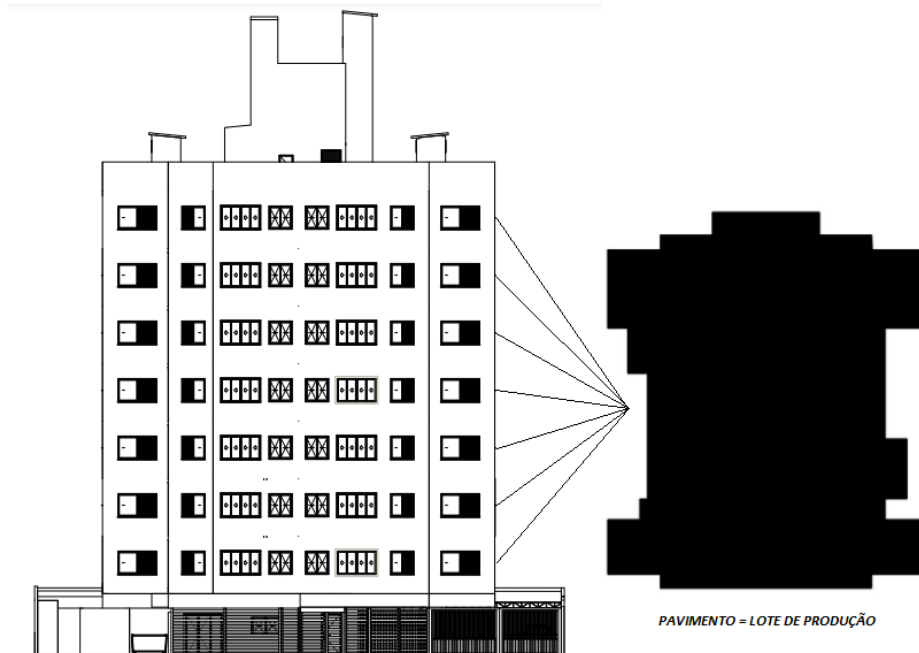


Fonte: Autoria própria.

A segunda etapa foi a definição do pavimento repetitivo (figura 31) como lote construtivo ou zona de ataque. A separação das zonas de ataque trouxe maior

organização ao fluxo de produção e abastecimento de insumos, acarretando uma diminuição nas interferências entre as equipes, aumento da produtividade e menos interrupções ao fluxo da produção.

Figura 31 – Lote construtivo



Fonte: Autoria própria.

A tabela representa o produto dos dados estimados durante a reunião de *Pull Schadulling*. Diante disso, a quantidade de colaboradores necessária em cada pacote de trabalho foi continuamente revisada de acordo com as medições produtividades reais (RUP).

Tabela 1 – Dados de recursos e durações estimados durante reunião de *Pull Schadulling*

(continua)

Atividades	Tempo de Ciclo (dias)	Quantidade de funcionários	Função
Superestrutura	15	6	Carpinteiro/armador
Alvenaria	20	2	Pedreiro
Esgoto sanitário	15	2	Encanador
Regularização	2,5	2	Pedreiro
Contramarco	10	1	Pedreiro
Passagem de mangueiras e caixas elétricas	5	2	Eletricista

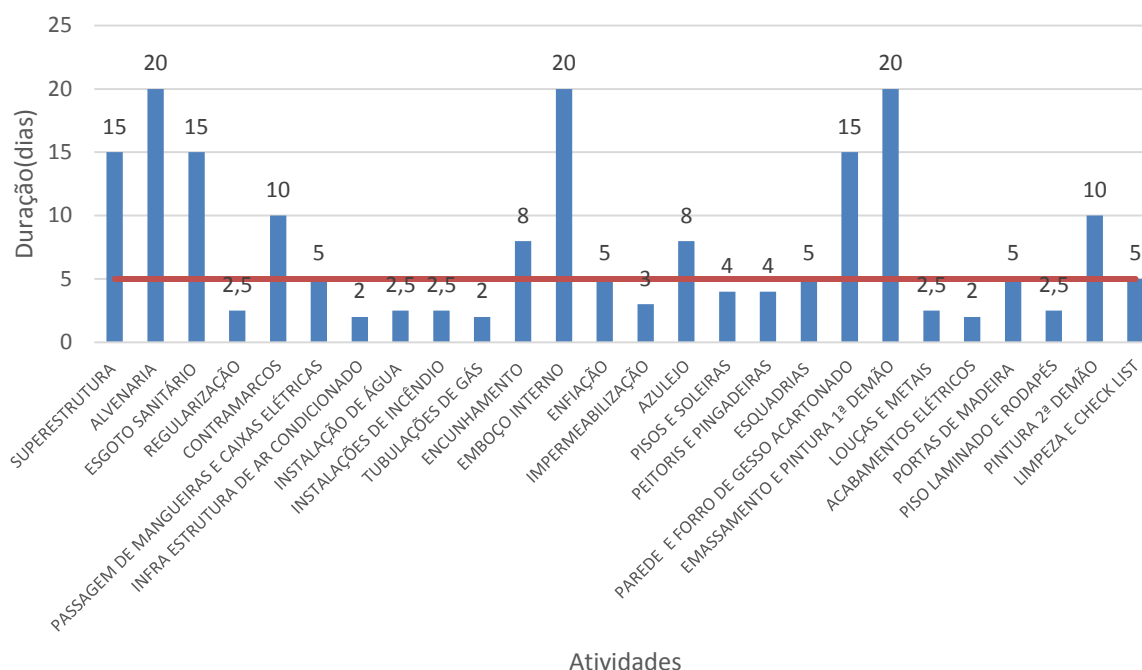
Tabela 1 – Dados de recursos e durações estimados durante reunião de *Pull Scheduling*

(conclusão)

Atividades	Tempo de Ciclo (dias)	Quantidade de funcionários	Função
Infra estrutura de ar condicionado	2	4	Instalador
Instalações de água	2,5	2	Encanador
Instalações de incêndio	2,5	2	Encanador
Instalações de gás	2	2	Instalador
Encunhamento	8	1	Pedreiro
Emboço interno	20	2	Pedreiro
Enfição	5	2	Eletricista
Impermeabilização	3	2	Pedreiro
Azulejo	8	2	Azulejista
Pisos e soleiras	4	2	Azulejista
Peitoris e pingadeiras	4	1	Pedreiro
Esquadrias e alumínio	5	2	Montador
Parede e forro de gesso	15	3	Montador
Emassamento e pintura 1ª demão	20	4	Pintor
Louças e metais	2,5	2	Encanador
Acabamentos elétricos	2	2	Eletricista
Pontas de madeira	5	1	Montador
Piso laminado e rodapés	2,5	2	Instalador
Pintura 2ª demão	10	2	Pintor
Limpeza e check list	5	2	Ajudante

Fonte: Autoria própria.

Na terceira etapa foi definido pelo pesquisador que o ritmo da produção ou *Takt Time* seria de 5 dias. O ritmo com a mesma duração de uma semana útil facilitou o processo de acompanhamento durante as reuniões de *Weekly Work Plan*, pois grande parte das atividades deveriam estar finalizadas com o fechamento da semana. A ferramenta utilizada para o nivelamento dos recursos foi o Gráfico de Balanceamento do Trabalho. O gráfico 1 mostra os dados antes do nivelamento dos recursos. As barras com as cores azuis representam cada atividade com seus devidos tempo de ciclo e a linha laranja o *Takt Time*.

Gráfico 1 – Etapas de trabalho antes do nivelamento dos recursos

Fonte: Autoria própria.

Duas análises foram realizadas durante o processo de nivelamento dos recursos. Nas atividades em que os tempos de ciclo estavam abaixo da linha laranja (*takt time*) a quantidade de recursos foi diminuída, por outro lado nas que estavam acima da linha foram acrescentados. Nas atividades onde não foi possível nivelar os recursos ao *takt* essas foram equilibradas proporcionalmente. A definição de um ritmo constante para a produção trouxe maior previsibilidade ao cronograma e conseqüentemente na entrega dos insumos e no planejamento das áreas de armazenagem. A tabela 2 mostra a definição dos pacotes de trabalho e o quantitativo de recursos de mão de obra após o nivelamento.

Tabela 2 – Definição dos pacotes de trabalho após nivelamento dos recursos

(continua)

Pacotes de trabalho	Atividades	Tempo de Ciclo (dias)	Quantidade funcionários	Função
Pacote 1	Superestrutura	15	6	Carpinteiro/armador
Pacote 2	Alvenaria	15	2,67	Pedreiro
Pacote 2	Esgoto sanitário	15	2	Encanador

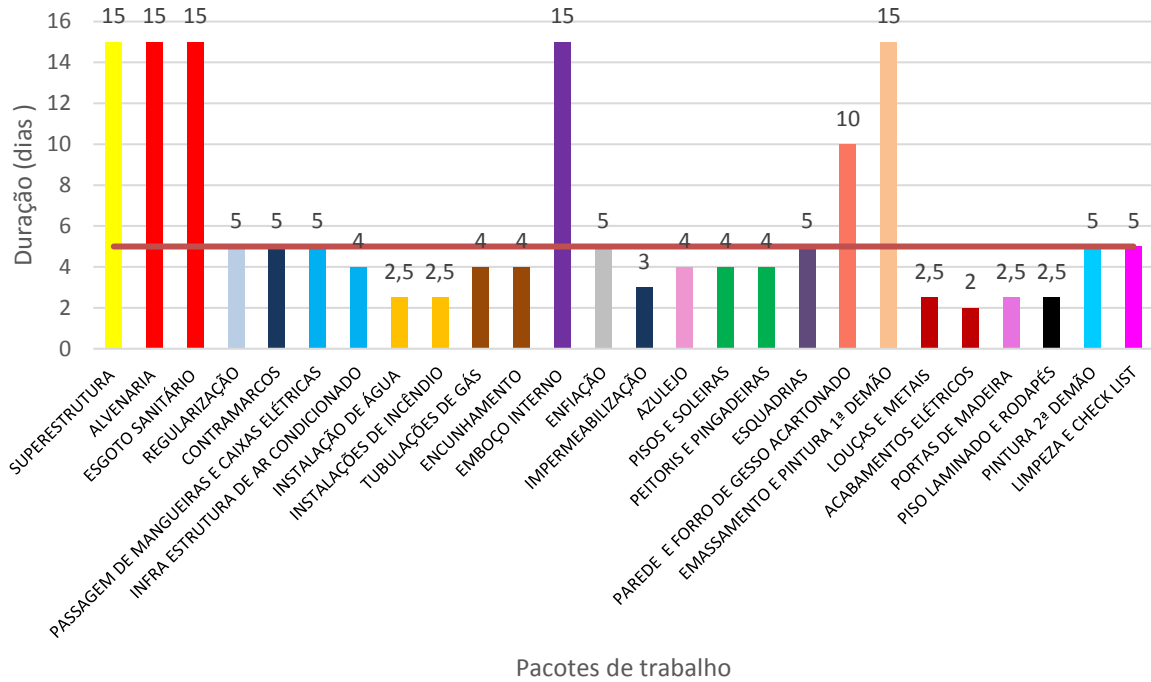
Tabela 2 – Definição dos pacotes de trabalho após nivelamento dos recursos
(conclusão)

Pacotes de trabalho	Atividades	Tempo de Ciclo (dias)	Quantidade funcionários	Função
Pacote 3	Regularização	5	1	Pedreiro
Pacote 4	Contramarco	5	2	Pedreiro
Pacote 5	Passagem de mangueiras e caixas elétricas	5	2	Eletricista
Pacote 5	Infra estrutura de ar condicionado	4	2	Instalador
Pacote 6	Instalações de água	2,5	2	Encanador
Pacote 6	Instalações de incêndio	2,5	2	Encanador
Pacote 7	Instalações de gás	4	1	Instalador
Pacote 7	Encunhamento	4	2	Pedreiro
Pacote 8	Emboço interno	15	2,67	Pedreiro
Pacote 9	Enfição	5	2	Eletricista
Pacote 10	Impermeabilização	3	2	Pedreiro
Pacote 11	Azulejo	4	4	Azulejista
Pacote 12	Pisos e soleiras	4	2	Azulejista
Pacote 12	Peitoris e pingadeiras	4	1	Pedreiro
Pacote 13	Esquadrias e alumínio	5	2	Montador
Pacote 14	Parede e forro de gesso	10	4,5	Montador
Pacote 15	Emassamento e pintura 1ª demão	15	5,33	Pintor
Pacote 16	Louças e metais	2,5	2	Encanador
Pacote 16	Acabamentos elétricos	2	2	Eletricista
Pacote 17	Pontas de madeira	2,5	2	Montador
Pacote 18	Piso laminado e rodapés	2,5	2	Instalador
Pacote 19	Pintura 2ª demão	5	4	Pintor

Fonte: Autoria própria.

. O gráfico 2 mostra o balanceamento do trabalho após o nivelamento dos recursos. Cada barra é representada por uma cor, sendo que as atividades com cores iguais indicam a inclusão no mesmo pacote de trabalho.

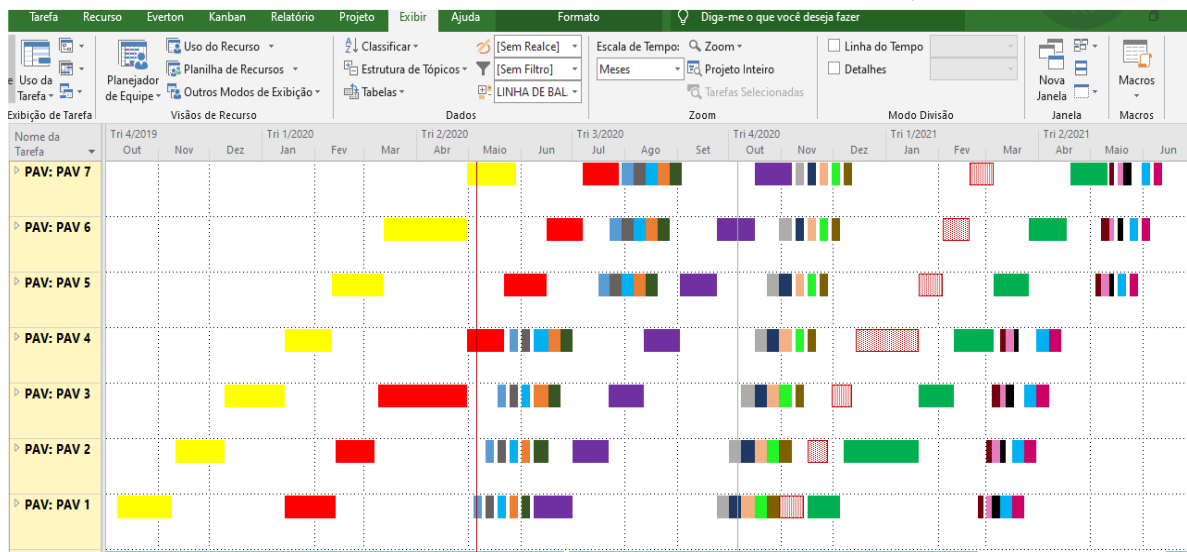
Gráfico 2 – Pacotes de trabalho após o nivelamento dos recursos



Fonte: Autoria própria.

Após o nivelamento dos recursos e definição dos pacotes de trabalho, o pesquisador desenvolveu o cronograma da obra com o auxílio do *software* MS Project. Com a utilização da ferramenta Linha de Balanço (figura 32), foi possível analisar todo o ciclo de vida da construção e realizar simulações de diferentes planos de ataque.

Figura 32 – Cronograma em Linha de Balanço



Fonte: Autoria própria.

A facilidade na visualização do cronograma em Linha de Balanço trouxe melhor compreensão do fluxo da produção por todos os membros da equipe, sequenciamento da produção, previsibilidade e também facilidade no processo de acompanhamento, atualização e controle durante o processo executivo.

4.2 Execução

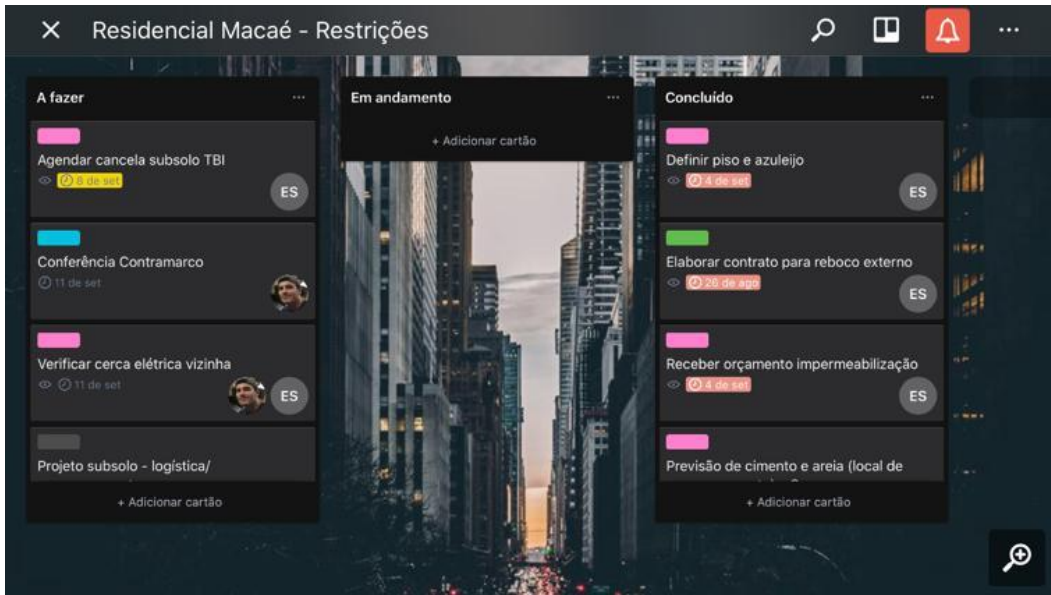
4.2.1 Look – Ahead Plan

Nessa etapa do *Last Planner System* o cronograma foi particionado em partes menores em um horizonte de 4 semanas. Esse planejamento proporcionou a possibilidade de acompanhamento diário do andamento das atividades. Outro ponto importante foi a identificação dos bloqueios e restrições das atividades. Essa antecipação das restrições acarretou maior comprometimento da equipe, compromisso com o plano e compartilhamento das responsabilidades. Dentro do processo produtivo proporcionou maior fluidez para a produção e aumento da produtividade, por meio da redução de paradas, interferências e bloqueios.

A principal dificuldades encontradas foi a adaptação das equipes em atuar de forma participativa e planejar suas atividades antecipadamente. Esse processo foi se desenvolvendo e aprimorado no decorrer de algumas semanas, após as equipes terem a percepção dos ganhos de produtividade pela diminuição de paradas e interrupções no fluxo do trabalho.

O registro das restrições no aplicativo Trello (figura 33) após o término da reunião de *Look – Ahead Plan*, resultou na facilidade e rápido acesso às informações. Com a utilização desse aplicativo foi possível identificar uma maior participação dos integrantes, maior comprometimento com as metas e interatividade.

Figura 33 – Acompanhamento das restrições via aplicativo Trello.



Fonte: Autoria própria.

4.2.2 Weekly Work Plan

A primeira etapa do *Weekly Work Plan* foi direcionada às informações relativas à semana anterior. A proximidade com os responsáveis pela produção durante essas reuniões trouxe ao pesquisador a oportunidade de identificação e registro no Planejamento e Controle Semanal de Tarefas (figura 34), as possíveis falhas no planejamento, oportunidades de melhorias, identificação dos motivos das variações do plano e a porcentagem de conclusão de cada atividade.

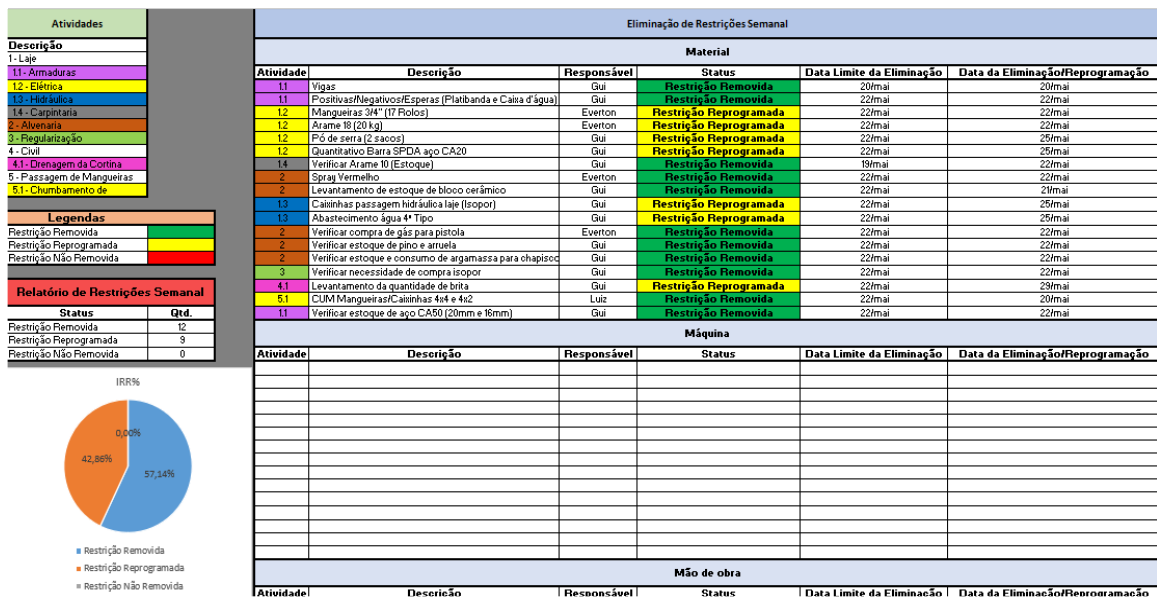
Figura 34 – Planejamento e Controle Semanal de Tarefas

S E R V I Ç O		SERVIÇOS PLANEJADOS PARA SEMANA	SEMANA 36		INSPEÇÃO DE SERVIÇOS	EQUIPE DE TRABALHO	PLANEJADO	REAL	DIFERENÇA	CAUSAS	OBSERVAÇÕES																							
			TEMPO	SEMANA																														
ID	Q		M	T	Q	S	A	R	M	P	C	A	S	E	P	E	L	E	N	E	M	P												
1	4	Execução de fôrmas - Pilares	X				X		1														6	100%	100%	0%	#N/D							
2	4	Execução de fôrmas - Vigas	X	X	X	X	X		1														8	100%	80%	-20%	E1	CONDIÇÕES ADVERSAS DE TEMPO						
3	4	Execução de fôrmas - Barrotes	X	X	X	X	X		1														8	100%	75%	-25%	e1	CONDIÇÕES ADVERSAS DE TEMPO						
4	4	Execução de fôrmas - Assoalho	X	X	X	X	X		1														8	100%	85%	-15%	E4	PROBLEMAS NA EXECUÇÃO DO SERVIÇO						
5	24	Execução de Instalação Hidro Sanitária - Térreo	X	X	X				1														2	100%	100%	0%	#N/D							
6	6	Concretagem de peça estrutural				X			1														8	100%	100%	0%	#N/D							
7	8	Execução de alvenaria não-estrutural				X			1														2	100%	100%	0%	#N/D							
8	4	Execução de fôrmas - Desforma	X	X	X	X			1														6	100%	100%	0%	#N/D							
9	NA	Execução de Base Para Cremalheira	X						1						3								1	100%	100%	0%	#N/D							

Fonte: Autoria própria.

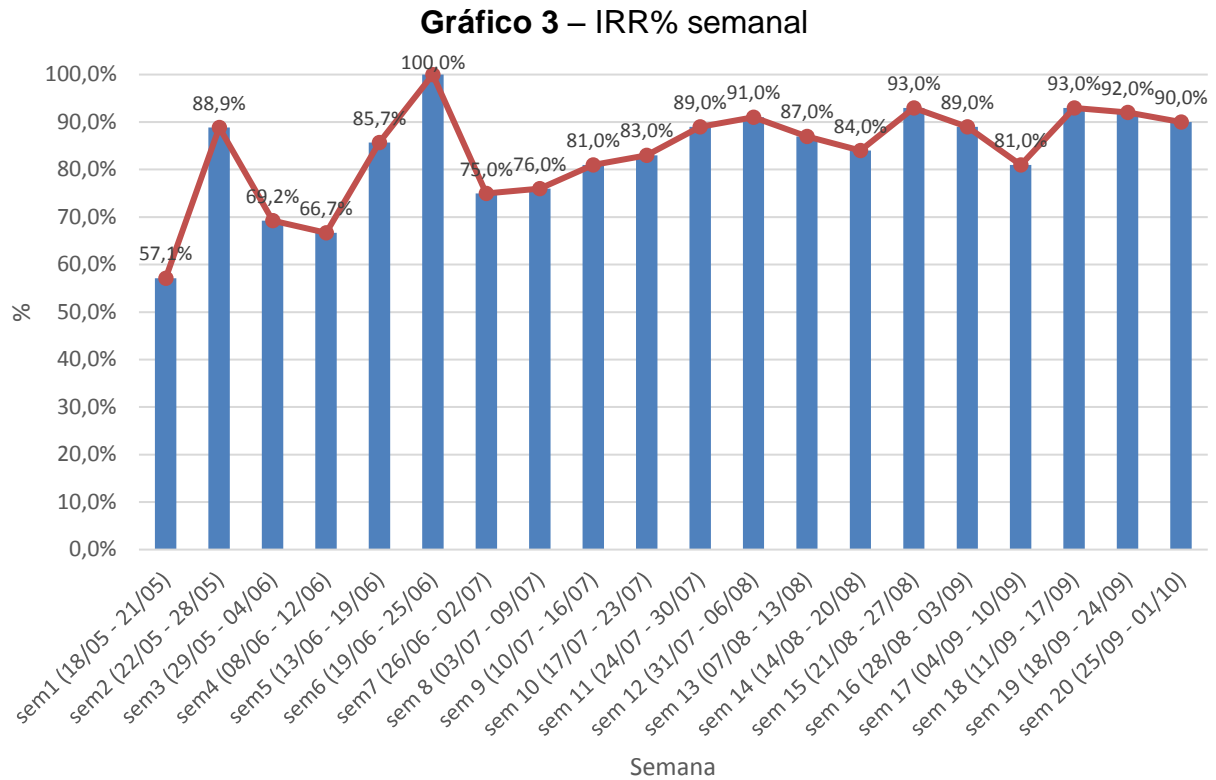
O registro do PPC% possibilitou ao pesquisador monitorar a aderência das equipes ao planejamento semanal e identificar a eficácia das melhorias implantadas em reuniões antecessoras. Na segunda etapa da reunião foi realizado o monitoramento das restrições (figura 35). Esse monitoramento possibilitou identificar quais tarefas estariam aptas a serem executadas na próxima semana, ou seja, com todas as restrições eliminadas. Esse processo proporcionou atualizações mais confiáveis dos cronogramas semanais e redução da ocorrência de interrupção das atividades no processo produtivo.

Figura 35 – Monitoramento das restrições



Fonte: Autoria própria.

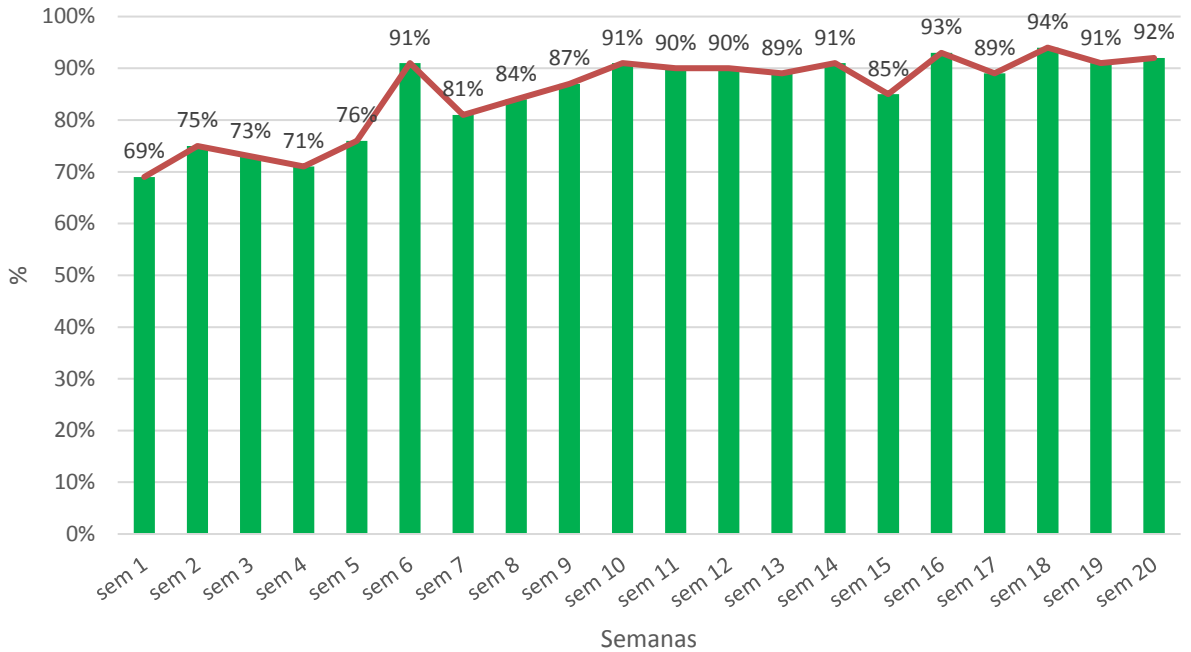
O índice de acompanhamento das restrições foi o IRR%. Com esse índice foi possível monitorar o engajamento da equipe ao processo de planejamento, a aptidão ao trabalho em equipe e os impactos das possíveis mudanças no processo. O gráfico 3 mostra os resultados de IRR% das últimas 20 semanas (barras azuis). O crescimento gradativo desse índice é comprovado pela linha de tendência (linha vermelha). Quando comparado IRR% médio entre as semanas do mês 5 (71,73%) e do mês 9 (89,0%) os dados mostram um aumento de 24%. Esses resultados trazem evidências do aumento da aderência das equipes ao plano, da melhoria dos processos de produção e do cumprimento gradativo das metas traçadas no *Look – Ahead Plan*.



Fonte: Autoria própria.

Com o objetivo de evidenciar os impactos no planejamento por meio do processo de eliminação de restrições e implantação de planos de melhoria, o índice IRR% e PPC% foram analisados durante o mesmo intervalo de tempo. O gráfico 4 mostra o registro do PPC% durante as mesmas 20 semanas. A linha de tendência também indicou um crescimento gradativo. Ao analisar os dois gráficos foi possível concluir que o IRR% e o PPC% são relacionados, ou seja, quanto mais eficiente for o processo de eliminação de restrições, maior é a porcentagem de cumprimento do plano. Da mesma forma, ao relacionar a média do PPC% do mês 5 (72,33%) com a média do mês 9 (91,6%) houve um aumento de 26,63%.

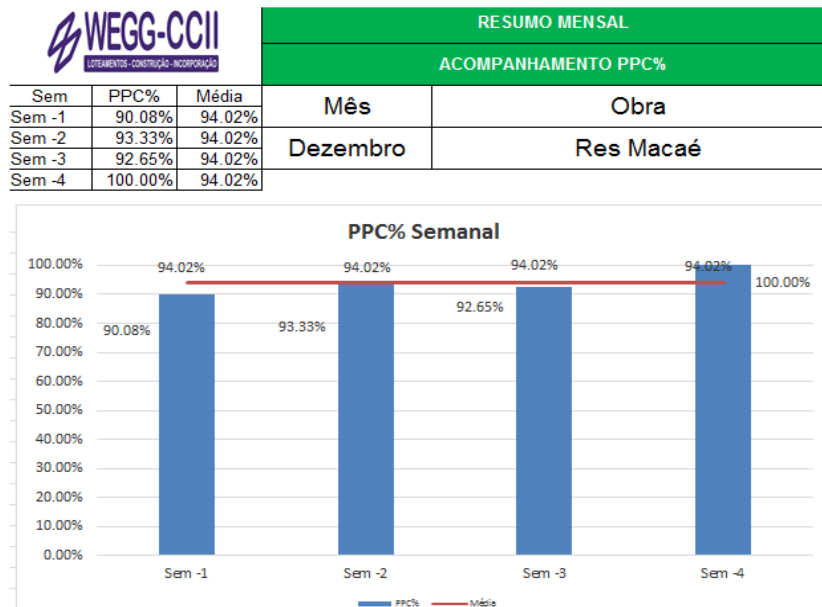
Gráfico 4 – PPC% semanal



Fonte: Autoria própria.

Ao final de cada mês os dados de PPC% (figura 36) foram expostos em um quadro de gestão à vista no canteiro de obras. A apresentação desse índice fez parte de um processo de conscientização sobre a importância de cada colaborador no canteiro de obras, onde a colaboração, cumprimento das metas e a produtividade de cada um traria impacto no resultado do coletivo.

Figura 36 – Resumo PPC%



Fonte: Autoria própria.

4.2.3 Melhoria Contínua

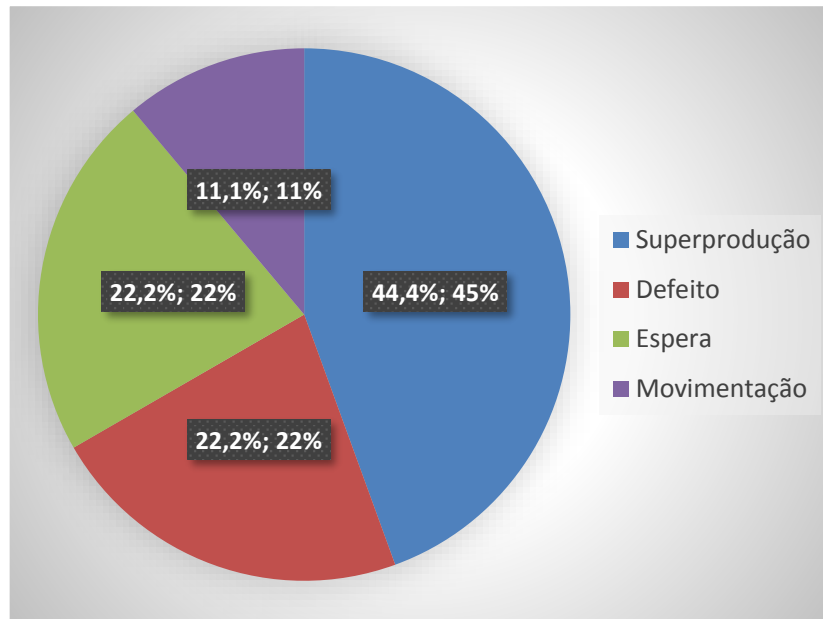
Um dos principais pontos de manutenção do fluxo contínuo foram os formulários *Kaizen* (figura 37). Da mesma forma que o *Last Planner System* os formulários promoveram a interação e captação do conhecimento dos principais responsáveis pela produção, proporcionando um processo estruturado de melhoria.

Figura 37 – Formulário Kaizen

KAIZEN DE CÉLULA			
Nome da célula	Superestrutura	Identifique os desperdícios	
Encarregado	Rafael Ferreira (RF)	<input checked="" type="checkbox"/> Superprodução	<input type="checkbox"/> Estoque
Supervisor	Claudemir (Mestre de Obra)	<input type="checkbox"/> Movimentação	<input type="checkbox"/> Espera
Engenheiro	Everton de Britto Santos	<input type="checkbox"/> Intelectual	<input type="checkbox"/> Área
Local	Banheiros (Pavimento Tipo)	<input type="checkbox"/> Proc. Desnecessário	<input checked="" type="checkbox"/> Defeito
Atividade	Rebaixos nos banheiros	<input type="checkbox"/> Transporte	
Problema ou desperdício		Solução ou melhoria	
Descreva ou desenhe o problema ou desperdício identificado e em qual atividade		Descreva ou desenhe qual foi a solução aplicada	
Banheiros sem o rebaixo adequado para box de banho, devido à concretagem sem posicionamento ideal de rebaiços, desta maneira sendo necessária a correção por parte da regularização.		Foi combinado com os carpinteiros para que posicionassem da maneira correta e do tamanho correto os rebaiços localizados nos banheiros dos apartamentos, para que não fosse mais necessário gastar massa a mais de regularização para a correção destes erros.	
Detalhamento do problema ou desperdício		Resultado obtido	
Por que está acontecendo?		E quais os ganhos?	
Os banheiros possuem desnível em relação ao box de banho, desta maneira é necessário o posicionamento adequado de rebaiços na parte da concretagem para que este desnível acompanhe a regularização, porém na parte da concretagem os rebaiços não estavam de acordo com o necessário, assim sendo necessário que fosse corrigido com enchimento de massa na parte da regularização para corrigir o nível correto.		Nas últimas lajes, foi posicionado no tamanho correto e de maneira correta os rebaiços adequados para a concretagem, desta maneira evitando o desperdício por parte da regularização.	
	Esta melhoria pode ser aplicada em outras células?	<input type="checkbox"/> Sim	
16/07/2020		<input checked="" type="checkbox"/> Não	16/07/2020
Encarregado/Data			Supervisor/Data

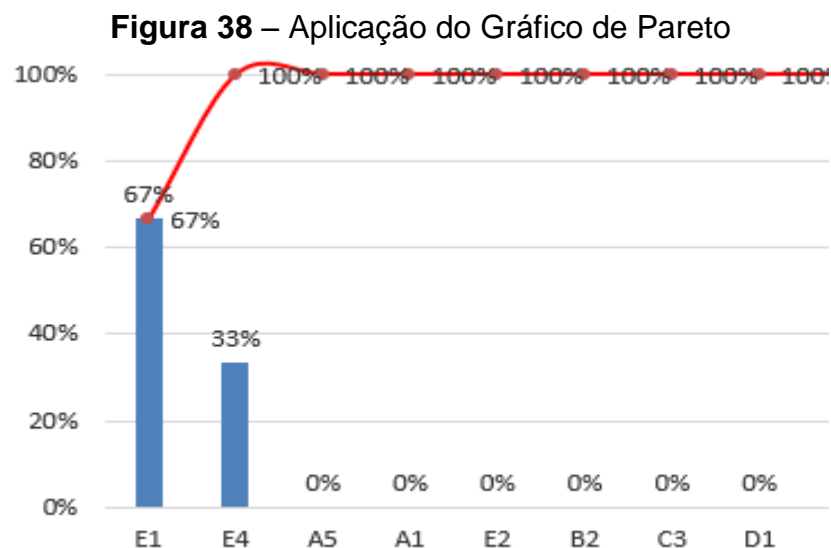
Fonte: Autoria própria.

A implantação desses formulários trouxe as equipes maior preocupação com a ocorrência de defeito, participação de todos os membros nas soluções dos problemas, conhecimento, redução dos custos e aumento da produtividade com a redução de retrabalhos e defeitos. Em um dos campos do formulário são indicados os desperdícios do surgimento do defeito. O gráfico 5 mostra que 44,4% dos desperdícios contabilizados até a dia 01/10/2020 foram de superprodução.

Gráfico 5 – Ocorrência dos desperdícios nos formulários *Kaizen*

Fonte: Autoria própria.

Durante as reuniões de *Weekly Work Plan* o processo de melhoria contínua também foi implementado. Os motivos das causas das variações eram priorizados com a aplicação da ferramenta Gráfico de Pareto (figura 38).



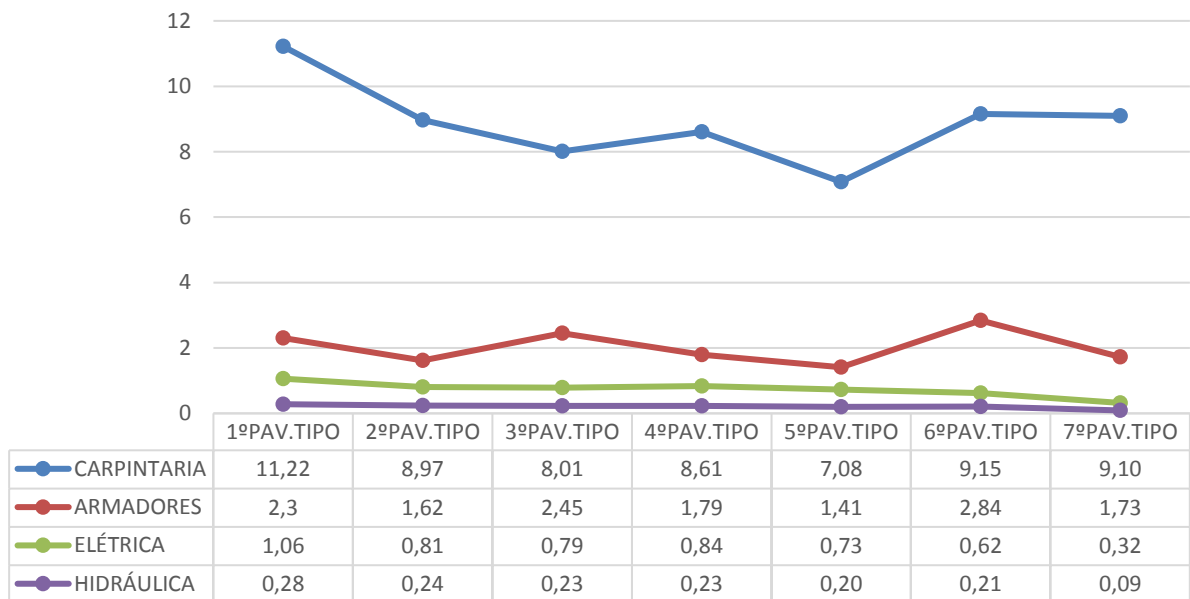
Fonte: Autoria própria.

Com isso, o PDCA foi aplicado nos principais motivos de variação do plano. Esse ciclo semanal de melhoria trouxe a cultura de eliminação de desperdício aos membros da equipe, redução de falhas, melhoria dos processos administrativos e da produção.

4.2.4 Coleta de dados e produtividade

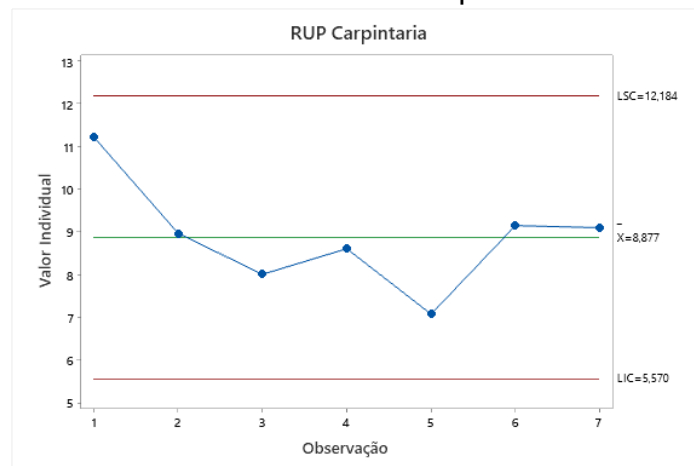
Durante o desenvolvimento dessa pesquisa a medição de produtividade foi importante para validação dos dados de produtividade e quantidade de colaboradores estimados durante a reunião de *Pull Schadulling*. A gráfico 6 mostra as RUP's referentes as equipes participantes do pacote de trabalho de superestrutura.

Gráfico 6 – RUP na superestrutura

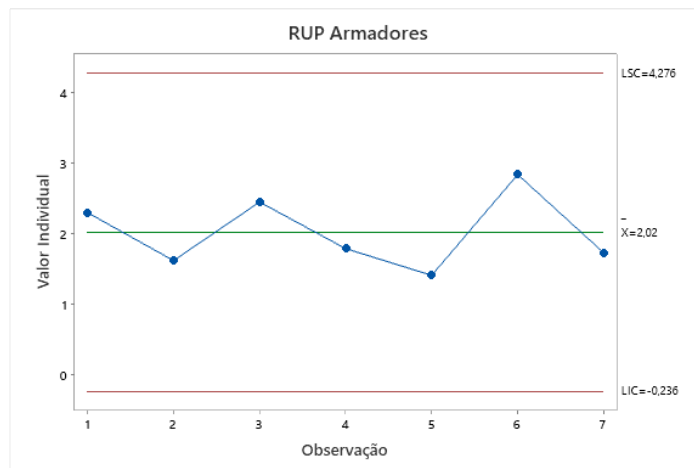


Fonte: Autoria própria.

Após o levantamento dos dados, esses foram lançados no *software* Minitab (gráficos 7,8,9,10). A produtividade das equipes de carpintaria e armadura se mostra estáveis (gráfico 7 e 8), ou seja, com todo os pontos de medição entre os limites de controle inferior e superior.

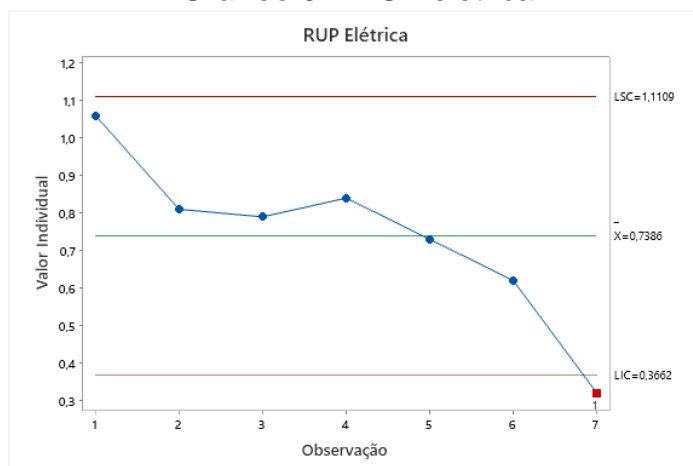
Gráfico 7 – RUP Carpintaria

Fonte: Autoria própria.

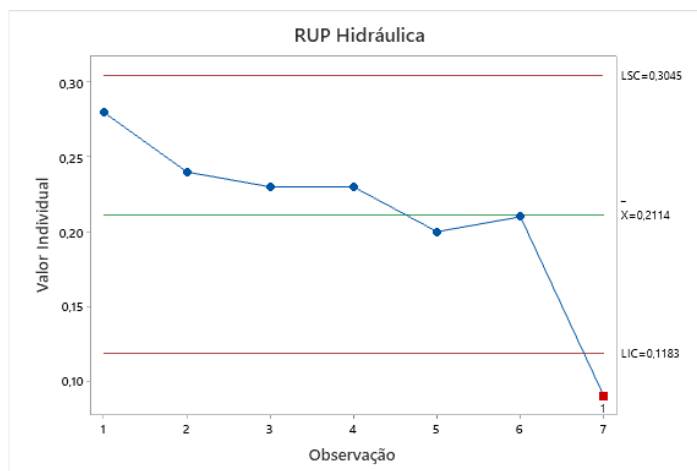
Gráfico 8 – RUP Armadores

Fonte: Autoria própria.

As equipes de elétrica e hidráulica (gráfico 9 e 10) tiveram alta na produtividade na última laje, ultrapassando o limite inferior de controle. Essas variações foram constatadas devido a menor quantidade de mangueiras elétricas e passagens hidráulicas na laje teto do pavimento 7 quando comparada aos pavimentos anteriores.

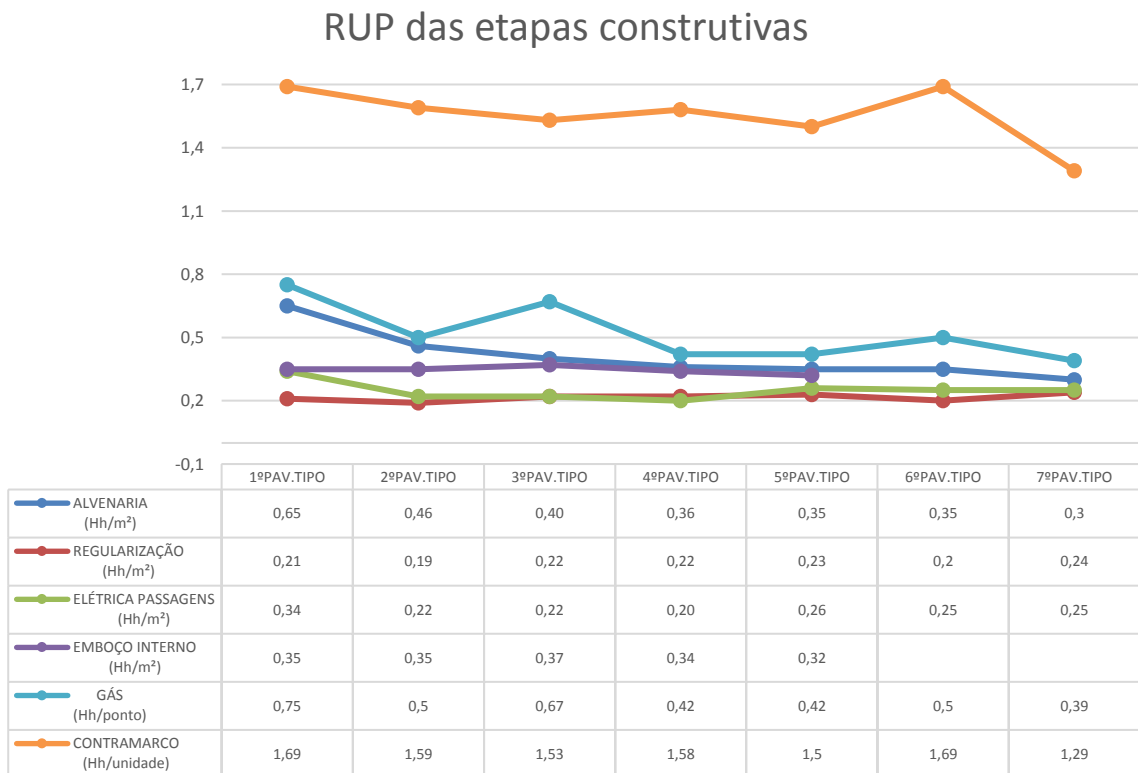
Gráfico 9 – RUP elétrica

Fonte: Autoria própria.

Gráfico 10 – RUP Hidráulica

Fonte: Autoria própria.

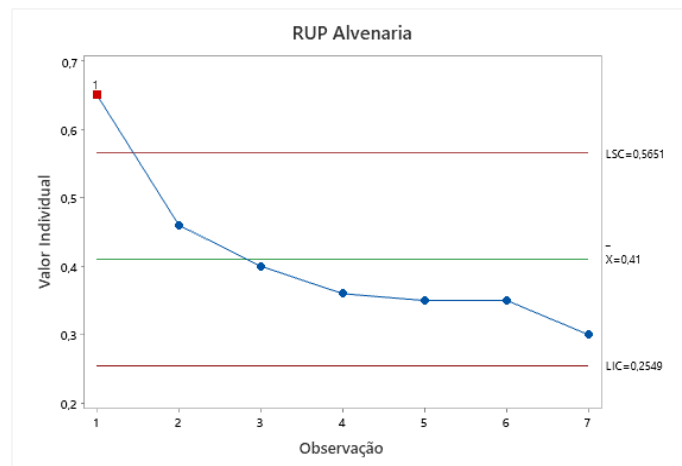
Além da superestrutura, foram medidas as produtividades (RUP's) dos serviços de alvenaria, regularização, passagens de mangueiras e caixas elétricas nas paredes, emboço interno (até o 5º pavimento), tubulações de gás e contramarcos, conforme mostra o gráfico 11.

Gráfico 11 – Razão Unitária de Produção das etapas construtivas

Fonte: Autoria própria.

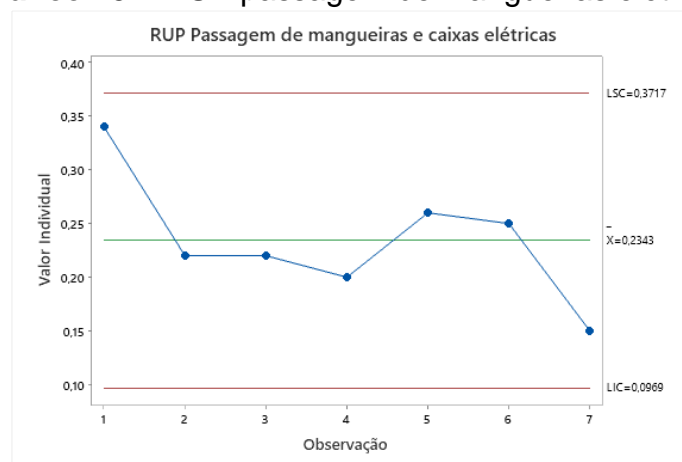
Da mesma forma, o autor utilizou o *software* Minitab para verificação da estabilidade dos processos de produção. O processo executivo de alvenaria (gráfico 12) apresentou baixa produtividade durante a medição no primeiro pavimento repetitivo quando comparada aos pavimentos sucessores. A baixa produtividade se deu em função da ocorrência de um problema mecânico no elevador cremalheira no início das atividades, diante disso, a logística de abastecimento foi comprometida. A produtividade no primeiro pavimento repetitivo (0,65 Hh/m²) quando comparada a produtividade do segundo (0,46 Hh/m²) obteve-se um ganho 41,3%.

Essa análise mostra a importância da identificação da causa raiz durante o processo de medição e atualização dos planos. A baixa produtividade das equipes evidencia a importância de uma logística interna de abastecimento eficiente.

Gráfico 12 – RUP Alvenaria

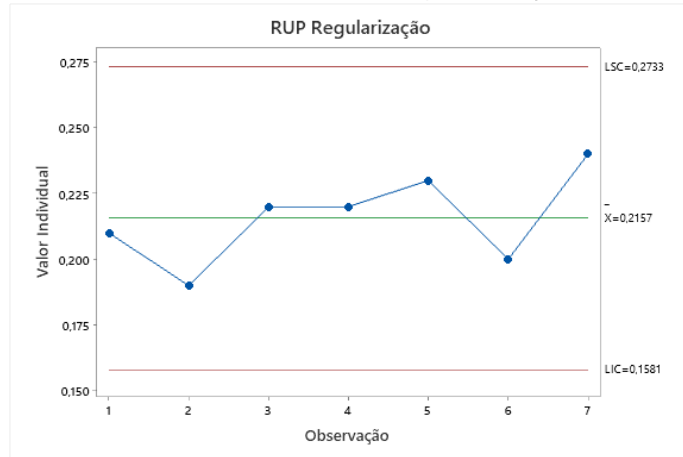
Fonte: Autoria própria.

Os demais processos (gráfico 13,14,15,16,17) tiveram comportamentos de estabilidade, ou seja, todos os pontos de RUP estão dentro dos limites inferior e superior de controle.

Gráfico 13 – RUP passagem de mangueiras elétricas

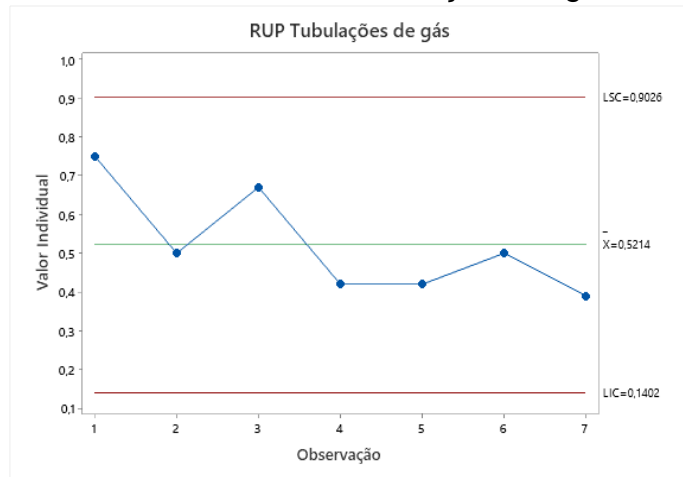
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 14 – RUP regularização



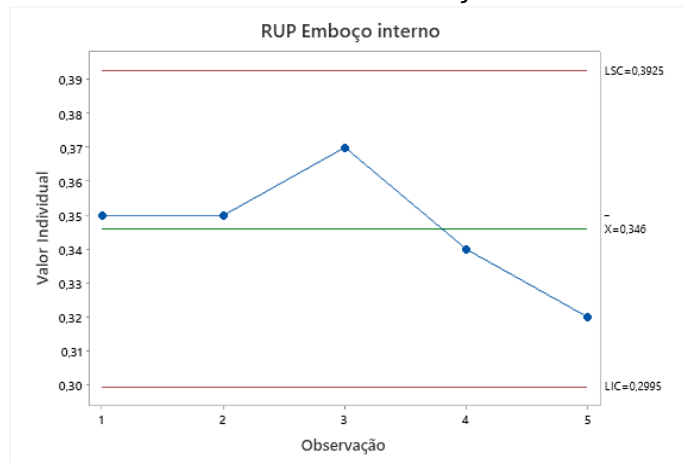
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 15 – RUP tubulações de gás

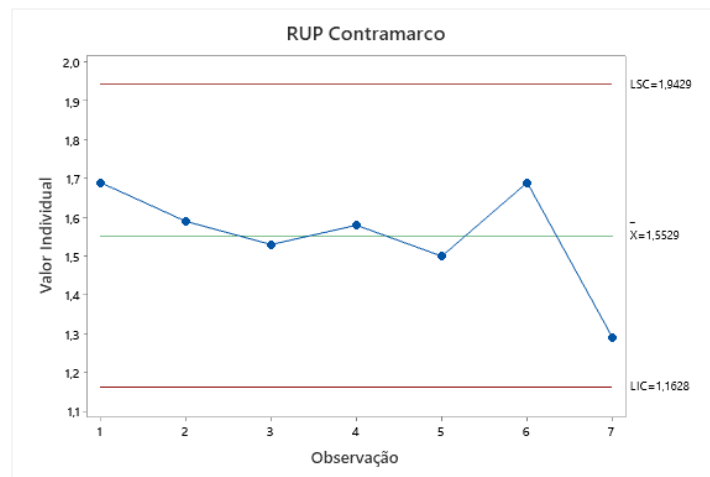


Fonte: Autoria própria.

Gráfico 16 – RUP emboço interno



Fonte: Autoria própria.

Gráfico 17 – RUP contramarco

Fonte: Autoria própria.

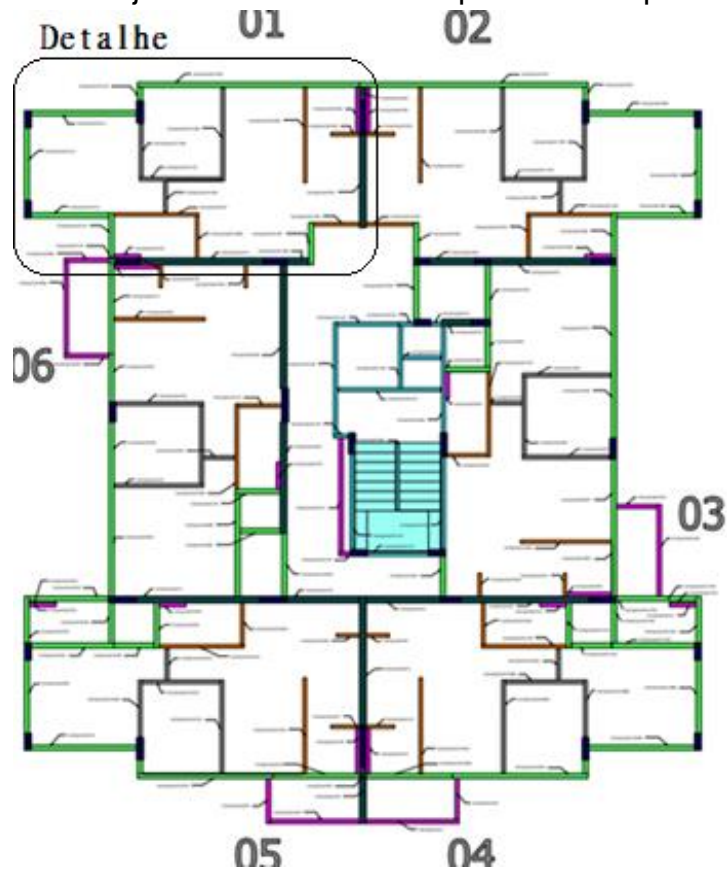
As RUP's trouxeram a equipe técnica a possibilidade obter simulações e projeções do cronograma, histórico de dados para o planejamento de projetos futuros e também se tornou um termômetro para verificação dos resultados da implantação das melhorias e de variabilidade do processo produtivo.

4.2.5 Planejamento e controle de produção do processo de alvenaria de bloco cerâmico

4.2.5.1 Projeto

O desenvolvimento do projeto de alvenaria (figura 39) para esse empreendimento trouxe benefícios a duas áreas distintas, mas complementares, para o setor de projetos e de produção. Foi possível identificar e solucionar na etapa de projeto as interferências que existiam entre as diversas disciplinas. Com um projeto compatibilizado os retrabalhos e alterações durante a execução foram praticamente eliminadas, proporcionando um fluxo interrupto para a produção.

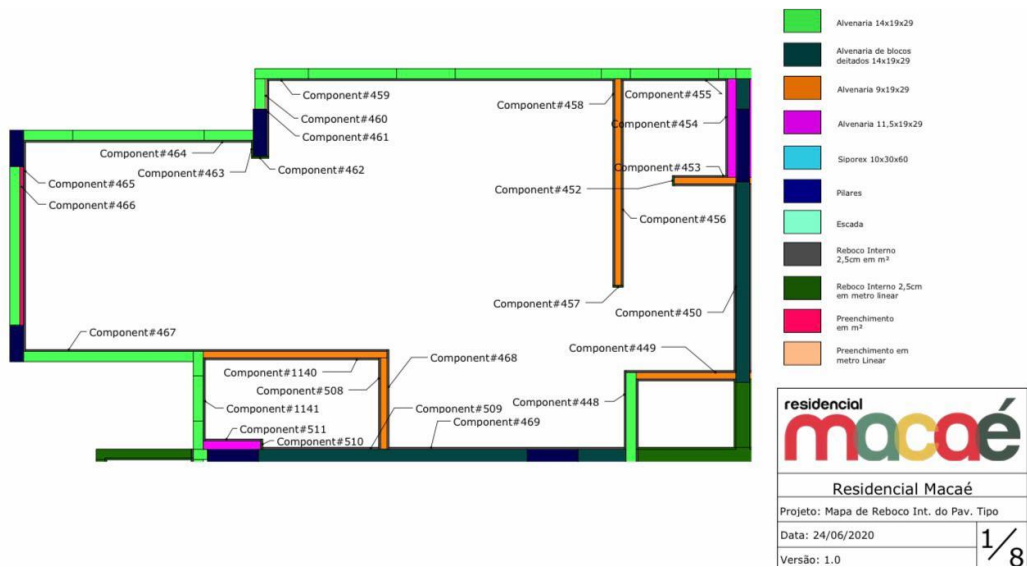
Figura 39 – Projeto de fechamento do pavimento repetitivo



Fonte: Autoria própria.

A figura 40 detalha o projeto de fechamento de alvenaria de bloco cerâmico do apartamento final 01 da figura 39.

Figura 40 – Projeto de fechamento de bloco cerâmico do apartamento final 01



Fonte: Autoria própria.

Outro ponto importante, foi a obtenção de dados quantitativos confiáveis. Os dados referentes a cada componente (parede) foram extraídos para uma planilha no Microsoft Excel denominada de Mapa de Produção (figura 41). Por meio dessa, a equipe técnica da obra pode planejar o fluxo de trabalho das equipes durante a execução de cada lote de produção, acompanhar diariamente a porcentagem de andamento físico, as datas de início e término, planejar a logística de abastecimento dos insumos, registrar a rastreabilidade dos funcionários e suas respectivas produtividades. Esses dados também trouxeram agilidade no processo de medição para o pagamento dos prestadores de serviço

Figura 41 – Mapa de produção da alvenaria

5º Pavimento Tipo		Início	Fim											
		19/05/2020	02/06/2020											
Nome	Posição	Tipo	Assen.to	Tamanho	Área	Nome	Data	Data	Data	Planejado	Executado	PCT Executado		
Parede	de Projet	Pared	Blocc	Bloco	(m²)	Oficial	Início	Fim	Medição	(%)	(%)	(%)		
#1000	Apto. 01	Alvenaria		9x19x29	3,5469	Guilherme	22/mai	22/mai	22/mai	0,6146%	0,6146%	1,3520%		
#1002	Apto. 01	Alvenaria		9x19x29	8,02275	Guilherme	25/mai	25/mai	29/mai	1,3901%	1,3901%	3,0581%		
#1015	Apto. 02	Alvenaria		9x19x29	3,5469	Edson	22/mai	22/mai	22/mai	0,6146%	0,6146%	1,3520%		
#1017	Apto. 02	Alvenaria		9x19x29	8,02275	Edson	25/mai	25/mai	29/mai	1,3901%	1,3901%	3,0581%		
#102	Apto. 02	Alvenaria		9x19x29	4,039525	Guilherme	25/mai	26/mai	29/mai	0,6999%	0,6999%	1,5398%		
#1021	Apto. 04	Alvenaria		9x19x29	3,5469	Edson	27/mai	27/mai	29/mai	0,6146%	0,6146%	1,3520%		
#1023	Apto. 04	Alvenaria		9x19x29	8,0509	Edson	28/mai	28/mai	29/mai	1,3950%	1,3950%	3,0689%		
#1024	Apto. 05	Alvenaria		9x19x29	3,5469	Guilherme	26/mai	26/mai	29/mai	0,6146%	0,6146%	1,3520%		
#106	Apto. 01	Alvenaria		9x19x29	3,8847	Guilherme	25/mai	26/mai	29/mai	0,6731%	0,6731%	1,4808%		
#107	Apto. 01	Alvenaria		14x19x29	3,51875	Guilherme	26/mai	26/mai	29/mai	0,6097%	0,6097%	1,3413%		
#107	Apto. 01	Bloco	Canaleta	14x19x39	0,2375	Guilherme	26/mai	26/mai	29/mai	0,0412%	0,0412%	0,0905%		
#108	Apto. 01	Alvenaria		19x19x29	1,579375	Guilherme	26/mai	26/mai	29/mai	0,2737%	0,2737%	0,6020%		
#109	Apto. 01	Bloco	Canaleta	14x19x39	1,2635	Guilherme	19/mai	19/mai	22/mai	0,2189%	0,2189%	0,4816%		
#109 (finalização)	Apto. 01	Alvenaria		14x19x29	9,81	Guilherme	25/mai	25/mai	29/mai	1,6998%	1,6998%	3,7394%		
#109 (peitoril)	Apto. 01	Alvenaria		14x19x29	5,32	Guilherme	19/mai	19/mai	22/mai	0,9218%	0,9218%	2,0279%		
#110 (finalização)	Apto. 01	Alvenaria		14x19x29	0,46	Guilherme	25/mai	25/mai	29/mai	0,0797%	0,0797%	0,1753%		
#110 (peitoril)	Apto. 01	Alvenaria		14x19x29	0,5	Guilherme	19/mai	19/mai	22/mai	0,0866%	0,0866%	0,1906%		
#111	Apto. 01	Bloco	Canaleta	14x19x39	0,60325	Guilherme	19/mai	25/mai	29/mai	0,1045%	0,1045%	0,2299%		
#111 (finalização)	Apto. 01	Alvenaria		14x19x29	4,66	Guilherme	25/mai	25/mai	29/mai	0,8074%	0,8074%	1,7763%		
#111 (peitoril)	Apto. 01	Alvenaria		14x19x29	2,56	Guilherme	19/mai	19/mai	22/mai	0,4436%	0,4436%	0,9758%		
#112 (finalização)	Apto. 01	Alvenaria		14x19x29	3,23	Guilherme	22/mai	22/mai	22/mai	0,5597%	0,5597%	1,2312%		
#112 (peitoril)	Apto. 01	Alvenaria		14x19x29	1,75	Guilherme	19/mai	19/mai	22/mai	0,3032%	0,3032%	0,6671%		
#113 (finalização)	Apto. 01	Alvenaria		14x19x29	3,31	Guilherme	22/mai	22/mai	22/mai	0,5735%	0,5735%	1,2617%		
#113 (peitoril)	Apto. 01	Alvenaria		14x19x29	2,02	Guilherme	19/mai	19/mai	22/mai	0,3500%	0,3500%	0,7700%		
#114	Apto. 01	Bloco	Canaleta	14x19x39	0,2565	Guilherme	19/mai	19/mai	22/mai	0,0444%	0,0444%	0,0978%		
#114 (finalização)	Apto. 01	Alvenaria		14x19x29	1,37	Guilherme	22/mai	22/mai	22/mai	0,2374%	0,2374%	0,5222%		
#114 (peitoril)	Apto. 01	Alvenaria		14x19x29	1,7	Guilherme	19/mai	19/mai	22/mai	0,2946%	0,2946%	0,6480%		

Fonte: Autoria própria.

Ainda durante a etapa de concepção do projeto do pavimento algumas melhorias foram propostas pela equipe de produção. Os resultados dessas melhorias trouxeram a redução de partes do trabalho, a quantidade de equipes envolvidas no processo e aumento da produtividade. Uma das ideias implantadas foi a substituição das vergas e contra vergas em concreto armado por blocos canaleta de concreto (fotografia 6). A implantação dessa melhoria eliminou do processo a atividade de montagem e desmontagem de fôrma pela equipe de carpintaria, pois o trabalho de assentamento e concretagem dos blocos foi acrescentado ao escopo da equipe de

execução da alvenaria. Outro ganho importante foi na eliminação do tempo de esperas para execução da alvenaria sob as contra vergas, pois a ausência das fôrmas trouxe a possibilidade da continuidade do trabalho logo após a concretagem.

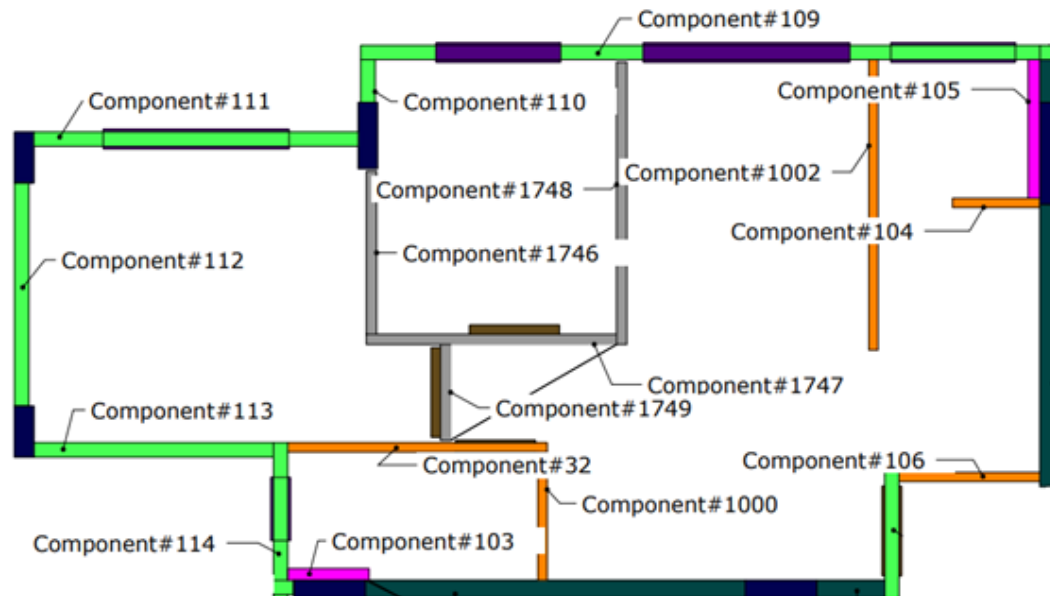
Fotografia 6 – Bloco canaleta de concreto utilizado na contra verga



Fonte: Autoria própria.

Para alcançar maior agregação de valor na entrega do produto ao cliente final, algumas paredes internas foram escolhidas para que fossem substituídas de alvenaria de bloco cerâmico para *drywall*. Caracterizado como sistema de construção a seco, essa substituição trouxe maior velocidade na execução, conforto acústico e térmico, industrialização aos processos e flexibilidade ao produto. A área equivalente ao sistema de *drywall* representou cerca de 30% da área de fechamento do lote de produção. A figura 42 mostra o projeto de fechamento de um apartamento do pavimento repetitivo com final 01, em que as paredes de cor cinza (componente 1746, 1747, 1748, 1749) serão executadas em *drywall*.

Figura 42 – Projeto de fechamento do apartamento final 01

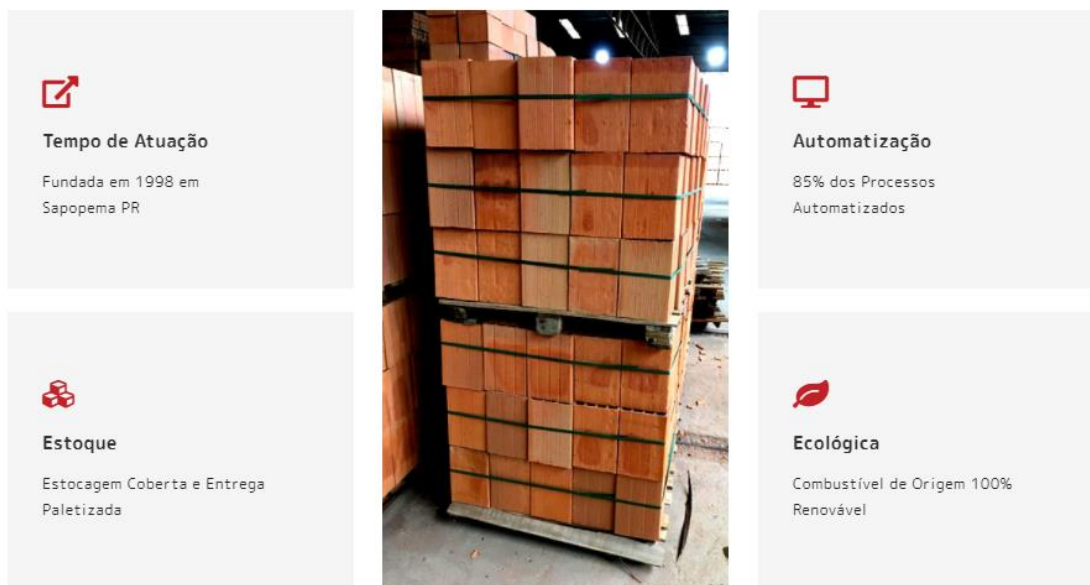


Fonte: Autoria própria.

4.2.5.2 Fornecedor

Dentre os fornecedores, pode-se destacar a seleção da empresa para entrega dos blocos cerâmicos, cujos fatores decisivos estão na maior automatização nos processos produtivos, permitindo ao fornecedor garantir o abastecimento de acordo com a demanda da obra. O fracionamento dos pedidos trouxe os conceitos do *Just in Time* para a produção e conseqüentemente a redução dos estoques, encurtamento do *lead time* do insumo na cadeia produtiva e maior equilíbrio do fluxo de caixa. A melhoria na logística interna e de distribuição também foi melhorada, proporcionada pelo fornecimento de *pallets* menores e com a quantidade padronizadas (figura 43).

Figura 43 – Pallets menores de blocos cerâmicos



Fonte: Cerâmica Cidade Nova.

Quanto ao cumprimento dos requisitos de qualidade, a empresa é qualificada no Programa Setorial da Qualidade (PSQ), atestando que o fornecedor fabrica produtos qualificados ao mercado, de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Outro insumo importante no processo de assentamento de blocos cerâmico é a argamassa. Durante a etapa de elaboração do projeto de canteiro de obras, um dos problemas encontrados foi a dificuldade de descarga de caminhões de areia em um local próximo a central de fabricação de argamassa e concreto. Diante da dificuldade de fabricação, armazenamento dos insumos e pela possibilidade de variabilidade na qualidade do produto em função do alto grau de intervenção humana, a equipe técnica optou pela aquisição da argamassa estabilizada. Essa argamassa não exige a adição de nenhum material no canteiro de obras e trouxe diversos benefícios para a produção. Vários fatores contribuíram para a redução de diferentes tipos de desperdícios, tais como:

- Facilidade no transporte a manuseio;
- Entrega *just in time* (diariamente);
- Eliminação de mão de obra própria para fabricação;
- Redução de desperdício de materiais;
- Eliminação de áreas de armazenamento, movimentação e transporte;
- Controle industrial do processo de fabricação.

O fornecimento da argamassa era realizado diariamente com solicitação 24 horas antes da necessidade. O material era entregue no canteiro de obras ao final de cada dia para o consumo no dia seguinte. O material é descarregado em caixas com 250, 500 ou 1000 litros, e então são transportadas para as zonas de abastecimento ao lado do elevador cremalheira (fotografia 7).

Fotografia 7 – Armazenamento de caixas com argamassa estabilizada



Fonte: Autoria própria.

Para maior facilidade no transporte dessas caixas, foi adquirido um carrinho de transporte de caixas de argamassa (fotografia 8). Esse carrinho possui um dispositivo que facilita a carga e descarga das caixas, podendo ser feita apenas por um funcionário. Essa aquisição trouxe uma redução na necessidade de funcionários para o transporte, da força humana e da possibilidade de riscos ergonômicos.

Fotografia 8 – Carrinho para transporte de argamassa estabilizada



Fonte: Autoria própria.

4.2.5.3 Planejamento da produção

Para atendimento de dimensões normativas e do projeto arquitetônico, a equipe de desenvolvimento do projeto de alvenaria optou por utilizar diferentes dimensões de blocos cerâmicos em um mesmo pavimento. Essa escolha trouxe inicialmente dificuldades para a equipe de produção, pois a má identificação do consumo diário de cada tipologia de bloco traria ineficiência, retrabalhos logísticos e imprevisibilidade de consumo. A consequência dessa imprevisibilidade acarretaria atrasos nos pedidos de materiais, movimentações desnecessárias e interrupções no fluxo contínuo da produção.

Durante as reuniões com a equipe de execução da alvenaria, além de trazer um maior conhecimento prático da equipe técnica na atividade de assentamento de bloco cerâmico, possibilitou criar o mapeamento fluxo do trabalho (figura 44) de cada pedreiro dentro do pavimento repetitivo.

Figura 44 – Mapeamento do fluxo do trabalho

PEDREIRO 01								tijolos/ m ²		19x19x29	15
ÁREA TOTAL	266,294		Duração		15	m ² /dia	18	Qtde. de tijolos (un.)	Qtde. de Paletes	14x19x29	9x19x29
Nome	Área	m ² acumulado	Sequência	Dia	Posição	Tipo	Tamanho			Largura tijolo (cm)	Argamassa (m ³)
109 (peitoril)	5,32	5,32	1	1 ^o	Apto. 01	Alvenaria	14x19x29	80	0,633	0,14	0,155
110 (peitoril)	0,50	5,82	2	1 ^o	Apto. 01	Alvenaria	14x19x29	8	0,060	0,14	0,015
111 (peitoril)	2,56	8,38	3	1 ^o	Apto. 01	Alvenaria	14x19x29	38	0,305	0,14	0,075
112 (peitoril)	3,29	11,67	4	1 ^o	Apto. 01	Alvenaria	14x19x29	49	0,392	0,14	0,096
24	3,40	15,07	5	1 ^o	Apto. 05	Alvenaria	14x19x29	51	0,404	0,14	0,099
25	1,72	16,78	6	1 ^o	Apto. 05	Alvenaria	14x19x29	26	0,204	0,14	0,050
2372 (peitoril)	2,98	19,76	7	1 ^o	Apto. 05	Alvenaria	14x19x29	45	0,355	0,14	0,087
21 (peitoril)	2,57	22,33	8	1 ^o	Apto. 05	Alvenaria	14x19x29	39	0,306	0,14	0,075
20 (peitoril)	3,29	25,62	9	1 ^o	Apto. 05	Alvenaria	14x19x29	49	0,392	0,14	0,096
19 (peitoril)	2,10	27,72	10	1 ^o	Apto. 05	Alvenaria	14x19x29	32	0,250	0,14	0,061
18 (peitoril)	3,60	31,32	11	1 ^o	Apto. 05	Alvenaria	14x19x29	54	0,429	0,14	0,105
69 (peitoril)	1,52	32,84	12	2 ^o	Apto. 06	Alvenaria	14x19x29	23	0,181	0,14	0,044
70 (peitoril)	1,20	34,04	13	2 ^o	Apto. 06	Alvenaria	14x19x29	18	0,143	0,14	0,035
85	1,46	35,50	14	2 ^o	Apto. 06	Alvenaria	14x19x29	22	0,174	0,14	0,043
84	2,96	38,46	15	2 ^o	Apto. 06	Alvenaria	14x19x29	44	0,352	0,14	0,086
83	1,46	39,92	16	2 ^o	Apto. 06	Alvenaria	14x19x29	22	0,174	0,14	0,043
72	0,407	40,33	17	2 ^o	Apto. 06	Alvenaria	14x19x29	6	0,048	0,14	0,012
114 (peitoril)	1,70	42,03	18	2 ^o	Apto. 01	Alvenaria	14x19x29	26	0,202	0,14	0,050
113 (peitoril)	2,02	44,05	19	2 ^o	Apto. 01	Alvenaria	14x19x29	30	0,240	0,14	0,059
73	8,82	52,87	20	3 ^o	Apto. 01	Alvenaria	19x19x29	132	1,469	0,19	0,349
1002	8,02	60,89	21	3 ^o	Apto. 01	Alvenaria	9x19x29	120	0,743	0,09	0,150

PEDREIRO 02								tijolos/ m ²		19x19x29	15
ÁREA TOTAL	231,267		Duração		15	m ² /dia	15	Qtde. de tijolos	Qtde. de Paletes	14x19x29	9x19x29
Nome	Área	m ² acumulado	Sequência	Dia	Posição	Tipo	Tamanho			Largura tijolo (cm)	Argamassa (m ³)
91 (peitoril)	5,32	5,32	1	1 ^o	Apto. 02	Alvenaria	14x19x29	80	0,633	0,14	0,16
90 (peitoril)	0,50	5,82	2	1 ^o	Apto. 02	Alvenaria	14x19x29	8	0,060	0,14	0,01
89 (peitoril)	2,58	8,40	3	1 ^o	Apto. 02	Alvenaria	14x19x29	39	0,307	0,14	0,08
88 (peitoril)	3,29	11,69	4	1 ^o	Apto. 02	Alvenaria	14x19x29	49	0,392	0,14	0,10
7	3,54	15,23	5	1 ^o	Apto. 04	Alvenaria	14x19x29	53	0,422	0,14	0,10
8	1,56	16,79	6	1 ^o	Apto. 04	Alvenaria	14x19x29	23	0,185	0,14	0,05
876 (peitoril)	2,98	19,77	7	1 ^o	Apto. 04	Alvenaria	14x19x29	45	0,355	0,14	0,09
1656 (peitoril)	2,58	22,35	8	1 ^o	Apto. 04	Alvenaria	14x19x29	39	0,307	0,14	0,08
1689 (peitoril)	3,29	25,64	9	1 ^o	Apto. 04	Alvenaria	14x19x29	49	0,392	0,14	0,10
1701 (peitoril)	2,10	27,74	10	1 ^o	Apto. 04	Alvenaria	14x19x29	32	0,250	0,14	0,06
1702 (peitoril)	3,60	31,34	11	1 ^o	Apto. 04	Alvenaria	14x19x29	54	0,429	0,14	0,10
41	3,48	34,82	12	2 ^o	Apto. 03	Alvenaria	14x19x29	52	0,414	0,14	0,10
40	1,63	36,45	13	2 ^o	Apto. 03	Alvenaria	14x19x29	24	0,194	0,14	0,05
871 (peitoril)	4,16	40,61	14	2 ^o	Apto. 03	Alvenaria	14x19x29	62	0,495	0,14	0,12
54 (peitoril)	4,16	44,77	15	2 ^o	Apto. 03	Alvenaria	14x19x29	62	0,495	0,14	0,12
86 (peitoril)	1,70	46,47	16	3 ^o	Apto. 02	Alvenaria	14x19x29	26	0,202	0,14	0,05
87 (peitoril)	2,03	48,50	17	3 ^o	Apto. 02	Alvenaria	14x19x29	30	0,242	0,14	0,06
44	3,30	51,80	18	3 ^o	Apto. 02	Alvenaria	19x19x29	50	0,550	0,19	0,13
43	7,24	59,04	19	4 ^o	Apto. 02	Alvenaria	19x19x29	109	1,207	0,19	0,29
91 (finalização)	10,24	69,28	20	4 ^o	Apto. 02	Alvenaria	14x19x29	154	1,219	0,14	0,30
1017	8,02	77,31	21	4 ^o	Apto. 02	Alvenaria	9x19x29	120	0,743	0,09	0,15

Fonte: Autoria própria.

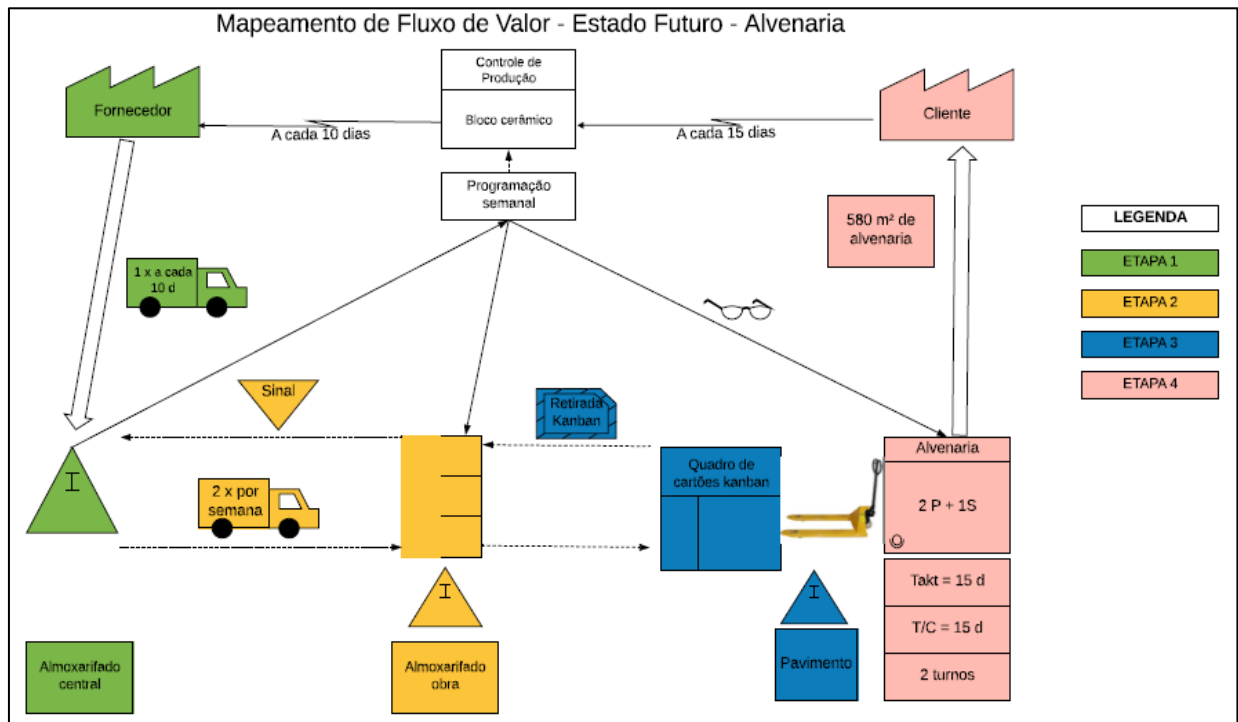
O mapeamento do fluxo do trabalho reuniu informações importantes que fomentaram o controle de produtividade dos envolvidos na atividade, para planejar a logística de abastecimento diária e a solicitação de material ao fornecedor de acordo com a demanda.

4.2.5.4 Mapeamento de Fluxo de Valor

Diante da necessidade de melhorias e maior agregação de valor ao processo de alvenaria de blocos cerâmico, o Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) (figura 45) foi a técnica utilizada para auxiliar no cumprimento dessas metas. A utilização do MFV

trouxe de forma mais clara os pontos vulneráveis e prejudiciais ao fluxo contínuo da produção, desde a solicitação da matéria prima ao fornecedor até a entrega do produto ao cliente, uma visão mais clara do processo e facilidade na identificação de pontos de melhoria.

Figura 45 – Mapeamento de Fluxo de Valor – Blocos Cerâmicos



Os resultados alcançados nas 4 etapas do MFV serão descritos na sequência.

4.2.5.4.1 Etapa 1

Com a definição de entrega do fornecedor a cada 10 dias, o material era entregue no almoxarifado central 5 dias antes da utilização. Com essa antecipação era possível realizar o transporte entre o almoxarifado central e a obra com o quantitativo de *pallets* para abastecimento da primeira semana de produção no lote construtivo.

Considerando que a capacidade do caminhão é de 12 *pallets* de bloco cerâmico (fotografia 9) e a demanda semanal máxima de 24,76 *pallets* (figura 46), a frequência necessária de abastecimento do canteiro de obras era de 2 vezes na semana. Com o fracionamento das entregas foi possível diminuir a área de

armazenamento no canteiro de obras, maior organização e facilidade na logística interna.

Fotografia 9 – Abastecimento do canteiro de obras



Fonte: Autoria própria.

Figura 46 – Demanda semanal de *pallets* de blocos cerâmicos para um lote de produção

PEDREIRO 1			
CONSUMO TOTAL SEMANAL			
Blocos	Semana 1	Semana 2	Semana 3
14x19x29	8,54025	4,035047619	4,217866071
19x19x29	1,7575	1,467375	1,2036875
9x19x29	0,742847222	2,109946759	2,794148148

PEDREIRO 2			
CONSUMO TOTAL SEMANAL			
Blocos	Semana 1	Semana 2	Semana 3
14x19x29	7,779696429	3,370723214	5,796925595
19x19x29	1,4694	2,883270833	5,676770833
9x19x29	1,733310185	1,350157407	2,820212963

ABASTECIMENTO SEMANAL			
TOTAL	22,02300384	15,21652083	22,50961111
TOTAL+10%	24,22530422	16,73817292	24,76057222

Fonte: Autoria própria.

Os 3 dias restantes foram *buffers* introduzidos para proteção contra eventuais riscos que pudessem afetar a continuidade do trabalho.

4.2.5.4.2 Etapa 2

A segunda etapa engloba o abastecimento do estoque tipo supermercado para os blocos cerâmicos no canteiro de obras *on demand*. A emissão do cartão *Kanban* de transporte é realizada por meio da utilização do *andon* na indicação do estoque mínimo (figura 47).

Figura 47 – Estoque mínimo

PEDREIRO 1			
ESTOQUE MÍNIMO			
Blocos	Semana 1	Semana 2	Semana 3
14x19x29	2,535714286	2,2495536	4,752208333
19x19x29	0	0	2,665541667
9x19x29	0,990462963	0,990463	0,745453704
PEDREIRO 2			
ESTOQUE MÍNIMO			
Blocos	Semana 1	Semana 2	Semana 3
14x19x29	2,766666667	0,7862946	1,901875
19x19x29	1,207291667	0	0
9x19x29	0,742847222	0,7454537	1,539127315
PEDREIRO 1 + PEDREIRO 2			
ESTOQUE MÍNIMO			
Blocos	Semana 1	Semana 2	Semana 3
14x19x29	5,302380952	3,0358482	6,654083333
19x19x29	1,207291667	0	2,665541667
9x19x29	1,733310185	1,7359167	2,284581019

Fonte: Autoria própria.

O *andon* foi posicionado em um local de fácil acesso e visualização. O local de armazenamento era mantido limpo e os *pallets* organizados e posicionados de acordo com o projeto de *layout* e logística (fotografia 10).

Fotografia 10 – Andon

Fonte: Autoria própria.

Por meio desse controle visual para gestão do estoque, foi possível alcançar maior eficiência e rapidez frente as variações da demanda e agilidade no reabastecimento, contribuindo para o fluxo contínuo da produção.

4.2.5.4.3 Etapa 3

A terceira etapa engloba o abastecimento dos locais de trabalho organizada por meio da emissão de cartões *Kanban*. Houve um entendimento da equipe de logística que as movimentações deveriam ser realizadas apenas quando houvesse a necessidade, ou seja, com o posicionamento do cartão *Kanban* no quadro (fotografia 11). A utilização de cartões no canteiro de obras trouxe o conceito do *Just in Time*, resultando em maior eficiência no processo de abastecimento das zonas de trabalho, reduzindo as movimentações das equipes, aumentando a fluidez da produção e reduzindo o transporte e desperdícios dos materiais.

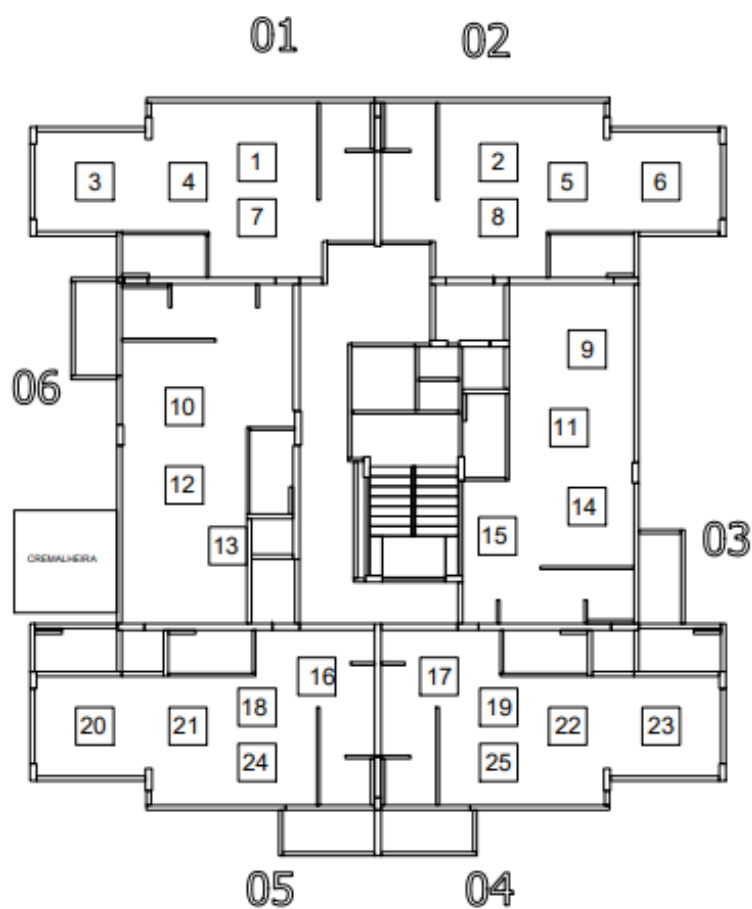
Fotografia 11 – Quadro de cartões *Kanban*



Fonte: Autoria própria.

Os materiais só podem ser movimentados para os locais de acordo com a posição do cartão *kanban*. Os locais de armazenamento dos materiais no pavimento repetitivo devem respeita rigorosamente as orientações definidas no projeto (figura 48). O planejamento do *layout* do pavimento trouxe maior eficiência a equipe de logística na execução do trabalho, resultado alcançado em função dos insumos posicionados nos locais de fácil acesso aos operários (fotografia 12), o que diminuiu as movimentações e conseqüentemente trouxe aumento de produtividade.

Figura 48 – Projeto de armazenamento de *pallets* de blocos cerâmico do lote de produção



Fonte: Autoria própria.

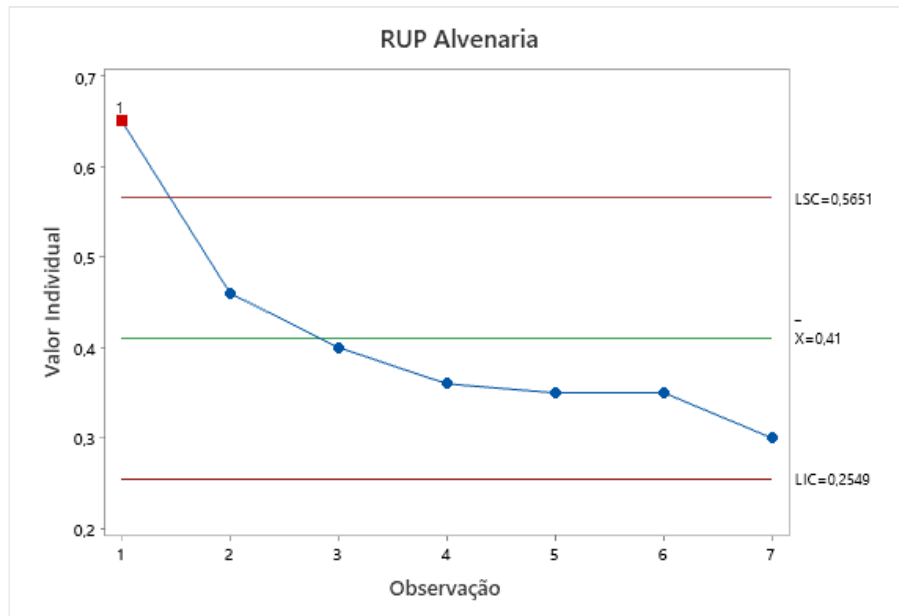
Fotografia 12 – Armazenamento dos *pallets* de bloco cerâmico no pavimento



Fonte: Autoria própria.

Como evidência do ganho de produtividade pela melhoria do processo de gestão da etapa de alvenaria conforme o gráfico 18, obteve -se um resultado de 0,65 Hh/m² no primeiro pavimento e de 0,3 Hh/m² no último. Essa variação representa um ganho de produtividade de 53,38%.

Gráfico 18 – RUP da alvenaria de bloco cerâmico



Fonte: Autoria própria.

4.2.5.4.4 Etapa 4

A última etapa é o processo de transformação e agregação de valor ao cliente. Para essa etapa os recursos de mão de obra utilizados foram dois pedreiros e um servente e a entrega do lote foi dimensionada para 3 vezes o *takt time*. De acordo com o sequenciamento executivo adotado nesse empreendimento os clientes internos, ou seja, a etapa subsequente da alvenaria foi a de regularização. A fotografia 13 mostra a alvenaria finalizada até o quinto pavimento repetitivo.

Fotografia 13 – Fachada do empreendimento em construção



Fonte: Autoria própria.

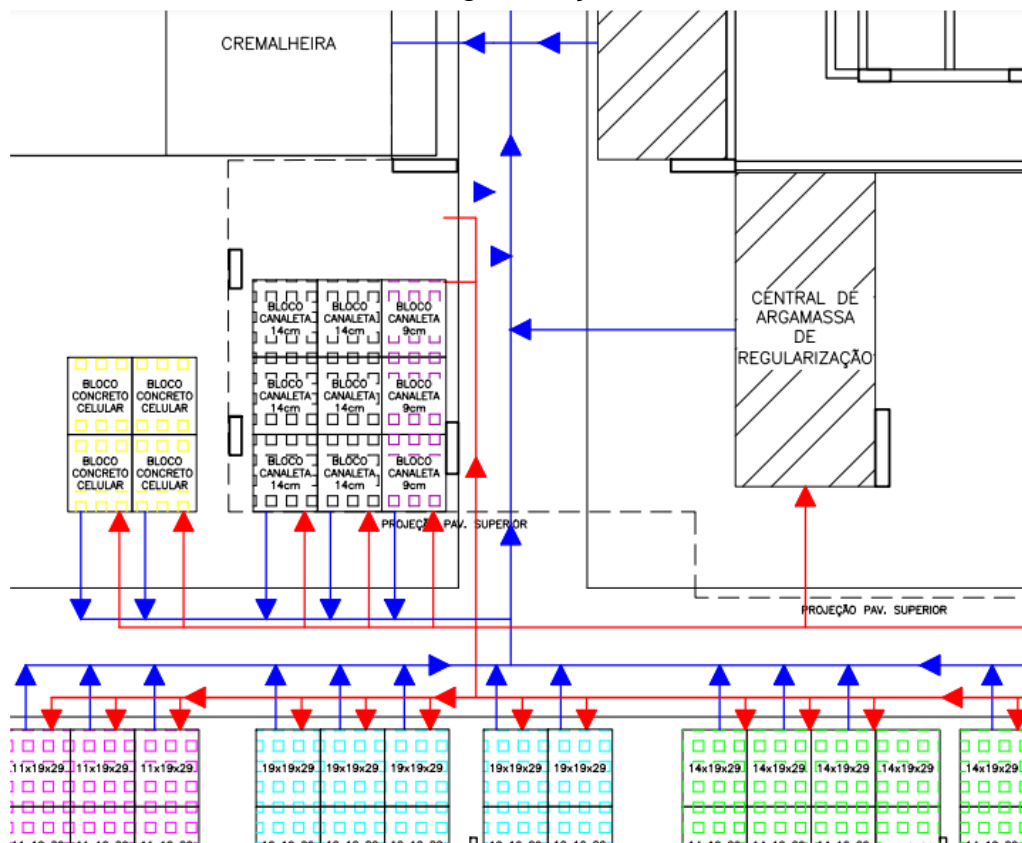
4.2.5.5 Logística interna e 5S

Os projetos logísticos foram elaborados de acordo com as etapas a serem executadas no canteiro de obras. Esses projetos trouxeram maior facilidade na visualização das rotinas de movimentações das equipes, dos materiais e equipamentos do canteiro de obras. Esse processo fez com que houvesse maior preocupação da equipe em alcançar os conceitos de *Just in Time* e discutir planos direcionados para as formas e os locais para armazenamento dos materiais, eliminando desperdícios de espera, transporte, movimentação e defeitos.

Com o desenvolvimento do processo de logística e armazenamento, foi possível observar ganhos na organização do canteiro de obras, redução de movimentações de equipamentos e maior facilidade no abastecimento dos materiais. A figura 54 mostra um detalhe do projeto de logística e armazenamento durante a etapa de alvenaria de blocos cerâmicos e regularização. O projeto evidencia os locais de estoque das diferentes tipologias de bloco (diferentes cores) e das caixas com

argamassa industrializada para regularização. As linhas vermelhas indicam o caminho para o reabastecimento do estoque e as azuis para reabastecimento do lote de produção, transportados por meio do elevador cremalheira.

Figura 49 – Projeto de logística e armazenamento para as etapas de alvenaria e regularização



Fonte: Autoria própria.

O desenvolvimento do projeto de logística e armazenamento contribuem para a implantação dos princípios da filosofia 5S. Durante a etapa de execução da alvenaria de blocos cerâmicos os *pallets* de blocos (fotografia 14) e as caixas de argamassa estabilizada (fotografia 15) ficam dispostos de acordo com o projeto, com placas de sinalização, organizados, em um ambiente limpo e apenas com a quantidade necessária. Essas atitudes trouxeram maior facilidade no transporte, na organização, na identificação da necessidade de reabastecimento dos materiais e contribuíram para a sustentação do fluxo contínuo dos processos produtivos.

Fotografia 14 – Armazenamento dos *pallets* de bloco cerâmico



Fonte: Autoria própria.

Fotografia 15 – Armazenamento das caixas de argamassa estabilizada



Fonte: Autoria própria.

Durante o desenvolvimento do projeto de canteiro de obras, uma das alternativas para redução dos custos de logística entre o almoxarifado central e a obra foi a execução antecipada do piso de concreto do subsolo da obra para o

armazenamento dos materiais (fotografia 16), alterando com isso a sequência executiva já praticada pela empresa em outros empreendimentos. Essa antecipação trouxe maior facilidade no armazenamento de produtos frágeis, proteção contra a exposição a intempéries e aumento da área de armazenamento. Durante a execução dessas etapas, também se define os *kits* de materiais a serem movimentados por meio da emissão de cartões *Kanban*. As áreas de armazenamento de cada insumo foram calculadas de acordo com o quantitativo de material a ser consumido e pelas condições de armazenamento de cada fabricante.

Fotografia 16 – Armazenamento de janelas no subsolo



Fonte: Autoria própria.

4.2.5.6 Dispositivo à prova de erro

Durante a etapa de compreensão da falha o Gestor de Qualidade da empresa apontou a atividade de assentamento de contramarcos, como a que mais havia registro de não conformidades. Nessa mesma etapa o Engenheiro responsável pelo Pós-obra indicou a atividade de passagem das tubulações de gás.

Para o assentamento dos contramarcos, os defeitos mais frequentes eram as variações de esquadro e prumo devido a ineficiência no travamento das peças durante a execução, e a falta de padronização da altura dos peitoris, ocasionado por erros nas transferências do mesmo nível em todas as peças do pavimento. Quanto as

passagens das redes de gás, o defeito estava na falta de rastreabilidade da rede. Com o surgimento de um vazamento a dificuldade era encontrar o traçado da rede no contrapiso. Esse processo de tentativa e erro ocasionava uma interferência destrutiva no apartamento do cliente.

Uma das soluções comum as duas atividades foi a alteração da sequência da regularização (fotografia 17). Além de facilitar na limpeza e organização dos ambientes, essa antecipação trouxe maior facilidade na definição dos níveis das janelas, eliminando com isso possíveis erros na transferência desses por todo o pavimento. No que se refere as passagens de tubulações de gás, a execução da regularização trouxe a possibilidade de realizar aberturas (rasgos) na argamassa com as dimensões de acordo com o projeto de tubulações de gás.

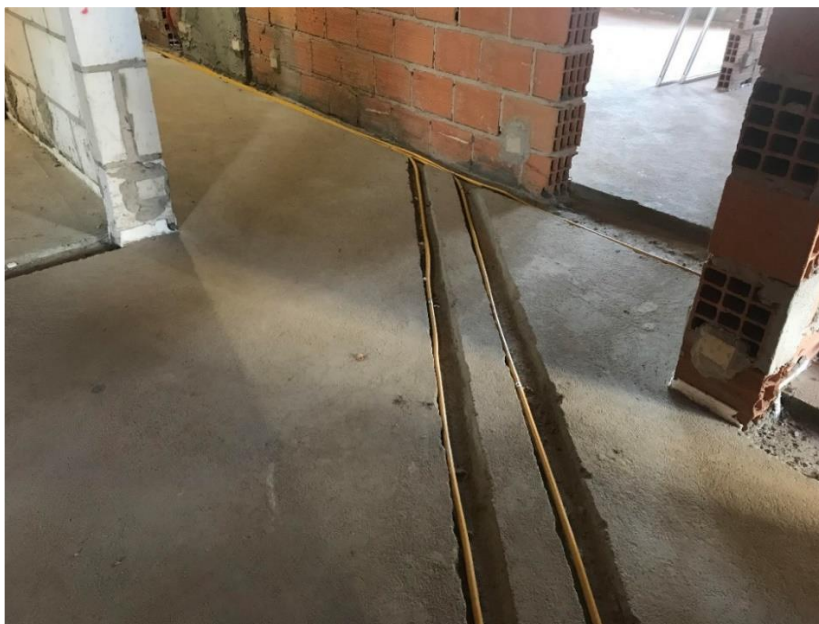
Fotografia 17 – Apartamento regularizado



Fonte: Autoria própria.

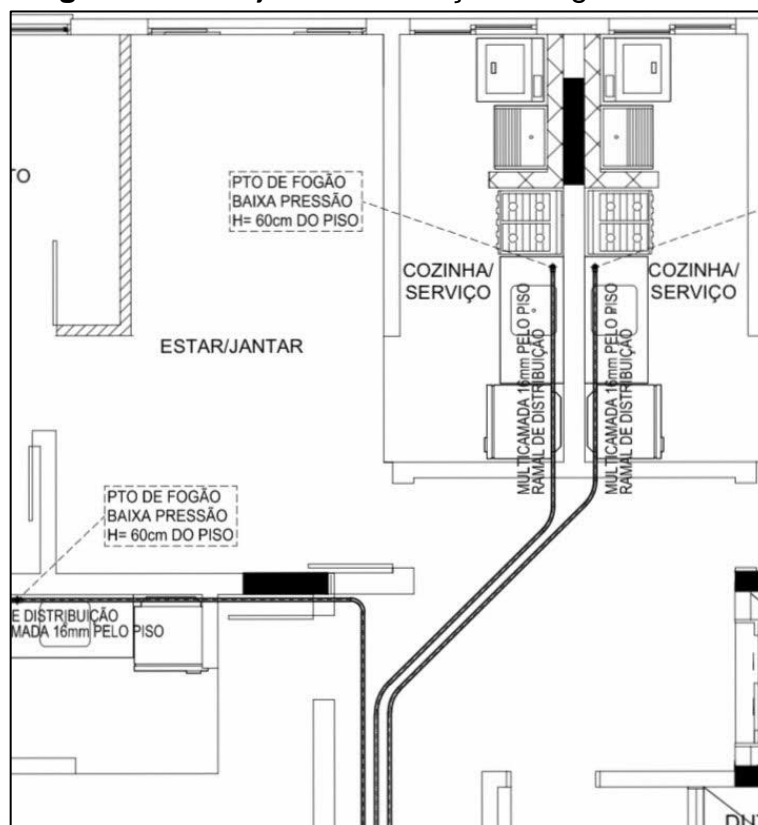
As aberturas na regularização (fotografia 18) para a passagem das tubulações de gás de acordo com o projeto (figura 50), foram executadas em todos os pavimentos repetitivos e trouxeram a possibilidade de rastreabilidade dessas tubulações, redução da variabilidade, padronização do processo e do consumo de materiais.

Fotografia 18 – Tubulações de gás



Fonte: Autoria própria.

Figura 50 – Projeto de tubulações de gás AP 1 e 2



Fonte: Autoria própria.

A utilização de gabaritos metálicos (fotografia 19) foi a solução utilizada para a eliminação das possíveis variações dimensionais do contramarco, ocasionadas no

momento da instalação. Esses gabaritos eram encaixados dentro dos contramarcos antes de sua instalação e retirados apenas após a cura da argamassa de fixação. Essas soluções eliminou os defeitos historicamente presentes na execução dessa atividade em outros empreendimentos da construtora.

Fotografia 19 – Gabarito metálico na instalação do contramarco



Fonte: Autoria própria.

4.2.5.7 Redução do Lead Time

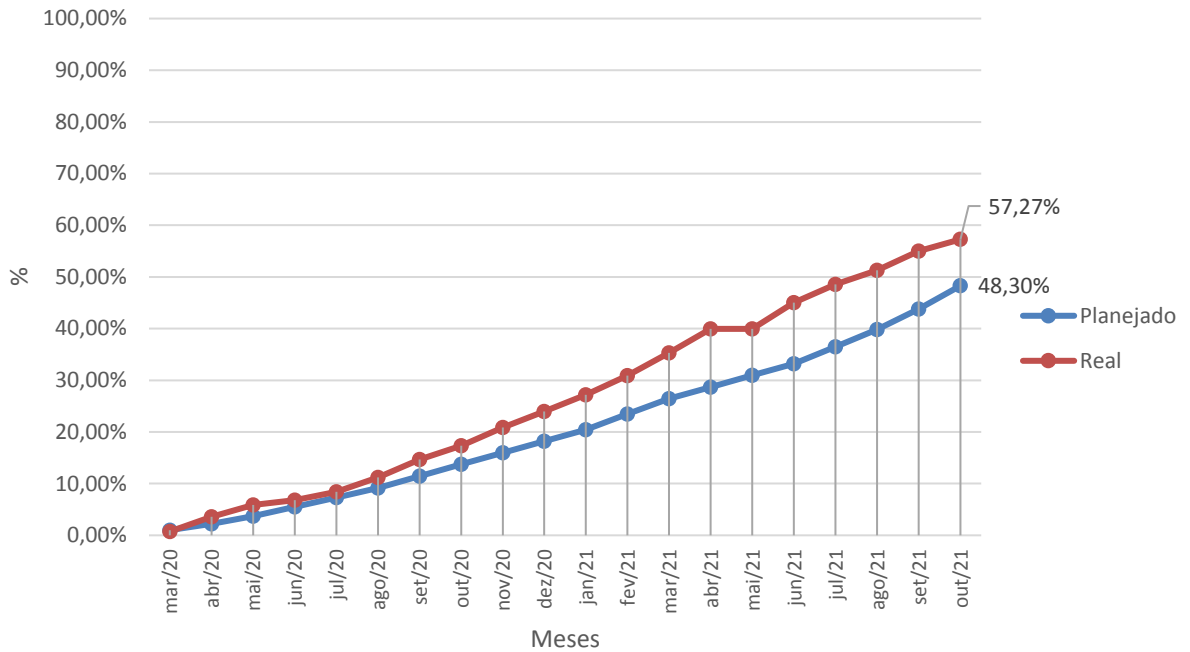
O empreendimento fruto dessa pesquisa é fomentado pela Caixa Econômica Federal (CEF), sendo que uma das responsabilidades do mesmo é realizar medições mensais do avanço do empreendimento e verificar a conclusão das atividades de acordo com o cronograma aprovado. A implantação das ferramentas e princípios da *Lean Construction* indicam uma redução no prazo de entrega do cronograma. A figura 51 mostra a planilha padrão da CEF para acompanhamento e medição da obra. Essas medições são realizadas na primeira semana de cada mês, onde são apontados todos os serviços finalizados durante o mês antecessor ao da medição. O comparativo entre o avanço planejado e o avanço real pode ser visualizado entre as colunas denominadas de “% global previsto” e a coluna “% global realizado”.

Figura 51 – Planilha de medição CEF

CAIXA			PLANILHA DE LEVANTAMENTO DE SERVIÇOS RESUMO DO EMPREENDIMENTO			Nº do contrato 0503279-14			Data da assinatura/suspensiva 03/12/2018			Nº da medição 22					
Preencha os campos marcados em amarelo																	
Preencha cfe. cronograma aprovado			Dia visita do engenheiro da Caixa														
CRONOGRAMA			VISTO			ACC			O DA OBRA			VALORES MEDIDOS e EVOLUÇÃO CRONOGRAMA					
nº da etapa	data base da parcela	% global previsto no mês acumulado	nº do RAE	data da vistoria	valor executado no período - com BDI				% global realizado no mês acumulado		etapa concluída		equivalente		dias atraso / adiant.		
					habitação	eq.comunit.	infra-estrut.	total parcela	nº	% etapa	dias-obra	data base	na vistoria				
1	03/12/2018	0,00%	1						-	-	3	0,00%	60		+30		
2	03/02/2019	0,00%	2						-	-	3	0,00%	60		0		
3	03/03/2019	0,00%	3						0,74%	0,74%	3	72,89%	82		-8		
4	03/04/2019	1,01%	4	06/03/2019					2,88%	3,61%	5	92,64%	148		+28		
5	03/05/2019	2,24%	5	09/04/2019					2,24%	5,85%	7	18,08%	185		+35		
6	03/06/2019	3,72%	6	04/05/2019					0,96%	6,81%	7	71,13%	201		+21		
7	03/07/2019	5,52%	7	04/06/2019					1,61%	8,42%	8	59,05%	226		+18		
8	03/08/2019	7,33%	8	04/07/2019					2,81%	11,23%	9	90,18%	267		+27		
9	03/09/2019	9,17%	9	08/08/2019					3,43%	14,66%	11	41,23%	312		+42		
10	03/10/2019	11,45%	10	09/08/2019					2,66%	17,32%	12	59,92%	348		+48		
11	03/11/2019	13,73%	11	07/10/2019					3,53%	20,85%	14	13,17%	394		+64		
12	03/12/2019	15,97%	12	08/11/2019					3,09%	23,94%	15	16,16%	425		+65		
13	03/01/2020	18,21%	13	06/12/2019					3,22%	27,16%	16	31,20%	459		+69		
14	03/02/2020	20,45%	14	13/01/2020					3,75%	30,91%	17	98,73%	510		+90		
15	03/03/2020	23,46%	15	13/02/2020					4,42%	35,33%	19	65,06%	560		+110		
16	03/04/2020	26,46%	16	06/03/2020					4,64%	39,98%	21	4,36%	601		+121		
17	03/05/2020	28,70%	17	05/05/2020					-	39,98%	21	4,36%	601		+91		
18	03/06/2020	30,94%	18						5,02%	45,00%	22	27,24%	638		+98		
19	03/07/2020	33,18%	19	08/07/2020					3,57%	48,57%	23	5,70%	662		+92		
20	03/08/2020	36,43%	20	03/08/2020					2,75%	51,32%	23	63,58%	679		+79		
21	03/09/2020	39,80%	21	06/09/2020					3,70%	55,02%	24	33,94%	700		+70		
22	03/10/2020	43,76%	22	03/10/2020					2,25%	57,27%	24	72,65%	712		+52		
23	03/11/2020	48,30%	23														

Fonte: Autoria própria.

Com o objetivo de evidenciar os ganhos de redução do *lead time* de entrega do empreendimento, o gráfico 19 mostra uma curva S de avanço da obra. O gráfico na cor azul representa as porcentagens de avanços mensais planejadas e o na cor laranja as de avanço real. O intervalo de medição desse índice foi do mês de março de 2019 até o mês de setembro de 2020. Entre os meses de abril e maio de 2020 o avanço manteve-se constante pela paralização da obra devido a pandemia da Covid-19. Na medição realizada no início do mês de outubro, quando comparado a porcentagem prevista e realizada houve um ganho de 8,97%.

Gráfico 19 – Curva S planejada x real

Fonte: Autoria própria.

A implantação dos princípios e ferramentas *lean* no canteiro de obras mostraram um impacto positivo no processo executivo, trazendo a redução de passos e partes, melhoria dos processos e uma redução estimada do prazo de entrega da obra. Essa redução foi comprovada pela diferença entre o avanço planejado e real conforme mostrado no Gráfico 19. Outro ganho importante foi na previsibilidade do cronograma, alcançada por meio de processos estáveis. Essa estabilidade trouxe maior facilidade no planejamento das etapas e entrega de materiais, proporcionando um fluxo de caixa “saudável” (redução do tempo de atravessamento dos materiais dentro do processo).

5 CONCLUSÃO

Os resultados da implantação dos princípios, ferramentas e métodos da filosofia *Lean Construction* mostrou os benefícios da implantação de uma inovação em processo durante o desenvolvimento da pesquisa. Durante a implantação o envolvimento das equipes no planejamento da produção e nos processos de melhoria contínua, foi o cerne para o alcance desses resultados.

A implantação do *Last Planner System* além de promover a participação dos envolvidos em todas as etapas do planejamento, proporcionou a equipe técnica a possibilidade de antecipar ações de logística, abastecimento e na eliminação das restrições. Os produtos dessas ações foram ganhos com a redução de desperdícios de movimentações, transporte, redução de espaços e aumento da confiabilidade dos planos.

Além do acompanhamento das atividades semanais e implantação de planos de melhoria durante as reuniões de *Weekly Work Plan*, os indicadores de PPC% e IRR% foram importantes para o monitoramento da aderência das equipes ao planejamento. Durante o intervalo de 20 semanas, o pesquisador identificou uma relação direta entre esses dois indicadores, evidenciando que quanto maior o esforço da equipe em eliminar as restrições das atividades, maior seria o alcance das metas.

A confiabilidade e envolvimento da equipe foi um facilitador na implantação do princípio da melhoria contínua. Com a implantação dos formulários *Kaizen* no surgimento do defeito e nas variações do plano a curto prazo trouxeram redução de diferentes tipos de desperdícios, redução de custos de produção e agilidade da equipe na implantação de planos de melhoria.

Um dos objetivos da pesquisa foi a busca pela estabilidade do processo produtivo. Para isso foi adotado a Razão Unitária de Produção (RUP) para a medição das produtividades dos processos. Após o lançamento dos dados no *software* Minitab concluiu-se que os processos se encontravam estáveis. Essa condição trouxe a possibilidade do provisionamento do cronograma a médio e longo prazo, planejar as entregas de insumos no momento certo e na quantidade certa, tomar decisões assertivas e antecipadas contra possíveis desvios do cronograma. As RUP's também se tornaram uma base mais confiável para o planejamento e orçamento dos futuros empreendimentos da construtora.

Devido à dificuldade de gestão encontrada no processo de alvenaria de bloco cerâmico em outros empreendimentos da empresa, esse foi escolhido como um case para o desenvolvimento de um Mapeamento de Fluxo de Valor de estado futuro. Após o processo de implantação os dados de RUP foram coletados e então identificado um ganho de produtividade gradativo, com uma variação de 53,38% entre o primeiro e o sétimo pavimento. Esse resultado indicaram a influência do planejamento logístico e das rotas de abastecimento, da produção puxada, da identificação do fluxo de trabalho, da redução de etapas e dos conceitos *Just in Time* na redução do tempo de atravessamento desse processo.

Uma das premissas dessa pesquisa foi a busca da eliminação de erros e defeitos do processo produtivo, para isso foi identificado dois dos principais processos com maior histórico de ocorrência de erros e dificuldade de manutenção pós entrega. Após um processo de investigação das falhas e implantação de ações de melhoria foi possível identificar ganhos na eliminação de falhas, maior padronização e aumento da qualidade nos processos de assentamento de contramarco e passagem das tubulações de gás por meio da utilização de dispositivos a prova de erro.

Por meio dos dados de medição da obra realizadas mensalmente pelo agente financeiro nesse empreendimento, foi possível identificar um aumento gradativo da diferença entre a porcentagem de avanço real acumulada e avanço planejado. Esses dados mostram uma redução do *lead time* de entrega do produto quando comparado ao planejamento aprovado pela CEF.

Essa pesquisa não abordou um comparativo entre os custos dos processos executivos antes e após a implantação de princípios e ferramentas *lean*. O autor recomenda um estudo comparativo de natureza quantitativa como sugestão para trabalhos futuros.

Por fim, essa pesquisa consolida os conceitos enxutos aplicados na construção civil. A implantação de seus conceitos e ferramentas caracterizou-se como uma inovação incremental, proporcionando melhorias na qualidade de entrega do produto, redução do tempo de entrega, dos custos, aumento da produtividade. Além disso, a participação das equipes nas decisões potencializou a melhoria contínua de todos os processos e rotinas da construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGENCIA CBIC. **Oito pontos sobre o crescimento da construção civil e seu impacto no PIB**. 2020. Disponível em: <https://cbic.org.br/oito-pontos-sobre-o-crescimento-da-construcao-civil-e-seu-impacto-no-pib/>. Acesso em: 10 abr. 2020.

AGENCIA IBGE. PAIC 2018: **Industria da Construção sofre com a queda nas obras de infraestrutura e nas contratações do setor público**. Editora: Estatística econômica. 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/27793-paic-2018-industria-da-construcao-sofre-com-a-queda-nas-obras-de-infraestrutura-e-nas-contratacoes-do-setor-publico>. Acesso em: 12 mai. 2020.

AKINCI, B.; FISCHER, M.; ZABELLE, T. Proactive approach for reducing non-value adding activities due to time-space conflicts. *In: VI ANNUAL MEETING OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*,6., 1998, Guarujá, SP, **Anais[...]**Guarujá: IGLC, 1998, p.1-16

ALARCÓN, L. **Lean Construction**. 1 ed. Editora CRC Press. 1997. 508 p.

SHAZALI, N. A.; HABIDIN, N. F.; ALI, N.; KHAIDIR, N. A.; JAMALUDIN, N. H. Lean Healthcare Practice and Healthcare Performance in Malaysian Healthcare Industry. **International Journal of Scientific and Research Publications** , v. 3, n. 1, p. 1–5, 2013.

ALVES, A. C.; KAHLEN, F.-J.; FLUMERFELT, S.; SIRIBAN-MANALANG, A.-B. Lean Production Multidisciplinary: from Operations To Education.*In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION RESEARCH - AMERICAS*, 7., 2014, Lima, Peru. **Anais[...]** , Lima, Peru.2014

ALVAREZ, Roberto dos Reis.; ANTUNES JÚNIOR, Jose Antonio Valle. Takt-Time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. **Revista Gestão & Produção**. Vol. 8, n. 1, p. 1-18, 2001

ALVES, M. C.; COELHO R. de Q.; LIMEIRA U. R. **Simulação da linha de balanço em edifício alto através do programa Time line utilizando dados de campo - Estudo de caso**. 1996. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Santa Catarina. 1996.

ALVES, Thaís C. L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras: proposta baseada em estudos de caso**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 2000.

ALVES, Thaís da C.L. **Léxico Lean**. Aula 6. Apresentação de disciplina Tópicos de Construção Civil. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, CE, 2007.

ANJOS, M.S.; OLIVEIRA, M.R. Implantação do programa 5S em um canteiro de obras: um estudo de caso em Itabuna (BA). ScientiaTec: **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS**. Vol. 5 n. 1, p. 136-155, 2018

ANTUNES, J. **Sistemas de Produção: Conceitos e práticas para projeto e gestão de produção enxuta**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 326 p .

ARANTES, Paula Cristina F. G. **Lean Construction – Filosofia e Metodologias**. 2008. 108 p. Dissertação (Mestrado em construções Universidade do Porto).Faculdade do Porto, Portugal, 2008. Disponível em: <https://repositorio.aberto.up.pt/bitstream/10216/60079/1/000129800.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.

ARAUJO, L. C. G. **Organização, sistemas e métodos e as modernas ferramentas de gestão organizacional**.5. ed. São Paulo: Atlas, 2001. 352 p.

BAJJOU, Mohamed Saad,; CHAFI, Anas.; EM-NAD, Abdelali. A Comparative Study between Lean Construction and the Traditional Production System. **International Journal of Engineering Research in Africa**. Vol. 29. p. 118-132. 2017.

BAJORNFOT, Anders. An Engineering Perspective on Lean Construction Theory. *In: INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 16., 2008. **Anais[...]** IGLC: Manchester, United Kingdom, 2008

AKINCI, B.; FISCHER, M.; ZABELLE, T. Proactive approach for reducing non-value adding activities due to time-space conflicts. *In: VI ANNUAL MEETING OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*,6., 1998, Guarujá, SP, **Anais[...]**Guarujá: IGLC, 1998, p.1-16

BALLARD, G. Work structuring. **Lean Construction Institute**. 1999.

BALLARD, G.; HOWELL, G.. Implementing lean construction: stabilizing workflow. Lean construction. *In: ANNUAL MEETING OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 2, 1997, Rotterdam, Netherlands. **Proceeding[...]** Rotterdam: A.A Balkema, 1997

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering in Management**. Vol. 124, n. 1, p.18-24, 1998.

BALLARD, G.; CASTEN, M.; HOWELL, G.; PARC: A Case Study. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 4, 1996, Birmingham. **Anais[...]** University of Birmingham, U.K, 1996.

BALLARD, Glenn; HOWELL, Gregory. Competing construction management paradigms. **Lean Construction Journal**. Vol 1, n. 1, p. 38-45, 2004

BALLARD, Herman Glenn,; HOWELL, Gregory A. Lean project management. **Building Research & Information**, California, Vol. 31, p.119–133, 2003.

BALLARD, Herman Glenn. **The Last Planner System of Production Control**. 2000. .Tese de (Doutorado em Engenharia Civil) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham. Birmingham. 2000.

BARROS, J. **Lean Construction & Excelência Operacional**. São Paulo: IOpEx, 2014

- BASTOS, Marcelo. **Sistema Toyota de produção**. 2013. Disponível em: <https://www.portal-administracao.com/2013/12/sistema-toyota-de-producao.html>. Acesso em: 14 jun. 2020
- BERNARDES, Ciro.; MARCONDES, Reynaldo C. **Teoria Geral da Administração: Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 240 p.
- BERTELSEN, Sven.; NIELSEN, Jorgen. Just-in-time logistics in the supply of building materials. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSTRUCTION INDUSTRY DEVELOPMENT. BUILDING THE FUTURE TOGETHER*. 1997. Singapura. **Anais[...]** Sinagura, 1997.
- BLACK, J.T. **O projeto da fábrica com futuro**. 1.ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. 288 p.
- BLOIS, Michel.; LIZARRALDE, Gonzalo. Structuring Temporary multi-organizations: contingency theory in the building. **Project Management Journal**. 2011.
- BOLVIKEN, T.; ROOKE, J.; KOSKELA L. The Wastes of Production in Construction: a TFV based taxonomy. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 22., Oslo, 2014. **Anais[...]** Oslo, 2014.
- BONNEY, M.C.; ZHANG Z.; HEAD, M.A.; TIEN, C.C.; BARSON, R.J. Are push and pull systems really so different?. **International Journal of Production Economics**. Vol. 59. pp 53-64, 1999.
- BORGES, Sergio Luiz Ferreira. A Evolução do Sistema de produção e a implementação do balanceamento multifuncional para pequenos volumes. **Espacios**. Vol 38, n. 1, p. 13, 2016.
- BRAGA, E. k. R.; BARROS, M. S.; TÓDERO, Mi.; DENICOL JUNIOR, S. CAMARGO, M. E.. Sistema Just in time: conceitos imprescindíveis. **QUALITAS**, Caxias do Sul (RS). Vol. 7, n. 3, p. 6, 2008.
- BRAGA, Fabiana Duarte M.; RICCI, Giseli Lima,; BRAGA, Washington Luis M. Eficiência geral de equipamento – OEE: O impacto do Jidoka. **INOVAE**, São Paulo, Vol 4, n. 1, p. 10, 2016.
- BUENO, Alexandre et al. Sistema de controle de qualidade: Introdução a metodologia zero defeitos na fabricação de embalagens. **Pesquisa e Ação**. Vol. 4, n. 2, 2018.
- CABEZA, Luisa F. et al. Key performance indicators in thermal energy storage: Survey and assessment. **Renewable Energy**. Vol. 83, p.820-827, 2015.
- CARDOSO, R. **O sistema de produção da Lean Construction – Parte 8/10**. 2019. Disponível em: <https://www.rclc.com.br/single-post/2019/08/10/o-sistema-de-produ%C3%A7%C3%A3o-da-lean-construction-parte-810>. Acesso em: 10 Fev. 2020.
- CARDOSO, R. **Princípios 05 – Perfeição**. 2017. Disponível em: <https://www.rclc.com.br/>>. Acesso em 16 ago. 2020

CARRILLO, Patricia et al. Knowledge Management in UK Construction: Strategies, Resources and Barriers. **Project Management Journal**. Vol. 35, n. 1, p. 46–56, 2004.

CARVALHO, Leticia Romero. **Análise de melhorias nos processos produtivos baseados na filosofia Lean Construction com estudo de caso em via permanente de obras metroviárias**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 2016.

CASTELLAR, Rafael. **Lean IT: Fluxo de valor e fluxo contínuo são princípios indissociáveis**. 2016. Disponível em: <https://cio.com.br/tendencias/lean-it-fluxo-de-valor-e-fluxo-contínuo-são-princípios-indissociáveis/>. Acesso em: 17 out. 2020

CHENG, T. C. E.; PODOLSKY, S. **Just-in-time manufacturing: an introduction**. 2ª ed. London: Chapman & Hall, 1996. 226 p.

CIAMPA, D. The CEO's Role in Time-Based Competition. **Blackburn, J.D. (ed.). Time- Based Competition**. Business One Irwin, Homewood, IL. 1991.

COOK, M. V. Flight Mechanics of High Performance Aircraft. **IMechE**. Vol. 211. p 129. 1997

CORREA, H. L.; CORREA, C. A. **Administração de produção e operações: Manufatura e serviços**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2007. 632 p.

CORREA, HL.; GIANESI, I. G.N . **Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1993. 192 p.

COSTA JUNIOR, E. L. **Gestão de Processos Produtivos**. 1. ed. Curitiba : IBPEX, 2008. 156 p.

COSTA, Andreia Pereira. **Aplicação do pensamento Lean ao processo de desenvolvimento de produtos**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão industrial) –Universidade da Beira Interior. Covilhã, PT. 2013.

COSTA, Julliano Teixeira. **Modelagem 4d aplicada ao planejamento de curto prazo com práticas enxutas na construção civil**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) –Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA. 2015.

COSTA, M. L. da S.; ROSA, V. L. do N. **Primeiros passos da Qualidade no canteiro de obras 5S no canteiro**. 2. ed. São Paulo: O Nome da Rosa; 1999.94 p.

COSTA, Niomar Alexandre. **Eliminação de desperdícios e aumento de produtividade na indústria: enfrentando a crise com base no stp**. 2017. Dissertação (Especialização em Engenharia de Produção) – Universidade tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

CROSBY, P.B. **Quality is free: the art of making quality certain**. New York: New American Library. 1979. 309 p.

CRUZ, Andre Luiz Guerreiro da. **Método para o estudo do comportamento do fluxo material em processos construtivos, em obras de edificações, na indústria da**

construção civil. Uma abordagem logística. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

CRUZ, H. M.; SANTOS, D. DE G.; MENDES, L. A. Causas da variabilidade do tempo de execução dos processos em diferentes sistemas construtivos. **Ambiente Construído.** Vol. 18, n. 1, p. 49–65, 2018.

DACOL, S.; CASTRO, J. E. E.; HEINECK, L. F. M. Uma Ferramenta de diagnóstico do nível de modernidade da indústria da construção civil. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 16., 1996, Piracicaba. **Anais[...]** Piracicaba: ENEGEP, 1996.

DENNIS, P.; **Produção Lean Simplificada.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman. 2008. 192 p.

DORFLES, G. **El Diseño Industrial y su Estética.** 1 ed. Barcelona: Labor, 1978.

DRUCKER, P. F. **As Fronteiras da Administração:** onde as decisões do amanhã estão sendo determinadas hoje. São Paulo: Pioneira, 1989.

DUPIN, P. **Le lean appliqué à la construction, comment optimiser la gestion de projet et réduire coûts et délais dans le bâtiment.** 1. ed. França: Groupe Eyrolles, 2014. 162 p.

EAIDGAH, Y. et al. Visual management, performance management and continuous improvement: a lean manufacturing approach. **International Journal of Lean Six Sigma.** Vol. 7, n. 2, 2016.

EIRA, Rúben Alexandre P. **Aplicação e ferramentas do Lean Manufacturing numa empresa de vestuário.** 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – Universidade Do Minho. Braga- PT. 2014.

ESTRADA, F. C. R.; DAVIS, L. S. Improving Visual Communication of Science Through the Incorporation of Graphic Design Theories and Practices Into Science Communication. **Science Communication.** Vol. 37, n. 1, p.140-148, 2014.

EUGENIO, Matheus Batista Ferreira. **Auge e declínio do Fordismo.** 2018. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências econômicas) – Universidade Federal Fluminense. Campos dos Goytacazes, RJ. 2018.

FAGUNDES, Renato Alexandre. **Implementação de um processo cadenciador na fabricação de circuitos impressos rígidos.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 2007. Disponível em:
https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/CAMP_037fbbf31b115f94d5b4634caae5a6f. Acesso em: 10 ago 2020.

FALCONI, Vicente Campos. **Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia.** 6ª ed. Belo Horizonte: DG, 1992.

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **PIB da construção civil apresenta retração de 2,4% no primeiro trimestre do ano.** Disponível em:
<https://www.fiesp.com.br/observatoriodaconstrucao/noticias/pib-da-construcao-civil->

apresenta-retracao-de-24-no-primeiro-trimestre-do-ano/. Acesso em 18 de Out. 2020.

FERNANDES, André Jorge R.C. **Lean Construction e construção sustentável: um estudo de caso**. 2015. Dissertação (Mestrado em Gestão da Qualidade) – Universidade Fernando Pessoa. Porto, PT. 2015

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M. Sistemas de coordenação de ordens: revisão, classificação, funcionamento e aplicabilidade. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, Vol.14, n.2, 2007.

FERREIRA, A. .; REIS, A. C. F.; PERREIRA, M. I. **Gestão Empresarial: de Taylor aos Nossos Dias: Evolução e Tendências da Moderna Administração de Empresas**. São Paulo: Pioneira, p, 150-154. 2002.

FERREIRA, Cândido Guerra. O "Fordismo", sua crise e algumas considerações sobre o caso Brasileiro. **Nova Economia**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 165-201, jan. 1997. Disponível em:
<https://EconPapers.repec.org/RePEc:nov:artigo:v:7:y:1997:i:2:p:165-201>. Acesso em: 11 jun. 2020.

FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; LANTELME, E. M.; SOIBELMAN, L. **As Perdas na Construção Civil: conceitos, classificações e seu papel na melhoria do setor**. Porto Alegre, UFRGS, 1996.

FORMOSO, C. T., SOIBELMAN, L., DE CESARE, C.; Isatto, E. L. Material waste in building industry: Main causes and prevention. **Journal of Construction Engineering and Management**, Vol. 128, n. 4, p. 316–325. 2002

FORMOSO, Carlos T., 2002, **Lean construction: princípios básicos e exemplos**. Disponível em: <http://piniweb.pini.com.br/construcao/noticias/lean-constructionprincípios-básicos-e-exemplos-80714-1.aspx>. Acesso em: 03 jul. 2020.

FORMOSO, Carlos. T. **Lean Construction: Princípios Básicos e Exemplos**. Porto. Alegre: Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

FRADSON, A., BERGHEDE, K.; TOMMELEIN, I. D. Takt Time Planning for Construction of Exterior Cladding *In: ANUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 21., 2013. Fortaleza, CE. **Anais[...]** Fortaleza: IGLC, 2013.

FREEMANN, C. Introdução *In: DOSI, Giovanni et al. Technical change and economic theory*. London: Printer Publishers, p.1-12, 1988.

FREITAS, A. L. C.. A Engenharia de produção no setor Artesanal. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 26., 2006. Fortaleza, CE. **Anais[...]**Fortaleza: ENEGEP, 2006

GAFFURI, Alessandra B.; REHME, Carlos J.; TEIXEIRA, Ferrari S. Diretrizes para gerenciamento dos requisitos do cliente e agregação de valor ao processo de projeto. **Colloquium Socialis**. Vol. 2, n. 1, p. 39-44, 2018.

GAMBIRASIO JR., I. **Mapeamento do fluxo de valor**. Apresentação no Lean gerenciando Organizações. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

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

GHINATO, Paulo. Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time. **Prod. [online]**. Vol. 5, n. 2, p. 169-189. 1996.

GLIMMERVEEN, Henk,; JOHANSEN, Eric,; VRIJHOEF, Ruben. Understanding Lean Construction and How it penetrates the industry: a comparison of the dissemination of lean within the UK and the Netherland. *In: ANNUAL MEETING OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 10., 2002. Gramado, RS. **Anais[...]** Gramado: IGLC, 2013

GOLDRATT, E. M.; **Mais que Sorte: um Processo de Raciocínio**. São Paulo: Editora Educator, 1994.

GONÇALVES, Pedro Guilherme F. **Estudo e análise da metodologia Lean Construction**. 2014. Dissertação (Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. 2014.

GONZALEZ, E. F. **Aplicando o 5S na construção Civil**. 2. ed. Florianópolis, UFSC, 2009. 134 p.

GONZALEZ, E. F.; JUNGLES, A. E. 5S's no canteiro de obra de um conjunto habitacional. *In: ENCONTRO TECNOLÓGICO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA 5S*, 2., 2002. Maringá, PR. **Anais[...]** Maringá, ENTECA, 2002

GOODMAN, P. **La des-educacion obligatoria**. Espanha: Editorial Fontanella, 1976.

GREIF, Michel. **The Visual Factory: Bulding Participation Throught Information**. 1 ed. USA: Productivity Press, 1991.

GRENHO, Luís Filipe Santos. **Last Planner System e Just in Time na construção**. 2009. 126p. Dissertação (Mestrado em construções) - Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto, PT. 2009.

GRYNA, Frank M.; JURAN, Joseph Moses. **Juran controle da qualidade**. São Paulo: Firelli, 1992.

HANIFF, A. P.; OGUNLANA, S. O. Towards a Theory of temporary multi-organisations for Project success. *In: WORKING PAPER PROCEEDINGS: ENGINEERING PROJECT ORGANIZATIONS CONFERENCE, 2015*, Edinburgh, United Kingdom **Proceedings...** Edinburgh, United Kingdom, 2015.

HARRIS F.; MCCAFFER, R. **Modern Construction Management**. 7 ed. John Willey and Sons. 2013.

HARRIS, Rick; HARRIS, Chris; WILSON, Earl. **Fazendo fluir os materiais**. 1 ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, Maio 2004.

HICKS, Ben. Lean information management: Understanding and eliminating waste. **International Journal of Information Management**, Vol.27, n. 4, p. 233-249, ago. 2007.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean: A guide to implementation**. 1 ed. Cardiff: Lean Enterprise Research Centre, 2000. 56 p.

HOPP, W.; SPEARMAN, M. L.. *Factory Physics*. Boston: Irwin, 2011. Este é 2001.

HORÁCIO, Jorge. **Zero Defeitos – Linha do Tempo**. 2017. Disponível em: <https://jorgeaudy.com/2017/03/02/qualidade-e-gratis-philip-bayard-crosby/zero-defeitos-linha-do-tempo/>. Acesso em: 30 jun. 2020.

HOWELL, Gregory. What is Lean Construction. *In: CONFERENCE OF THE INTERNACIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 7., 1999, Berkeley, CA. **Anais[...]** Berkeley: IGLC, 1999.

HOWELL, Gregory.; BALLARD, Glen. Can project controls do its job. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*. 4., 1996, Birmingham, UK. **Anais[...]** Birmingham, 1996.

ICHIHARA, Jorge de Araujo. **Um método de solução heurístico para a programação de edifícios dotados de múltiplos pavimentos-tipo**. 1998. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998.

IMAM. **Poka Yoke: métodos à prova de falhas**. São Paulo: Instituto IMAM-INSTITUTO LEAN. São Paulo, 2003.

ISATTO, Eduardo L.; FORMOSO, Carlos T.; Cláudia M.; HIROTA, Ercília H. Method for waste control in the building industry. *In: ANNUAL MEETING OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 7., 1999. Berkeley, CA. **Anais[...]** Berkeley, CA. 1999.

ISATTO, Eduardo L.; FORMOSO, Carlos T.; DE CESARE, Cláudia M.; HIROTA, Ercília H.; ALVES, Thaís C.L. Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. **Série SEBRAE Construção Civil**. Porto Alegre, RS. Vol 5. 2000.

IWAYAMA, H.: **Basic Concept of Just-in-time System, mimeo**. Curitiba: IBQP, 1997

JOSEPHSON, P. E.; SAUKKORIIPI, L. Waste in construction projects. Call for a new approach. The centre for Management of the Built Environment, **Building Economics and Management**, Goteborg, 2005.

JUANFANG, L.; XING, L. Application of Lean Construction in Quality Management of Engineering Projects. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON E-BUSINESS AND E-GOVERNMENT (ICEE)*. 2011. **Anais[...]** China: IEEE, p. 1–4.

JUNQUEIRA, Luiz Eduardo Lollato. **Aplicação da Lean Construction para redução dos custos de produção da Casa 1.0®**. 2006. Dissertação (Especialização em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

KPAMMA, E. Z.; ADJEI-KUMI, T. Construction permits and flow of projects within the Sunyani Municipality, Ghana. *In: 21ST ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 21. , 2013. **Anais[...]**

IGLC, 2013. p.40–49.

KANKAINEN, Jouko.; SEPPANEN, Olli. Empirical research on deviations in production and current state of Project Control. *In: CONFERENCE OF THE INTERNAKTIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 12., 2004. Helsingor. **Proceeding[...]** Helsingor, Denmark, 2004.

KAUARK, F. da S.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C.H. **Metodologia da pesquisa: um guia prático**. 1. ed. Itabuna, BA: Via- Litterarum, 2010. 96 p.

KENLEY, R.; SEPPANEN, O. Location-based Management of Construction Projects: Part of a New Typology for Project Scheduling Methodologies. *In: WINTER SIMULATION CONFERENCE. Proceedings...* 2009.

KOSAKA, G.I. **Jidoka**.2006. Diponivel em: <https://www.lean.org.br/artigos/102/jidoka.aspx>. Acesso em: 23 jul. 2020

KOSKELA, L. An exploration towards a production theory and its application to construction. **VTT Publications**, n. 408, 2000.

KOSKELA, Lauri. **Application of the new production philosophy to construction**. CIFE, Technical Report #72. Stanford University, Palo Alto, California, 1992.

KOSKELA, Lauri. Lean Production in Construction. *In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*. 1994, Santiago, Chile. **Proceedings[...]** Santiago, Chile, 1994.

KRUPKA, D. C. Time as a Primary System Metric. *In: Heim, Joseph A. & Compton, W. Dale (ed.). 1992. Manufacturing systems: foundations of world-class practice*. National Academy Press, Washington, DC. Pp. 166 – 172. 1992.

Heim, J. and W. D. Compton. “Manufacturing systems : foundations of world-class practice.” (1992).

LAGE, M.; GODINHO, M. Variations of the Kanban System: Literature Review and Classification. **Jornal of Production Economics**. Vol. 125, n. 1, p. 13-21. 2010

LEITE, Diogo Nuno Martins de Saramago. **Eficiência no processo construtivo: Avaliação das perspectivas dos intervenientes na obra no âmbito dos conceitos da Lean Construction**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)– Faculdade de engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal.

LEMOS, C. Inovação na era do conhecimento. **Parcerias Estratégicas**, Vol. 01, n. 08, p.157-179, 2000.

LIKER, J.K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKER, Jeffrey K. **The Toyota Way: 14 Management Principles From the World's Greatest Manufacturer**. 1. ed. New York: McGraw-Hill, 2004.

LIKER, Jeffrey K.; MEIER, David. **O Modelo Toyota: manual de aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LIN, Fu-ren.; SHAW, Michael, J. "Reengineering the order fulfilment process in supply chain networks". **International Journal of Flexible Manufacturing Systems**. Vol 10, 197–229. 1998.

LIPIETZ, Alain; LEBORGNE, Danielle. O pós-fordismo e seu espaço. **Espaço & Debates**, São Paulo: NERU, Vol. 8, n. 25, p. 12-29, 1988.

LORENZON, Itamar Aparecido. **A medição de desempenho na construção enxuta: estudos de caso**. 2008. 219f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

LOSSO, I. R.; ARAÚJO, H. N. Aplicação do Método da Linha de Balanço: Estudo de Caso. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUIDO*. 6., 1995. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Vol.1, p. 149-154. 1995.

LUBBEN, Richard, T. **Just in time**: uma estratégia avançada de produção. São Paulo: McGraw- Hill, 1989.

MACOMBER, H.; HOWELL, G. 2004. The Two Great Wastes in Organizations. *In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 12., Helsingor, 2004. **Proceedings[...]** Helsingor, 2004.

MADERS, Berenice. **Técnica de programação e controle da construção repetitiva –linha de balanço – estudo de caso de um conjunto habitacional**. 1987. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1987.

MAGALHAES, Iara de A.; SOUZA, Leonardo V. F.; VOLTA, Claudia B. Aplicação do método de balanço no planejamento e controle de obras com atividades repetitivas. *In: SEPA – SEMINARIO ESTUDANTIL DE PRODUÇÃO ACADEMICA*.13., 2014. **Proceeding[...]** UNIFACS, 2014.

MAGEE, David. **O segredo da Toyota** - Lições de liderança da maior fabricante de automóveis do mundo. 1 ed. Elsevier, 2008.

MANAVIZADEH Neda.; HOSSEINI, Nilufar.; RABBANI, Masoud.; JOLAI, Fariborz. A Simulated Annealing algorithm for a mixed model assembly U-line balancing type-I problem considering human efficiency and Just-In-Time approach. **Computers & Industrial Engineering**. Vol. 64. p. 669–685. 2013.

MARSHALL JUNIOR, Isnard, CIERCO, Agliberto Alves; ROCHA, Alexandre Varanda e MOTA, Edmarson Bacelar. **Gestão da Qualidade**. 3ª ed. Rio de Janeiro: FGV, 2004.

MASTROIANNI, R.; ABDELHAMID, T. The challenge: the Impetus for Change to Lean Project Delivery. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION*, 13., 2003. Blacksburg, VA. **Proceedings[...]** Editora: Virginia Tech, 2003, p. 610-621.

MATTILA, K.; ABRAHAM, D. Resource Leveling of Linear Schedules Using Integer Linear Programming. **Journal of Construction Engineering and Management**. Vol. 124, p. 232-244. 1998.

MATTOS, Aldo Dorea. **Planejamento e controle de obras**. 1. ed. São Paulo: PINI, 2010.

MAYNARD, H.B. **Manual de Engenharia de Produção – Seção 5: Padrões de tempos elementares pré-determinados**. São Paulo: Edgard Blücher, 1970.

MENDES Jr., R; VARGAS, C. L. S. **Programação de Obras com a técnica da Linha de Balanço**. Apostila do curso de Programação de Obras. Cursos de Especialização de Engenharia Civil – Construção Civil, Universidade Federal do Paraná Curitiba, 1999.

MENDES, Jaqueline. De volta à estaca zero. **Isto é Dinheiro**. Vol. 1197, p. 13-11, 2020.

MERINO, Eugenio Andrés Diaz.; TEIXEIRA, Julio Monteiro. Gestão visual de projetos: uma proposta para facilitar o processo de design. **Blucher Design Proceedings**. Vol. 1, n. 4, 2014.

MERLE, Alexandre. **Analyse de l'implantation d'outils de lean construction au chantier**. Montreal: Library and Archives Canada, 2012.

MIRON, Luciana Inês Gomes. **Proposta de Diretrizes para o Gerenciamento dos Requisitos do Cliente em Empreendimentos da Construção**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)– Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.

MONDEN, Yasuhiro. **Produção sem estoques**: uma abordagem prática ao sistema de produção da Toyota. São Paulo: IMAM, 1984.

MOSSMAN, Alan. Why isn't the UK construction industry going lean with gusto. **LeanConstruction Journal**. Vol. 5, n. 1, p. 24-36. 2009.

MOTTA, Fabrício V. **Avaliação ergonômica de postos de trabalho no setor de pré-impressão de uma indústria gráfica**. 2009. Trabalho e Conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG 2009.

MOURA, B.. **A aplicação pratica dos 11 princípios da construção enxuta**. 2015. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/aplica%C3%A7%C3%A3o-pr%C3%A1tica-dos-11-princ%C3%ADpios-da-constru%C3%A7%C3%A3o-enxuta-moura-6079623308276490240/>. Acesso em: 18 jul. 2020

MOURA, R. A.; BANZATO, J. M.. **Jeito Inteligente de Trabalhar**. São Paulo: Iman, 1994.

NOVAES, A.G. Benchmarking rapid-transit services with Data Envelopment Analysis. In: CONGRESSO CHILENO DE INGENIERIA DE TRANSPORTE, 8., 1997. **Anais...**Santiago, Chile, 1997. Vol 1. p. 175-187.

- OGAYAR, Juan Jose; GALANTE, Juan torrubiano. Guía Lan Management: mejorar los procesos para ser más competitivos. *In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO.10.*, 2014. **Proceedings[...]** Empresarial de les Iles Balears. 2014.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala.** Bookman, Porto Alegre, RS. 1996.
- OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de produção: Alem da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997.
- OHNO, Taiichi. **Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production.** 1 ed. Portland, OR: Productivity Press,1988.
- OLIVEIRA, Danielle; LIMA, Munique; MEIRA, Alexandra. Identificação das ferramentas da Lean Construction nas construtoras de João Pessoa - PR. *In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2.*, 2007, João Pessoa **Proceeding[...]** João Pessoa, 2007.
- OLIVEIRA, Pablo Lustosa. **Análise dos Sete Desperdícios da produção em um abatedouro de aves.** 2016. Dissertação (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade de Brasília. Brasília, DF. 2016.
- OSADA, T. **5S's: cinco pontos-chaves para o ambiente da qualidade total.** 3. ed. São Paulo: IMAM, 1992.
- PACHECO, Ana Paula Reusing et al. **O ciclo PDCA na gestão de conhecimento: uma abordagem sistemática.** 2013. Disponível em: <http://issbrasil.usp.br/artigos/ana.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2020.
- PAEZ. O.; SALEM. S.; SOLOMON J. Moving from Lean Manufacturing to Lean Construction. **Toward a Common Sociotechnological Framework.** Vol. 15, n. 2, p. 233-245, 2015.
- PICCHI, Flavio Augusto. Oportunidades da aplicação do Lean Thinking na construção. **Ambiente Construído.** Vol. 3, n. 1, p. 7-23. 2003
- PICCHI, Flavio Augusto. Ten strategic planning problems hoshin kanri can solve. **Planet Lean - The lean global network journal**, p. 1 - 1. 2017.
- PINHEIRO, L. M. P.; TOLEDO, J. C. **Lean Thinking e Lean Manufacturing.** 2014. Disponível em: [.http://www.gepeq.dep.ufscar.br/wp-content/arquivos/LEAN%20THINKING%20E%20LEAN%20MANUFACTURING%20-%20larissa%20e%20toledo.pdf](http://www.gepeq.dep.ufscar.br/wp-content/arquivos/LEAN%20THINKING%20E%20LEAN%20MANUFACTURING%20-%20larissa%20e%20toledo.pdf). Acesso em: 18 jun.2020.
- PLOSSL, George w. **Production and Inventory Control: Principles and techniques.** 2 ed. Prentice Hall. 1989.
- QUINQUILO, José M. **Avaliação da eficácia de um sistema de gerenciamento paramelhorias implantado na área de carroceria de uma linha de produção automotiva.** 2001. 110 f. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) – Universidade de Taubaté. Taubaté, SP. 2001.

RAMASWAMY, V. Leading The Transformation To Co-Creation Of Value. **Strategy & Leadership**, Emerald Group Publishing Limited. Vol. 37, n. 2, p. 32-37. 2009.

ROCHA, Francisko; HEINECK, Luiz F.; RODRIGUES, Izabel T. de; PEREIRA, Pedro E. **Logística e Lógica na Construção Lean**: um processo de gestão transparente na construção de edifícios. Fortaleza: Fibra Construções Ltda, 2004.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando o fluxo contínuo**: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. 1 ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.

ROTHER, Mike.; SHOOK, Jhon. **Aprendendo a Enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a Enxergar**: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SABINO, G.. **PDCA é um método ou uma ferramenta**. 2015. Disponível em: <https://radardeprojetos.com.br/pdca-e-um-metodo-ou-uma-ferramenta/>. Acesso em: 16 ago 2020.

SAIA, Rafael. **O Lean Manufacturing aplicado em ambientes de produção Engineer to order**. 2009. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em engenharia de Produção Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo – USP. São Carlos, SP. 2009.

SALEM, O. et. al. Lean Construction: From Theory to Implementation, **J. Manag. Eng.** Vol. 22, n. 4. P. 168-175. 2006.

SALES, Matias. **Diagrama de Pareto**. 2013. Disponível em: [file:///D:/Meus%20Documentos/Desktop/Sales%20\(2013\).pdf](file:///D:/Meus%20Documentos/Desktop/Sales%20(2013).pdf). Acesso em: 14 fev. 2020.

SANTOS, Aguinaldo dos. **Application of flow principles in the production management of construction sites**. 1999. 436 f. Tese (Doutorado em filosofia) – School of Construction and Property Management, University of Salford, Salford, 1999.

SANTOS, Aguinaldo; POWELL, James. Potential of poka-yoke devices to reduce variability in construction. *In*: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. 7., 1999, Berkeley. **Proceeding[...]** Berkeley, 1999.

SARCINELLI, Wanessa Tatiany. **Construção enxuta através da padronização de tarefas e projetos**. 2008. Monografia (Especialização em Construção Civil) , Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. Vitória, ES. 2008.

SARHAN, Saas.; PASQUIRE, Christine.; KING, Andrew. Institutional waste within the construction Industry: na outline. *In*: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. 22., 2014. Oslo. **Proceeding[...]** Oslo, Norway, 2014.

SARI, Rheysa Permata. Integration of Key Performance Indicator into the Corporate Strategic Planning: Case Study at PT. Inti Luhur Fuja Abadi, Pasuruan, East Java, Indonesia. **Agriculture And Agricultural Science Procedia**. Vol. 3, p.121-126, 2015.

SAYER, Andrew. New Developments in Manufacturing: The just-in-time system. **Capital and Class**. Vol. 30, p. 43-72, 1986.

SCHERER, F. O.; CARLOMAGNO, M. S. **Gestão da Inovação na Prática**. 2. ed. Sao Paulo, SP: Atlas, 2016.

SHARMA, A. Moody. **A Máquina Perfeita: Como vencer na nova economia produzindo com menos recursos**. 1ª Ed. São Paulo: Pretince Hall, 2003

SHINGO, S. **The Shingo Production Management System: improving process functions system**. Cambridge: Productivity Press ,1992.

SHINGO, S. **Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-yoke System**. Cambridge, MA: Productivity Press, 1986.

SHOOK, Y. Bringing the Toyota Production System to the United States: A Personal Perspective. In: LIKER, J. (org.): **Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers**. Productivity, Portland, EUA, 1998.

SILVA, D. C. **Metodologia de análise e solução de problemas: curso de especialização em qualidade total e marketing**. Florianópolis: Fundação CERTI, 1995.

SILVA, Eduardo S. O.; MARAFON, Glaucio Jose.; SEABRA, Rogerios dos S. **O desencanto da terra: Produção de alimentos, ambiente e sociedade**. Rio de Janeiro: Garamond. 2011.

SILVA, F. B.; CARDOSO, F. F. A Importância da logística na Organização dos Sistemas de produção de edifícios. **ENTAC**. Vol. 2, p. 277-285, 1998.

SIPPER, D.; BULFIN, R. **Production: Planning, Control, and Integration**. New York: McGraw-Hil. 1997.

SIQUEIRA, Diana. **Guia Prático para implementação do Last Planner System na construção**. 2017. Disponível em: <https://blogs.autodesk.com/mundoaec/guia-pratico-para-implementacao-do-last-planner-system-na-construcao/>. Acesso em: 20 mar, 2020.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3 ed. São Paulo: Atlas. 2009.

SLACK, Nigel. et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

SLACK, Nigel. **Vantagem Competitiva em Manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais**. São Paulo: Atlas, 1993.

SMALLEY, Art. The Starting Point for Lean Manufacturing: achieving basic stability. **Management Services**. Vol. 49, n. 4, p. 8-12, 2005.

- SOUZA, Leiliane Santana. **Investigação de ações relativas a construção enxuta em construtoras Goianas**. 2010. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO. 2010.
- STARR, Martin K. A discussion of Some normative criteria for Decision-Making Under Uncertainty. **Industry Management Review**. Vol. 8, n. 1. 1966.
- SUZAKI, Kiyoshi. **The new manufacturing challenge**: techniques for Continuous Improvement. New York: Free Press, 1987.
- TBM CONSUNTING GROUP. Disponível em: [http:// www.tbmcg.com](http://www.tbmcg.com). Acesso em: 31 novembro 2020.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. São Paulo: Cortez, 1986.
- TONIN, L. A. P.; SCHAEFER, C. O. Diagnóstico e Aplicação da Lean Constructionem Construtora. Anais do In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO- ENEGEP. 2013. Salvador, BA. **Anais...** Salvador: ABEPRO, 2013. Disponível em :<
http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_tn_stp_177_013_21856.pdf>. Acesso em: 14 ago.2020
- TORRES, JR. Alvaír Silveira. **Sistema Puxado JIT/Kanban**. 2017. Disponível em: <https://www.slideshare.net/RogérioRiedoPicilli/jit-kanban-calcular>. Acesso em: 14 out. 2020.
- TSAO, C.Y.; TOMMELEIN, I.D.; SWANLUND, E.; Howell, G.A. “Case study for work structuring: installation of metal door frames”. *In*: ANNUAL CONFERENCE THE INST’L GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 8., Brighton, U.K. 2009. **Proceedings...** Vico Software Inc., Boulder, CO. 2009.
- UMSTOT, David. **Lean Project Delivery Through Design-Build**. 2015. Disponível em: [http://dbiawpr.org/dbia6/assets/File/Hawaii%20DBIA%20Chapter%20-%20Lean%20Project%20Delivery%20Through%20Design%20Build%207April2015.p df](http://dbiawpr.org/dbia6/assets/File/Hawaii%20DBIA%20Chapter%20-%20Lean%20Project%20Delivery%20Through%20Design%20Build%207April2015.pdf) . Acesso em 18 Mai. 2020.
- VATNE, Mats Erick.; DREVLAND, Frode. Practical Benefits of Using Takt Time Planning: A Case Study *In*: ANUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION. 24., 2016, Boston, Massachusetts, USA, **Anais[...]** Boston, Massachusetts, USA, 2016.
- VIEIRA, Mauricio Garcia. **Aplicação do mapeamento do fluxo de valor para avaliação de um sistema de produção**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2006.
- VILLALVA, Guillermo Maldonado. Herramientas y técnicas lean manufacturing en sistemas de producción y calidad. **Universidade Autónoma del Estado de Hidalgo**. Vol. 2, n. 5, p.1-136, 2008.
- WERKEMA, M.C.C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

WIGINESCKI, Beatriz Becker. **Aplicação dos princípios da construção enxuta em obras pequenas e de curto prazo: um estudo de caso.** Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, PR. 2009.

WISNER, A. **Por dentro do trabalho.** São Paulo: Oboré, 1987

WOOD JUNIOR, Thomaz. Fordismo, Toyotismo e Volvismo: os caminhos da indústria em busca do tempo perdido. **RAE- Revista de Administração de Empresas.** Vol. 32, n. 4, 1992.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo:** baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, James. P.; JONES, Daniel. T. **A mentalidade enxuta nas empresas Lean Thinking:** elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2004.

WOMACK, James. P.; JONES, Daniel. T. **Lean thinking:** Banish waste and create wealth in your corporation. 1 ed. New York: Simon & Schuster, 1996.

WOMACK, James. P.; JONES, Daniel. T. **Lean thinking:** banish waste and create wealth in your corporation. 2 ed. New York: Free press, 2003.

WOMACK, James. P.; JONES, Daniel, T. **A mentalidade enxuta nas empresas:** Elimine o desperdício e crie riqueza. 5 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

ZANOTTI, Nero. **Os 11 princípios do lean construction: a filosofia de produção que esta mudando a construção civil.** 1 ed. Instituto de Engenharia. 2018 .
Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/70215217/ebook-os-11-principios-do-lean-construction>. Acesso em: 16 mai. 2020.

ZEGARRA, Sofia Lilianne Villagarcia. **Diretrizes para a elaboração de um modelo de gestão de fluxos de informações como suporte à logística em empresas construtoras de edifícios.** 2000. 214 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.