



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil
Curso de Graduação em Engenharia Civil



Petrus Mário Gutierrez

**ESTUDO DE CASO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA
LAST PLANNER SYSTEM E UM *PULL PLANNING* EM UMA
OBRA DE INFRAESTRUTURA**

Ouro Preto

2021

Estudo de Caso da aplicação da metodologia *Last Planner System* e um *Pull Planning* em uma obra de infraestrutura

Petrus Mário Gutierrez

Trabalho Final de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Engenheiro Civil na Universidade Federal de Ouro Preto.

Data da aprovação: 07/01/2022

Área de concentração: Planejamento e Gestão de Obras

Orientador: Prof^a. Doutora Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza – UFOP

Ouro Preto

2021

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

G984e Gutierrez, Petrus Mário.

Estudo de caso da aplicação da metodologia last planner system e um pull planning em uma obra de infraestrutura. [manuscrito] / Petrus Mário Gutierrez. - 2022.

58 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Doutora Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Civil .

1. Controle de produção. 2. Projeto e construção - Construção Enxuta. 3. Last Planner System (LPS). 4. Planejamento - Pull Planning. I. Souza, Doutora Clarisse da Silva Vieira Camelo de. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 624

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ADMINISTRAÇÃO E ECON



FOLHA DE APROVAÇÃO

Petrus Mário Gutierrez

Estudo de Caso da aplicação da metodologia *Last Planner System* e um *Pull Planning* em uma obra de infraestrutura

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil

Aprovada em 07 de Janeiro de 2022

Membros da banca

[Dra.] - Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
[Dr.] - Fernando Antônio Borges Campos - (Universidade Federal de Ouro Preto)
[Dra.] - Irce Fernandes Gomes Guimarães - (Universidade Federal de Ouro Preto)
[Bel.] - Leandro Horta de Cássia - (Product Management Office)

Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 07/01/2022



Documento assinado eletronicamente por **Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/01/2022, às 14:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0265725** e o código CRC **27A61E1C**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.000203/2022-15

SEI nº 0265725

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: 3135591540 - www.ufop.br

Dedico este trabalho aos meus pais,

Pela minha criação,

Pela educação e

Pelo suporte.

Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe e minha irmã por serem meu ponto de apoio e incentivo durante toda graduação. À Bruna pelo suporte e conselhos nos momentos mais difíceis em Ouro Preto. Aos meus irmãos da República Jardim de Alah pelo dia a dia e aprendizados que levarei para a vida.

Além disso, gostaria de agradecer ao Centro Acadêmico de Engenharia Civil (CAEC) e Curso Prático de Obras (CPO) pelas experiências acadêmicas incríveis proporcionadas. Por fim, a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) pelo ensino gratuito e de qualidade. E viva a Escola de Minas!

RESUMO

Em cenários de crises econômicas e restrições de mercado, empresas têm de se adaptar a escassez de recursos e trabalhar de forma mais eficiente, eliminando desperdícios em suas cadeias produtivas. Tendo isso em vista, surge a proposição de uma construção enxuta em meados da década de 1990 com princípios que mais tarde deram origem ao *Last Planner System*, o qual visa melhor controle do planejamento da construção civil, engenharia e arquitetura. Este novo sistema foi desdobrado e esmiuçado através de um estudo de caso das rotinas de uma Empresa X para gestão interna, a fim de entregar com qualidade dentro dos prazos e custos os objetivos previamente acordados junto ao cliente. Além disso, a análise de dados obtidos na aplicação de um *Pull Planning* em uma obra de infraestrutura dessa empresa comprova a eficácia de técnicas *pull* propostas pelo *Last Planner*.

Palavras-chaves: planejamento e controle da produção, Construção Enxuta, *Last Planner System*, *Pull Planning*.

ABSTRACT

In scenarios of economic crisis and market restrictions, companies have to adapt to the scarcity of resources and work more efficiently, eliminating waste in their production chains. With this in mind, the proposal of lean construction emerged in the mid-1990s, with principles that later gave rise to the Last Planner System, which aims to better control civil construction, engineering and architecture planning. This new system was unfolded through a case study of the routines of a Company X for internal management, in order to deliver with quality, within deadlines and costs the objectives previously agreed with the client. Furthermore, the analysis of data obtained from the application of a Pull Planning in an infrastructure work of this company proves the effectiveness of pull techniques proposed by Last Planner.

Keywords: planning and production control, Lean Construction, Last Planner System, Pull Planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de processo convencional	16
Figura 2 - Os sete desperdícios identificados em um processo	18
Figura 3 - Modelo de fluxo de processo	19
Figura 4 - Princípios do <i>Lean Construction</i>	20
Figura 5 – Os cinco sentidos derivados das palavras japonesas seiri, seiton, seiso, seiketsu e shitsuke	24
Figura 6 - Ciclo PDCA.....	25
Figura 7 - Formação de atribuições no processo de planejamento do "último planejador"	29
Figura 8 - Níveis de planejamento	29
Figura 9 - Exemplo de modelo de planejamento <i>lookahead</i>	31
Figura 10 – Exemplo de planejamento de curto prazo	33
Figura 11 - Mapa da Cidade B, subdividida em: Acesso Principal, Área 01, Área 02, Área 03 e Área 04.....	36
Figura 12 - Implementação do <i>Last Planner System</i> e aplicação do PDCA.....	37
Figura 13: Formação de atribuições (DEVE-PODE-VAI-FEZ) no processo de <i>Last Planner System</i>	38
Figura 14 – Cronograma de proposta definindo finalizações das áreas da Cidade B....	39
Figura 15 – Cronograma de <i>Pull Planning</i> proposto.....	40
Figura 16: exemplo de painel da 6WLA	41
Figura 17 – Planilha de controle de ações/restrições	42
Figura 18 – exemplo de Painel de Ações e Restrições levantadas nas reuniões de 6WLA.....	42
Figura 19 – exemplo de folha tarefa com os serviços a serem executados diariamente	43
Figura 20 - exemplo de quadro de check-out, gráfico de PPC diário e plano de ação...	44
Figura 21 – cronograma simplificado gerado pelo <i>pull planning</i>	47
Figura 22 - linha do tempo suprimentos	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo Convencional X Enxuto.....	27
Tabela 2 – Escopo considerado no <i>pull planning</i>	46
Tabela 3 – Traço da equipe de sarjeta com base de CPU e o real ajustado	46
Tabela 4 - histograma de mão de obra gerado a partir do <i>pull planning</i>	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Tipos de atividades do fluxo produtivo	21
Gráfico 2 - PPC apurado semanalmente	48
Gráfico 3 - PPC apurado semanalmente	48

LISTA DE SIGLAS

PCP – Planejamento e Controle de Produção

STP – Sistema Toyota de Produção

JIT – *Just In Time*

TQC – *Total Quality Control*

LPS – *Last Planner System*

6M – Mão de obra, material, método, máquina, meio ambiente e medida

6WLA – *Six Week Lookahead*

KPI – *Key Performance Indicators*

PPC – Porcentagem Programada Concluída

CPU – Composição de Preço Unitário

1 Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS.....	12
1.2	METODOLOGIA.....	13
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2	PLANEJAMENTO TRADICIONAL	14
2.1	APLICAÇÃO DO PCP CONVENCIONAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL E DIFICULDADES.....	16
3	LEAN CONSTRUCTION.....	18
3.1	PRINCÍPIOS.....	20
3.1.1	REDUÇÃO DO PERCENTUAL DE ATIVIDADES QUE NÃO AGREGAM VALOR	20
3.1.2	AUMENTO DO VALOR AGREGADO ATRAVÉS DA SISTEMÁTICA DE CONSIDERAÇÃO DOS REQUISITOS DO CLIENTE.....	22
3.1.3	REMOÇÃO DE RESTRIÇÕES	22
3.1.4	REDUÇÃO DO TEMPO DE CICLO	22
3.1.5	SIMPLIFICAÇÃO E MINIMIZAÇÃO DO NÚMERO DE ETAPAS	23
3.1.6	AUMENTO DA FLEXIBILIDADE DE SAÍDA	23
3.1.7	AUMENTO DA TRANSPARÊNCIA DO PROCESSO	23
3.1.8	CONTROLE DO PROCESSO EM TODAS SUAS ETAPAS	24
3.1.9	MELHORIA CONTÍNUA.....	24
3.1.10	BALANCEAMENTO DE MELHORIAS NO FLUXO E NAS CONVERSÕES	25
3.1.11	<i>BENCHMARK</i>	26
3.2	MODELO CONVENCIONAL x MODELO ENXUTO	26

4	LAST PLANNER SYSTEM.....	28
4.1.1	PLANEJAMENTO INICIAL.....	30
4.1.2	<i>PHASE SCHEDULING</i> , APLICAÇÃO DE TÉCNICAS <i>PULL</i>	30
4.1.3	PLANEJAMENTO <i>LOOKAHEAD</i>	31
4.1.4	PLANEJAMENTO DE COMPROMETIMENTO.....	32
5	O PROJETO	35
5.1	LPS NO EMPREENDIMENTO	37
5.1.1	CRONOGRAMA GERENCIAL.....	39
5.1.2	PULL PLANNING	39
5.1.3	SIX WEEK LOOKAHEAD.....	41
5.1.4	PROGRAMAÇÕES SEMANAIS.....	43
5.1.5	REUNIÕES DIÁRIAS	44
5.1.6	TORRE DE CONTROLE.....	44
6	<i>PULL PLANNING</i> ELABORADO.....	45
6.1	QUANTIDADES E DADOS.....	45
7	ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS OBTIDOS.....	48
7.1	HISTOGRAMA DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS	49
7.2	LINHA DO TEMPO DE SUPRIMENTOS.....	50
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
9	REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é tida como um setor-chave para o desenvolvimento brasileiro devido ao seu tamanho e por ser estrategicamente importante, uma vez que gera rendas, empregos e tributos, exercendo forte impacto na economia do país (TEIXEIRA e CARVALHO, 2005). Como prova disso, sua representatividade atual no produto interno bruto (PIB) Nacional é de 7%, de acordo com a Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRAINC).

Entretanto, assim como a economia brasileira, a construção civil também sofre momentos de crise, como é o caso recente da crise desencadeada pela pandemia da COVID-19 que assolou o mundo todo. Nesses momentos de restrições de mercado – baixa demanda de projetos e matérias primas escassas e caras – que as empresas do setor têm de se reinventar para sobreviver e, para isso, devem ser mais eficientes eliminando desperdícios em suas cadeias produtivas.

Em busca de novos sistemas de planejamento e controle da produção dentro da construção civil, área pouco abordada ao longo do curso, a qual é muitas vezes negligenciada dentro das empresas, mas merece maior ênfase nos projetos para melhor desempenho do setor, a presente monografia traz à luz o *Last Planner System*, em oposição ao sistema tradicional de planejamento.

Este sistema propõe melhor gestão de recursos nos âmbitos da construção, arquitetura e engenharia. Ou seja, uma metodologia baseada nos princípios da Construção enxuta, que visa um planejamento consistente com técnicas *pull* e um controle eficiente da produção de uma obra, a fim de se cumprir com qualidade os prazos e custos combinados junto ao cliente.

1.1 OBJETIVOS

Sendo assim, o objetivo desta monografia é destrinchar os conceitos de planejamento e controle da produção, partindo do seu sistema tradicional utilizado e contrapondo-o à construção enxuta e seus princípios, dos quais se baseou o sistema do *Last Planner*.

Além disso, será proposta uma reflexão sobre a utilização das metodologias citadas, descrevendo e apresentando dados de um estudo de caso de uma obra de infraestrutura.

1.2 METODOLOGIA

A metodologia adotada para o neste trabalho foi a análise de um estudo de caso, um procedimento que visa a coleta, exploração e investigação de dados de um tema a partir de um caso específico, contextualizado em tempo e local (VENTURA, 2007).

Para coleta de dados foram realizadas visitas *in loco*, com o intuito de adquirir informações relevantes para as análises futuras. A execução das atividades foi observada e várias reuniões, com todos os departamentos da empresa, foram realizadas, ao longo do período de um ano – de outubro de 2020 a outubro de 2021. Durante este prazo, foram estabelecidos parâmetros de eficiência e produtividade e, a partir daí, o planejamento foi sendo definido.

Logo, o presente trabalho visa desdobrar e analisar os temas citados através de um estudo de caso da experiência vivida pelo autor, durante o período definido, em uma empresa, aplicando os conceitos do Last Planner System e PullPlanning em uma obra de infraestrutura.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Em busca de um melhor entendimento dos temas, no início da monografia foi feita uma revisão teórica conceituando, primeiramente, o sistema tradicional de planejamento.

Posteriormente, foi feita uma ampla pesquisa na literatura de um novo sistema de gestão: o *Lean Construction* e todos seus princípios, comparando-o ao sistema citado anteriormente. Partindo desses princípios, o Last Planner System – tema central deste trabalho – foi abordado e esmiuçado em todas suas etapas de planejamento e controle de produção.

Posteriormente, o estudo de caso então entra em cena, descrevendo os processos internos e rotinas aplicados no dia a dia para gestão de um empreendimento de infraestrutura de uma Empresa X.

Por fim, a abordagem de um *Pull Planning* aplicado a obra em questão, descrevendo escopo e quantitativos, apresentando e analisando dados obtidos com a realização desse planejamento a médio prazo.

2 PLANEJAMENTO TRADICIONAL

A necessidade de planejar é oriunda das civilizações mais arcaicas (BOFF, 2003). Nos tempos modernos, saber lidar com matéria prima escassa e mão de obra especializada reduzida ao longo de muitos períodos da História, trouxe à face a importância da administração, planejamento e controle eficientes dos recursos disponíveis.

Sacomano e Junior (2001) apud Gaither (2001) afirma que no contexto do surgimento do sistema fabril, partir de 1776, Adam Smith aborda de forma sistemática a Administração da Produção, no livro “A riqueza das Nações”, que trata pela primeira vez da economia de produção, destacando a divisão do trabalho e suas vantagens econômicas. Os autores identificam as vantagens apontadas por Smith como o desenvolvimento da aptidão de única tarefa de modo repetitivo, a economia do tempo com a permanência nessa mesma atividade e, por último, a invenção de máquinas oriundas das atividades das pessoas que se esforçavam na realização dessas tarefas específicas.

Além disso, Sacomano e Junior (2001) abordam também Frederick W. Taylor que, por sua vez, fez uso da inserção do método científico na racionalização da divisão do trabalho, o qual buscava o máximo de rendimento, com mínimo de esforço e que podia ser aplicado a todos os problemas de administração. Esses métodos eram obtidos através da investigação científica, com utilização de normas científicas para cada elemento de trabalho; uso do método científico na seleção, com aplicação de treinamentos para desenvolvimento dos operários; cooperação entre trabalhador e gerência; e por fim, divisão de ambiente entre a administração e os operários.

Dessa forma, o planejamento estratégico surgiu em meados do século XX da necessidade das empresas em projeções de tendência, saber o que deve ser executado, quando e como (BOFF, 2003). Além disso, “nos tempos atuais, com a concorrência globalizada, manter informações sobre os custos de produção é cada

vez mais necessário para definir as estratégias da empresa” (FILHO, ROCHA e SILVA, 2004)

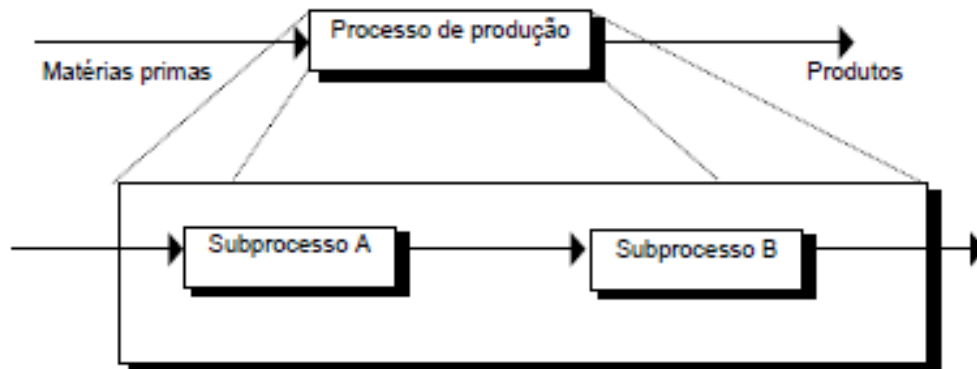
Portanto, planejamento consiste em projeções futuras, mais especificamente em definir quais são as atividades, quais os métodos para executá-las, com quais recursos – sejam eles de mão de obra ou material –, quando e qual sequência executiva adotada para se obter um objetivo final (LAUFER e TUCKER, 1987).

Incertezas sobre o futuro são comuns e para que um planejamento seja efetivo, deve-se haver controle, que consiste em monitorar e guiar a execução (FORMOSO, 1991). Enquanto o planejamento visa definir antecipadamente, o controle visa atuar sobre desvios identificados ao longo da execução, retroalimentando aquele para se obter sucesso no final (LIMMER, 1997). Ainda segundo o autor, ambos são complementares entre si e desenvolvidos continuamente ao longo de todo o projeto.

Tubino (2007) conceitua o Planejamento e Controle de Produção (PCP) como um setor de apoio dentro do sistema produtivo que trata de informações com base no desenvolvimento de quatro fases, sendo elas: o Planejamento Estratégico da Produção (de longo prazo), Planejamento Mestre da Produção (de médio prazo), Programação da Produção (curto prazo) e, por fim, Acompanhamento e Controle da Produção (curto prazo).

A visão convencional do planejamento e controle de produção é a produção como um processo de conversão de *inputs* em *outputs*, de matérias prima em produtos. (KOSKELA, 1992). Este modelo tradicional pode ser denominado também como modelo de conversão, uma vez que insumos são transformados em produtos intermediários ou finais, como é ilustrado na Figura 1 (FORMOSO, 2002).

Figura 1 - Modelo de processo convencional



Fonte: (KOSKELA, 1992)

Nessa filosofia, processos de conversão podem ser subdivididos em subprocessos de conversão e se seus custos forem minimizados, conseqüentemente, o custo total do processo também é minimizado (KOSKELA, 1992). Além disso, o autor ainda afirma que o valor do produto de um subprocesso está associado apenas ao valor de suas matérias primas.

2.1 APLICAÇÃO DO PCP CONVENCIONAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL E DIFICULDADES

Um dos principais problemas na aplicação do PCP na construção civil, para Filho, Rocha e Silva (2004) é que “existe um descompasso entre os encarregados pelo planejamento e os responsáveis pela execução da obra”, ou seja, o planejamento não conversa com a situação real de campo, desqualificando os planos. Os autores reforçam que sem um planejamento e controle eficiente, dificilmente cumpre-se com prazos e orçamentos estipulados em contratos.

Mattos (2010) lamenta que em empresas de pequeno e médio porte há a ausência de planejamento de obras ou uma aplicação deficiente:

“A deficiência dos construtores se manifesta em graus variados. Há empresas que planejam, mas o fazem mal; outras que planejam bem, mas não controlam; e aquelas que funcionam na base da total improvisação. Enquanto algumas construtoras se esforçam por gerar cronogramas detalhados e aplicar programações semanais de serviço, outras creem que a experiência de seus profissionais é o bastante para garantir o cumprimento do prazo e do orçamento.” (MATTOS, 2010)

Outro problema apontado por Machado (2003), é que o PCP no setor da construção civil ao invés de ser elaborado nas quatro fases – conforme citado no capítulo anterior –, normalmente envolve apenas o horizonte de longo prazo, dando pouco enfoque no que acontece no dia a dia dos canteiros de obras, sem detalhes de execução, de produtividade e produção, de sobreposição das atividades, etc.

Além disso, o modelo de conversão não considera as atividades que compõem o fluxo entre as atividades de conversão, como, por exemplo, o transporte, espera de material, retrabalhos, etc. Sendo que a maior parte dos custos estão nessas atividades de fluxo (FORMOSO, 2002). Além disso, o autor atenta para o fato de que as melhorias são focadas nos subprocessos e não no processo como um todo. Por fim, os requisitos do cliente não são levados em consideração nesse modelo convencional, podendo causar a produção de produtos inadequados.

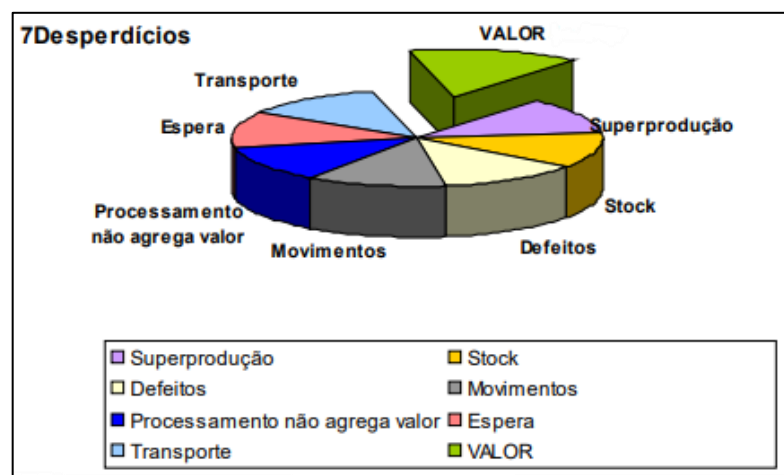
Para sanar essas dificuldades e problemas identificados anteriormente aqui neste trabalho, a fim de evitar desperdícios (por se tratar com dispendiosos recursos humanos e materiais), atentando-se aos prazos, qualidade e produto desejados pelo cliente, propôs-se um novo modelo: a construção enxuta, a qual será desdobrada na sequência.

3 LEAN CONSTRUCTION

O termo “lean” pode ser traduzido como “enxuto” e essa é a base da nova filosofia de produção criada na década de 1950, no Japão dentro da indústria automotiva, mais especificamente, dentro da *Toyota Motors Company* (KOSKELA, 1992). O Sistema Toyota de Produção (STP), criado e desenvolvido por Taiichi Ohno e Shingeo Shingo, surgiu da necessidade, no pós Segunda Guerra Mundial, de uma *Lean Production* (Produção Enxuta), ou seja, de se produzir pequenas quantidades de diversos tipos de carros, em meio as restrições de mercado (OHNO, 1997).

O STP então trouxe à tona o sistema *Just In Time* (JIT), em que “cada processo receba o item exato necessário, quando ele for necessário, e na quantidade necessária” (OHNO, 1997). Além disso, o JIT visa a eliminação contínua dos desperdícios desde as matérias primas até os produtos finais – os quais podem ser vistos na Figura 2 – como a sobreprodução, superprocessamento, transporte, estoques, produtos defeituosos, espera e movimentos que muitas vezes passam despercebidos por fazerem parte do dia-a-dia do trabalho, já sendo considerados naturais (SHINGO, 1989).

Figura 2 - Os sete desperdícios identificados em um processo



Fonte: (ARANTES, 2008)

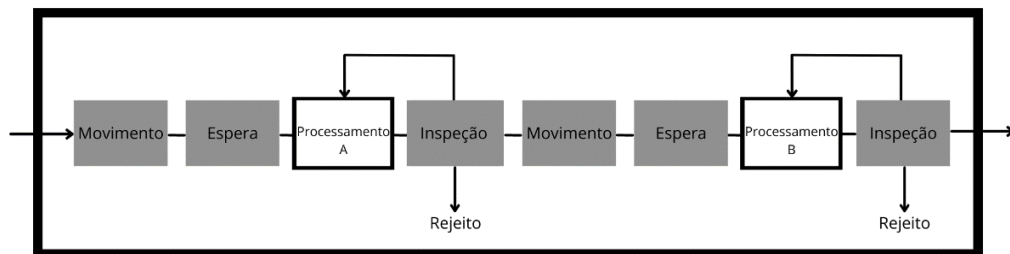
Para que seja evitada a fabricação de produtos defeituosos, conforme citado acima, os quais geram retrabalho e conseqüentemente novos custos à produção, outro pilar do STP é o *Total Quality Control* (TQC), a partir de inspeções e análises de qualidade com base em métodos estatísticos (KOSKELA, 1992).

Dito isso, pode-se definir o *Lean* como “fazer mais com menos. Utilizar o mínimo de esforço, energia, equipamento, tempo, espaço de instalação, materiais e capital - enquanto dá aos clientes exatamente o que eles querem” (WOMACK e JONES, 2003). Além do mais, essa filosofia tem o foco no processo e no fluxo de materiais e/ou informação, os quais podem estar em movimento, em espera, em processamento ou inspeção (FORMOSO, 2002).

Formoso ainda analisa a Figura 3 como um modelo dessas atividades de fluxo do processo de produção, no qual as “caixas cinzas” representam aquelas que não agregam valor (atividades de fluxo) em contraste ao processamento (atividades de conversão da produção), que de fato agregam valor ao produto. Em relação a valor, pode-se definir como:

“O conceito de valor está diretamente vinculado à satisfação do cliente, não sendo inerente à execução de um processo. Assim, um processo só gera valor quando as atividades de processamento transformam as matérias primas ou componentes nos produtos requeridos pelos clientes, sejam eles internos ou externos.” (FORMOSO, 2002, p. 4)

Figura 3 - Modelo de fluxo de processo



Fonte: (KOSKELA, 1992)

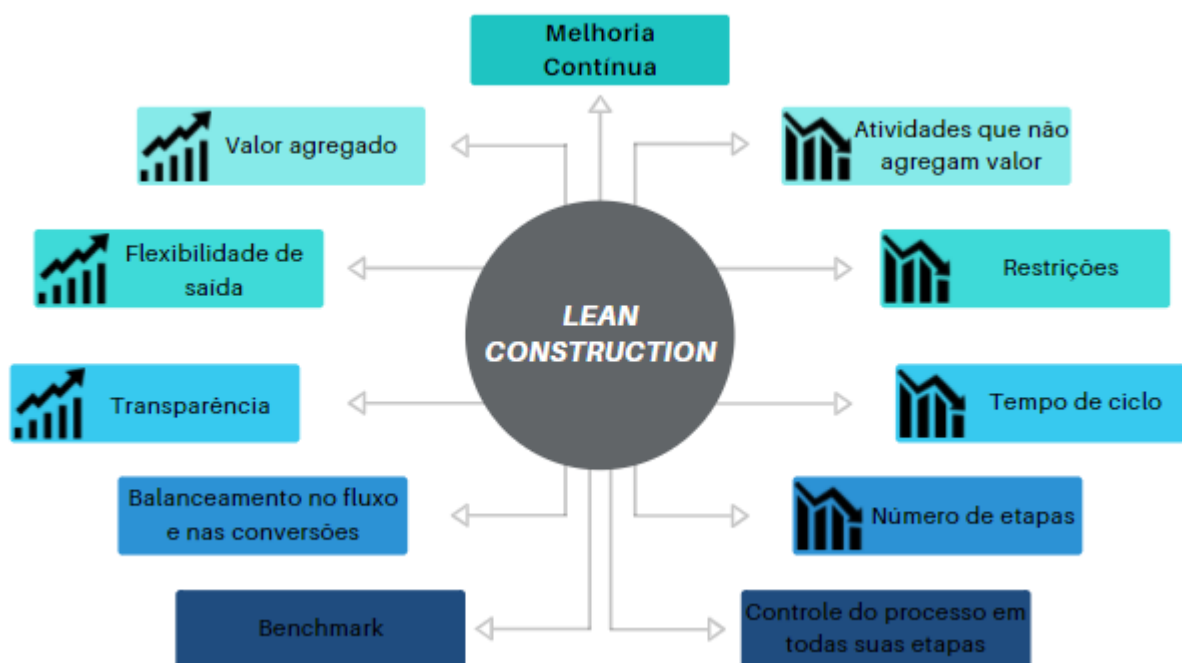
Como pode ser percebido, ao longo do desenvolvimento do capítulo, o pensamento enxuto foi desenvolvido para o aperfeiçoamento da própria indústria, principalmente automotiva (FORMOSO, 2002). Entretanto, Formoso exalta Lauri Koskela por ser uma figura importante por disseminar esse novo paradigma para outros setores econômicos, mais especificamente no âmbito da Indústria da Construção Civil com sua publicação em 1992: *Application of the new production philosophy in the construction industry* no *Technical Research Center* da Finlândia. Este Centro, mais tarde, deu origem ao *International Group for Lean Construction*, responsável por adaptar e disseminar o *Lean Construction* nas áreas da arquitetura, engenharia e construção.

3.1 PRINCÍPIOS

Uma vez definido o conceito da construção enxuta, ao longo deste capítulo será desdobrado quais são os meios para controlar e melhorar na prática o fluxo do processo apresentado no capítulo anterior, através de princípios definidos por Lauri Koskela, os quais giram em torno de uma ideia central:

“Os processos de fluxo podem ser caracterizados pelo tempo, custo e valor. [...] Enquanto todas as atividades consomem tempo e custo, apenas as atividades de conversão agregam valor ao material ou informação que está sendo transformada em produto. Assim, as melhorias das atividades de fluxo devem concentrar-se principalmente na sua redução ou eliminação, enquanto as atividades de conversão têm de ser mais eficientes. Esta ideia central [...]” (KOSKELA, 1992)

Figura 4 - Princípios do *Lean Construction*



Fonte: Elaborada pelo autor

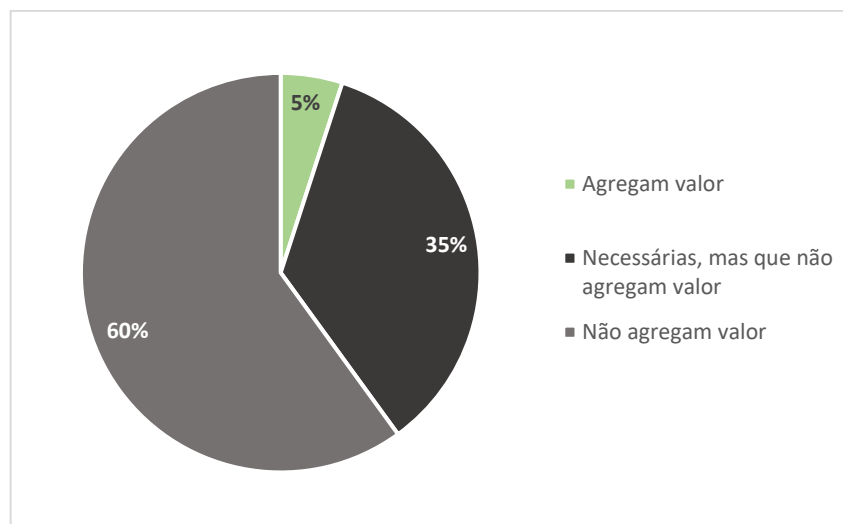
3.1.1 REDUÇÃO DO PERCENTUAL DE ATIVIDADES QUE NÃO AGREGAM VALOR

Conforme vem sendo abordado, a essência principal da construção enxuta é minorar os desperdícios e atividades que não agregam valor. Hines e Taylor (2000) classificam as atividades do fluxo produtivo em:

- i. Atividades que agregam valor: aquelas que, na visão do cliente, fazem o produto final mais valioso e ele está disposto a pagar. Por exemplo, o corte e dobra de aço para posterior concretagem de uma estrutura.
- ii. Atividades que não agregam valor: também podem ser chamadas como desperdícios evidentes, são aquelas que na visão do cliente não fazem o produto final mais valioso e nem são necessárias para execução da atividade e, portanto, ele não está disposto a pagar. Por exemplo, o retrabalho de uma atividade.
- iii. Atividades necessárias que não agregam valor: também podem ser chamadas como desperdícios ocultos, são aquelas que, na visão do cliente, não fazem o produto final mais valioso, entretanto são indispensáveis para execução da atividade. Por exemplo, a inspeção de qualidade de um material ou inspeção de um equipamento a ser mobilizado.

Os autores ainda afirmam que a relação entre as três atividades é de 5% de atividades que agregam valor, 35% de atividades necessárias, mas que não agregam valor e 60% de atividades que não agregam valor, podendo variar do setor econômico, conforme representado no Gráfico 1:

Gráfico 1 – Tipos de atividades do fluxo produtivo



Fonte: Elaborada pelo autor

Logo, o foco é reduzir os 60% de desperdícios evidentes e 35% dos desperdícios ocultos, os quais são mais difíceis de serem identificados e removidos a curto prazo, mas que devem ser alvo a longo prazo.

3.1.2 AUMENTO DO VALOR AGREGADO ATRAVÉS DA SISTEMÁTICA DE CONSIDERAÇÃO DOS REQUISITOS DO CLIENTE

Como já citado, o valor só pode ser definido pelo cliente final, seja ele interno ou externo. Para isso, as necessidades do cliente devem ser identificadas de forma clara, considerada no momento de precificar, projetar e executar o produto (FORMOSO, 2002).

3.1.3 REMOÇÃO DE RESTRIÇÕES

Restrições podem ser definidas como qualquer aspecto que – caso não esteja disponível na quantidade, no momento e nas especificações de projeto e qualidade corretas – possa comprometer o fluxo dos processos produtivos, inviabilizando a execução de uma atividade no prazo previamente acordado e determinado, seja ela uma restrição gerencial, física (material, mão de obra, etc), financeira, informativa, etc. (TOSTA, 2013).

Assim sendo, para que a produção não seja impactada e, conseqüentemente, aumente o volume de atividades que não agregam valor, é preciso antecipar qualquer restrição para execução das atividades. Para Sullivan, “a redução de restrições dentro dos processos deve ser considerada um objetivo intrínseco” (1984 apud KOSKELA, 1992).

3.1.4 REDUÇÃO DO TEMPO DE CICLO

O tempo de ciclo é o tempo necessário para um produto atravesse um fluxo (KOSKELA, 1992). Conforme ilustrado na Figura 3, o tempo de ciclo (T_{ciclo}) é então a somatória das etapas de um fluxo de produção:

$$T_{ciclo} = T_{movimento} + T_{espera} + T_{processamento} + T_{inspeção}$$

Quando se reduz o tempo total de ciclo, obtêm-se lotes menores de produção, que por sua vez facilita a gestão dos processos, aumenta o efeito de aprendizagem, torna o sistema de produção mais estável e, por fim, entrega-se mais rápido ao cliente (ARANTES, 2008).

3.1.5 SIMPLIFICAÇÃO E MINIMIZAÇÃO DO NÚMERO DE ETAPAS

Para Formoso (2002), quanto maior o número de etapas em um processo, há uma tendência das atividades que não agregam valor e restrições também aumentarem. Um exemplo claro, utilizado por ele, é o uso de vergas pré-moldadas, que podem ser assentadas em paralelo a execução de alvenarias; enquanto vergas moldadas *in loco* precisam ser armadas, formadas e concretadas pausando a atividade da alvenaria para que seja retomada posteriormente.

3.1.6 AUMENTO DA FLEXIBILIDADE DE SAÍDA

Aumentar a flexibilidade de saída é utilizar processos construtivos que possibilitem a alteração das características do produto final, sem que tenha impactos substanciais em custos e na produção (FORMOSO, 2002). Um exemplo é a venda de apartamentos de mesmo tamanho, porém com a possibilidade de ser com dois ou três quartos com a utilização de *drywall*, dependendo da necessidade do cliente. Ou seja, este princípio está diretamente ligado ao princípio de agregação de valor ao produto.

3.1.7 AUMENTO DA TRANSPARÊNCIA DO PROCESSO

Quando se torna um processo transparente, facilita-se o trabalho e a identificação de erros, além de facilitar também o controle de melhoria (FORMOSO, 2002). Segundo o autor, deve-se disponibilizar informações importantes para a execução das atividades através de cartazes e sinalizações; eliminar barreiras físicas; gerar *Key Performance Indicators* (KPI) ou indicadores de desempenho; organização e limpeza da área de trabalho – metodologia 5S. Pode-se definir essa metodologia como:

“O 5s surgiu no Japão em meados do século XX e consiste basicamente no empenho das pessoas em organizar o local de trabalho por meio de manutenção apenas do necessário, da limpeza, da padronização e da disciplina na realização do

trabalho, com o mínimo de supervisão possível. ” (CAMPOS, OLIVEIRA, *et al.*, 2005)

Figura 5 – Os cinco sentidos derivados das palavras japonesas seiri, seiton, seiso, seiketsu e shitsuke



Fonte: checklistfacil¹

3.1.8 CONTROLE DO PROCESSO EM TODAS SUAS ETAPAS

Como já citado anteriormente, o *lean* tem foco no processo. Controlando-o em sua totalidade, facilita a identificação de desvios que podem afetar o prazo de entrega da obra (ARANTES, 2008). Diferente do planejamento e controle convencional, “Este princípio está relacionado ao impacto negativo de se analisar partes de um processo sem atentar-se ao todo.” (COSTA, 2017).

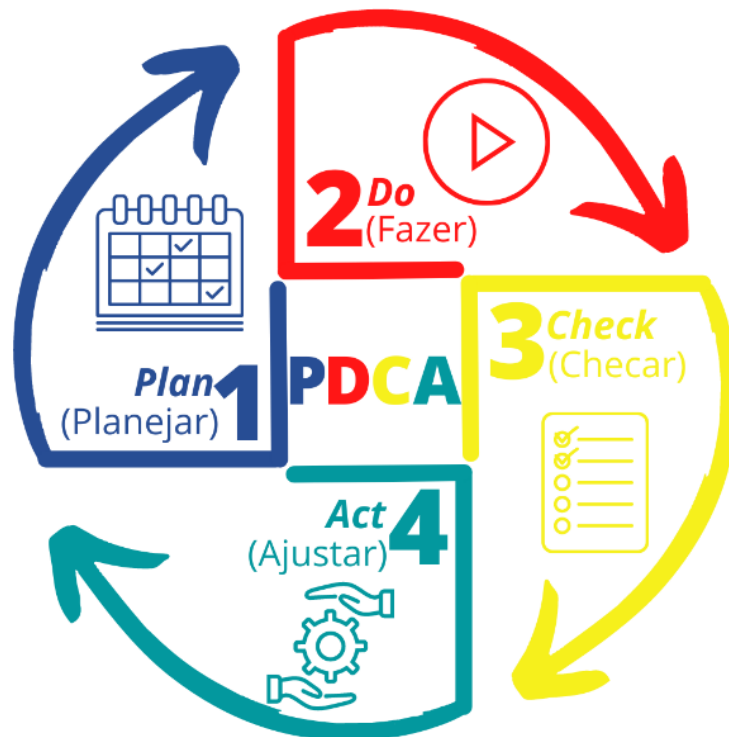
3.1.9 MELHORIA CONTÍNUA

Para Koskela (1992), todos os princípios aqui citados devem ser buscados continuamente com envolvimento de toda a equipe, através do comprometimento de cada unidade organizacional em melhorar continuamente o processo, buscando a perfeição.

¹ Disponível em: <<https://blog-pt.checklistfacil.com/voce-ja-ouviu-falar-no-programa-5s/>> Acesso em nov.2021

Para buscar a perfeição, devemos “entender a direção, compreender a condição atual, estabelecer a próxima condição alvo e, então, executar o chamado PDCA, sigla das expressões ‘plan’ (planejar), ‘do’ (fazer), ‘check’ (checar) e ‘adjust’ (ajustar) – até se atingir a condição alvo.” (KOSAKA, 2013)

Figura 6 - Ciclo PDCA



Fonte: Elaborada pelo autor

O ciclo PDCA, ilustrado na Figura 6, é uma metodologia utilizada para a melhoria contínua, que consiste em “planejar”, estudar e analisar etapas do processo; “fazer”, colocar em prática aquilo que foi planejado; “checar”, verificar desvios e oportunidades de melhoria; “ajustar” ou “atuar” sobre os desvios a fim de melhorar o desempenho do processo.

3.1.10 BALANCEAMENTO DE MELHORIAS NO FLUXO E NAS CONVERSÕES

Para Koskela (1992) é crucial que as melhorias no fluxo e as melhorias nas conversões estejam intimamente conectadas. Um equilíbrio entre elas se faz necessário, uma vez que: “um fluxo melhor requer menos capacidade de conversão”

e com um fluxo mais controlado, mais fácil de implementar novas tecnologias, as quais, por sua vez, trazem benefícios ao fluxo.

3.1.11 BENCHMARK

Benchmark consiste em, primeiramente, conhecer o próprio processo de sua empresa identificando os pontos fortes e fracos. Posteriormente, conhecer os líderes do setor, entender e comparar as boas práticas utilizadas por eles; e por fim, incorporar modificando ou copiando essas boas práticas em seus próprios processos (KOSKELA, 1992).

3.2 MODELO CONVENCIONAL x MODELO ENXUTO

A diferença entre o modelo convencional e o modelo enxuto é conceitual (FORMOSO, 2002). Segundo o autor, a mudança mais expressiva é a nova forma de entender os processos: enquanto o modelo convencional define a produção como um conjunto de conversões, transformação de insumo em produtos; o modelo enxuto, como um fluxo de materiais.

Ainda de acordo com o autor, o transporte e a espera são atividades que não são consideradas no modelo convencional, e o enxuto percebe que essas atividades não agregam valor e representam acerca de 60% de um processo, como desdobrado no item 3.1.1. Outro conceito importante proposto pelo enxuto é o de valor definido pelo cliente, o qual não é levado em consideração no convencional.

Além disso, o modelo convencional prioriza a melhoria nas atividades de conversão, focados nos subprocessos individuais e não no sistema todo (FORMOSO, 2002). Nesse modelo, os objetivos são tidos como fixos e são alterados quando se necessita recuperar um atraso em relação ao planejamento estabelecido inicialmente (ARANTES, 2008).

Outros pontos que podem ser destacados estão descritos na Tabela 1:

Tabela 1 – Comparativo Convencional X Enxuto

Modelo Convencional	Lean Construction
Sabe-se como transformar materiais em estruturas fixas	Sabe-se também como transformar materiais em estruturas fixas
Espera-se que ocorram mudanças de escopo e falhas de projeto durante a construção, no entanto estes só serão resolvidos quando acontecerem, de forma reativa	Desenha-se o produto e o processo construtivo de forma colaborativa buscando evitar erros/omissões de desenho e dimensionamento que levariam a problemas futuros de construção
O gestor é o único responsável pelo planejamento	Os gestores são os primeiros responsáveis pelo planejamento dos processos e suas fases. Já encarregados e operadores também estão no processo de planejamento, neste caso como últimos planejadores
Assume-se que reduzindo o custo de uma peça irá se reduzir o custo de todo o projeto → o todo é a soma das partes	Trata-se todo o projeto como um sistema e faz-se o uso do Target Costing para alcançar as reduções do custo de projeto → o todo é mais que a soma dos custos das suas partes
Empurra-se a produção ao nível local pensando erroneamente que será a forma de se alcançar eficiência global	Empurra-se a produção para maior processamento do sistema considerando ser a única forma de alcançar eficiência global
Gere-se o processo utilizando os elementos que se referem à evolução de custos, os quais estão na base dos pagamentos	Utiliza-se elementos de evolução de custos como entrada (input) para o planejamento e controle das operações no canteiro de obras
Guia-se pelo paradigma de retornos em termos de prazo, custo e qualidade	Desafia-se o paradigma de retorno em termos de prazo, custo e qualidade ao remover as fontes de desperdício nos processos de desenho e produção de forma a promover um melhor e mais confiável fluxo de trabalho
Não se planeja ou controla as operações de produção no canteiro a não ser que se verifiquem desvios de custo e de prazo. Espera-se até que os problemas aconteçam para então corrigi-los e então "pôr o projeto de volta ao rumo"	Planejam-se e controlam-se as operações de produção no canteiro de forma a prevenir que os indicadores de desempenho do projeto não desviem dos prazos e custos definidos
Considera-se fornecer valor ao cliente quando se maximiza o desempenho em relação ao custo, ou seja, com custos menores	Considera-se fornecer valor ao cliente quando o valor do produto é aumentado (quando efetivamente corresponde às necessidades do cliente) através da gestão do processo de valor da construção

Fonte: (ABDELHAMID e SALEM, 2005)

4 LAST PLANNER SYSTEM

O *Last Planner System* (LPS) foi concebido através do *Lean Construction Institute* (LCI) pelos engenheiros Glenn Ballard e Gregory Howell, os quais identificaram que não havia espaço no modelo convencional de gestão para o “controle” de produção.

O LPS é uma metodologia – assim como o *Lean Construction* – aplicada a projetos altamente dinâmicos, incertos, complexos e rápidos, como é o caso da construção civil (BALLARD e HOWELL, 2003). Segundo os autores, essa nova teoria esclarece, portanto, o termo “controle” e sua relação com o planejamento como definição de objetivos (programações e orçamentos), permitindo o cumprimento de entregas e dos objetivos planejados.

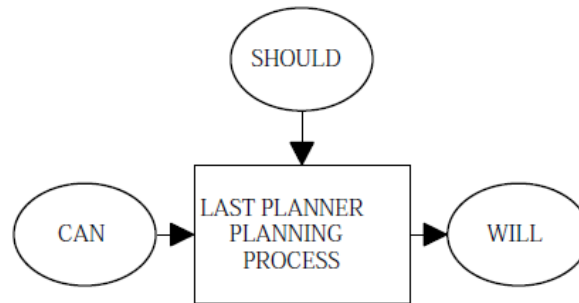
Para Ballard (2000), na construção, o planejamento e controle deve ser feito por diferentes pessoas, em diferentes posições na hierarquia da empresa ao longo de todo o projeto. Por último, algum planejador define tarefas que comandam a produção física, e essa pessoa ou grupo é chamada de “Last Planner” ou “o último planejador” (BALLARD e HOWELL, 1994).

Como é mostrado na Figura 7, o *Last Planner* segue um procedimento para definir essas tarefas: combinar atividades que VÃO (*WILL*) ser feitas, àquelas que DEVERIAM (*SHOULD*) ser feitas de acordo com o previamente planejado, somente em caso em que elas POSSAM (*CAN*) ser feitas, sem que haja nenhuma restrição para execução delas:

“O que é necessário é mudar o foco de controle dos trabalhadores para o fluxo de trabalho que os liga entre si. O Last Planner System de controle da produção é uma filosofia, regras e procedimentos, e um conjunto de instrumentos que facilitem a implementação desses procedimentos.” (BALLARD, 2000)

Para isso, o autor ainda reforça que o trabalho a ser executado deve ter a melhor sequência executiva selecionada. Sendo assim, as produtividades adotadas pelo *Last Planner* devem estar dentro das composições unitárias do orçamento e serem capazes de cumprir com a meta estabelecida, de forma que o trabalho seja exequível.

Figura 7 - Formação de atribuições no processo de planejamento do "último planejador"



Fonte: (BALLARD, 2000)

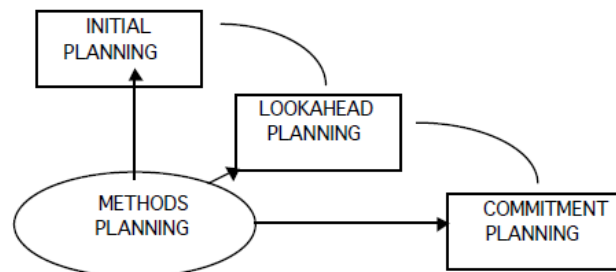
Além disso, o autor afirma que esse sistema trabalha em dois pilares: o controle da unidade de produção e controle de fluxos de trabalho:

“O Controle da Unidade de Produção coordena a execução de trabalhos dentro de unidades de produção, tais como equipes de construção e de projeto. O Controle do Fluxo de Trabalho coordena o fluxo de concepção, fornecimento e instalação através de unidades de produção.” (BALLARD, 2000)

De acordo com Ballard e Howell (1998), pode-se dividir o sistema de planejamento em três níveis, que serão desdobrados ao longo deste capítulo, como ilustra a Figura 8:

- I. Planejamento Inicial (“Initial Planning”)
- II. Planejamento Lookahead (“Lookahead Planning”)
- III. Planejamento de Comprometimento (“Commitment Planning”)

Figura 8 - Níveis de planejamento



Fonte: (BALLARD e HOWELL, 1998)

Além dessas etapas, também pode-se citar o *Phase Scheduling*, etapa de planejamento a médio prazo aplicado entre o planejamento inicial e o *lookahead*, que também será abordado.

4.1.1 PLANEJAMENTO INICIAL

O planejamento inicial (ou planejamento *máster*) é um planejamento com baixo grau de detalhamento de longo prazo, aquele que estabelece os objetivos globais. O qual produz o orçamento e calendário, definindo marcos contratuais e conclusão do projeto em questão (BALLARD e HOWELL, 1998). Com o planejamento inicial em mãos, Ballard e Howell (2003) propõem uma *phase scheduling*, uma “programação de fases”, que será abordado no próximo tópico.

4.1.2 PHASE SCHEDULING, APLICAÇÃO DE TÉCNICAS PULL

A programação de fases (*phase scheduling*) consiste em desenvolver um plano de trabalho mais detalhado possível, definindo-se sequências executivas e produtividades que sejam exequíveis, através de um processo colaborativo de planejamento, ou seja, um processo social que envolve todas as equipes/setores que farão parte do projeto, fazendo com que todos tenham ciência das metodologias adotadas para execução das atividades (BALLARD, SEPPÄNEN e PESONEN, 2010).

Além disso, entregas intermediárias que atendam as datas estabelecidas no planejamento inicial são definidas, as quais se tornarão novas metas para o projeto, com o propósito de antecipar os marcos contratuais definidos anteriormente (BALLARD e HOWELL, 2003).

Segundo os autores, o *Lean Construction Institute* recomenda o uso de técnicas de *pull planning* ou planejamento puxado, que consiste em planejar a partir de uma data de conclusão estipulada para trás, definindo atividades, encadeamento e durações para se concluir as entregas, elencando potenciais variabilidades e incertezas nas etapas.

Geralmente “[...] o Pull Planning é feito com base num horizonte de três meses e revisitado a cada 45 dias de forma a retroalimentar o Cronograma Gerencial e buscando uma maior assertividade no planejamento de médio prazo” (COSTA, 2017).

Vale ressaltar que o trabalho puxado elimina o desperdício de sobreprodução, um dos identificados na Figura 2 – Página 18:

“Uma regra de ‘puxar’ é só fazer trabalhos que liberem outros trabalhos - solicitado por alguém. Seguindo essa regra reduz o desperdício de sobreprodução, um dos sete tipos de desperdícios de Ohno. Trabalhar de trás para a frente a partir de uma data alvo de conclusão elimina o trabalho que normalmente é feito, mas que não acrescenta valor. ” (BALLARD e HOWELL, 2003)

Uma vez finalizado a programação das fases e o *pull planning* realizado em conjunto de todos da equipe, as atividades programadas são desenhadas dentro do processo de *lookahead*.

4.1.3 PLANEJAMENTO LOOKAHEAD

O processo de *lookahead* é um planejamento de médio prazo, que tem a função de controlar o fluxo de trabalho, através de um calendário que visualiza as atividades numa janela de 3 a 12 semanas (BALLARD, 2000). Abaixo segue um exemplo do plano *lookahead*, proposto pelo autor:

Figura 9 - Exemplo de modelo de planejamentno *lookahead*

PLANO DE MÉDIO PRAZO																									
PROJETO: Piloto										Data: 02/01/2012															
Responsável: Fulano de tal																									
ATIVIDADES	09/01/2012					16/01/2012					23/01/2012					30/01/2012					NECESSIDADES				
	S	T	Q	Q	S	S	S	T	Q	Q	S	S	S	T	Q	Q	S	S	S	T		Q	Q	S	S
Equipe encarregado João																									
Chapisco apto. 601	x	x	x	x																				Material no canteiro até 06/01/12	
Reboco apto. 602							x	x	x	x	x													Fazer inspeção até 04/01/12	
Emboço apto. 603													x	x	x	x	x							Necessidade....	
Equipe encarregado Marcos																									
Massa corrida apto. 101							x	x	x	x	x													Contratar mão de obra até 31/12/11	
Pintura 1ª demão apto.102													x	x	x	x								Comprar material até 04/01/12	
Pintura 2ª demão apto. 103																					x	x	x	x	Necessidade....

Fonte: (TOSTA, 2013) adaptado de (BALLARD, 2000)

Ainda segundo Ballard (2000), esse processo tem a função de decompor as atividades definidas no *pull planning* em pacotes de trabalhos e operações a nível de detalhe apropriado para atribuí-las a programações semanais; configurar a

sequência de trabalho; combinar carga e capacidade de trabalho atual; atualizar, revisar e reprogramar o calendário de atividades; analisar restrições atreladas a cada atividade; ter sempre atividades disponíveis para execução, sem que tenham restrições e que estejam em acordo à sequência executiva adotada, que sejam exequíveis; liberar atividades a montante das unidades de produção somente após a remoção de todas as restrições (vide item 3.1.3).

“A análise de restrições é um fator fundamental, sendo um pré-requisito para obtenção da efetividade do processo de planejamento, especialmente em casos onde a sequência de atividades faz parte do caminho crítico do processo. Deixar de analisar restrições é se expor a falhas, atrasos e retrabalhos que inevitavelmente surgirão caso essa etapa não ocorra no processo de planejamento.” (COSTA, 2017)

Uma vez que o processo de *lookahead* explodiu as atividades do *pull planning* em pacotes, a programação semanal pode ser emitida, através de um planejamento de comprometimento.

4.1.4 PLANEJAMENTO DE COMPROMETIMENTO

Segundo Tosta (2013), o planejamento de comprometimento é um planejamento de curto prazo voltado ao nível operacional detalhando e orientando a execução das atividades para cada equipe. Os pacotes definidos na etapa de *lookahead* são então distribuídos para as equipes operacionais e para que seja efetivo é necessário o “comprometimento”:

“[...] para sua eficiência é necessário o efetivo comprometimento de todos os envolvidos nesse processo, principalmente os membros das equipes operacionais, para execução das metas semanais estabelecidas conjuntamente entre os responsáveis das equipes.” (TOSTA, 2013)

O “último planejador” atua nesse momento, emitindo programações semanais especificando as atividades que VÃO ser executadas diariamente, após análise feita do *lookahead*, confrontando àquelas que DEVERIAM ser executadas em face àquelas que PODEM ser executadas, como descrito no item 4 – página 28. (BALLARD e HOWELL, 1998).

De certa forma, o planejamento de comprometimento serve como um escudo da produção, simplesmente por “selecionar apenas tarefas que podem ser completadas com sucesso, tarefas para as quais todos os materiais estão à disposição e todo o trabalho prévio está completo” (BALLARD e HOWELL, 1994). Abaixo segue um exemplo desse planejamento de curto prazo, proposto por Ballard.

Figura 10 – Exemplo de planejamento de curto prazo

PLANO DE CURTO PRAZO									
PROJETO: Piloto					Semana de obra: 10ª				
Responsável: Fulano de tal					Fase de obra: Infraestrutura				
TAREFAS	SEMANA 09/01/2012 A 13/01/2012						% DE TAREFA CONCLUÍDA	STATUS DA TAREFA	PROBLEMAS
	S	T	Q	Q	S	S			
Equipe encarregado João									
Formas dos blocos 10 e 11	6C + 2S	6C + 2S	6C + 2S	2C + 1S			100%	OK	-
Início: manhã									
Desforma dos blocos 1, 2 e 3				4C + 1S	6C + 2S		100%	OK	-
Início: tarde									
Equipe encarregado Marcos									
Corte e dobra de armação dos blocos 14 e 15	3A + 2S	3A + 2S	3A + 2S	2A + 1S			80%	X	Máquina de corte e dobra com defeito
Início: manhã									
Colocação da armação blocos 12 e 13				1A + 1S	3A + 2S		100%	OK	-
Início: tarde									
TAREFAS RESERVAS:			LEGENDA:			PPC DA SEMANA = 3/4 = 75%			
- FORMA DOS BLOCOS 12 e 13			C = CARPINTEIRO						
- CORTE E DOBRA DE ARMAÇÃO DOS BLOCOS 10 e 11			P = PEDREIRO						
- ARMAÇÃO DOS BLOCOS 14 e 15			S = SERVENTE						
			A = ARMADOR						

Fonte: (TOSTA, 2013) adaptado de (BALLARD, 2000)

O supervisor imediato de cada frente de serviço, deve rotineiramente examinar as atividades diárias executadas em relação as programações semanais propostas (BALLARD e HOWELL, 2003). Além disso, após o término da semana, avalia-se o cumprimento das atividades através do KPI de Porcentagem Programada Concluída (PPC):

“Porcentagem Programada Concluída (PPC) é o número de atividades planejadas completadas dividido pelo número total de atividades planejadas, expresso como uma porcentagem. O PPC torna-se padrão que exerce controle da unidade de produção, derivado de um conjunto extremamente complexo de diretivas: calendários de projetos, estratégias de execução, composições unitárias de custo, etc.” (BALLARD, 2000)

Portanto, o PPC mede o comprometimento das linhas de frente do supervisor com as atividades propostas (BALLARD, 2000). Entretanto, é importante ressaltar que não mede a eficiência da atividade executada:

“Em outras palavras, um PPC de 100% não indica alta produtividade do serviço. Em vez disso, o PPC é uma medida da eficácia do planejamento e fiabilidade do fluxo de trabalho, ou seja, o PPC é uma medida de fiabilidade do sistema de planejamento da produção e desempenho.” (ABDELHAMID e SALEM, 2005)

Segundo Ballard (2000), deve-se identificar o porquê do não cumprimento das atividades, seja ela:

- a. Falta de informações fornecidas ao *Last Planner*;
- b. Falha na concepção inicial da atividade (definição da atividade, sequência executiva, quantidade a ser executada, etc);
- c. Falha na coordenação dos recursos compartilhados;
- d. Alteração da prioridade de uma atividade no campo;
- e. Erro de projeto ou erro de fornecimento descoberto na execução;

Por fim, a análise dessas causas é um dado inicial para que medidas sejam tomadas para que não aconteçam novamente, melhorando o planejamento, melhorando a execução e conseqüentemente, melhorando a *performance* do projeto como um todo (BALLARD, 2000). Ou seja, a busca da melhoria contínua dos processos.

5 O PROJETO

No contexto de realização de uma dissertação para conclusão do curso de Bacharel em Engenharia Civil, foi proposto uma análise dos processos de uma empresa, denominada aqui como Empresa X. Por motivos de confidencialidade, será preservada sua identidade e nada que remeta a sua imagem será divulgado no desenvolvimento desta monografia.

A Empresa X atua no mercado de construção civil brasileiro desde meados da década de 1940, e internacional desde a década 1980. Tendo, dessa forma, uma vasta experiência em serviços de engenharia de grande porte – obras industriais, infraestrutura, energia, mobilidade urbana, óleo e gás.

Além disso, comprovando sua grandeza e estrutura robusta, a empresa possui diversas certificações, nos âmbitos de saúde e segurança (ISO 45001:2018), qualidade (ISO 9001:2015), meio ambiente (ISO 14001:2015), *compliance*² (ISO 19600:2014) e antissuborno (ISO 37001:2016).

Desde 2010, com apoio de consultoria externa, a empresa iniciou a implantação de um sistema integrado de excelência operacional, que busca um eficiente planejamento e controle da produção e melhoria contínua de seus processos através da aplicação da filosofia *Lean Construction*, melhorando assim suas entregas de contratos com segurança, qualidade, prazos e custos combinados. Hoje, essa cultura e os princípios são profundamente consolidados nas obras e escritórios da empresa espalhados pelo país.

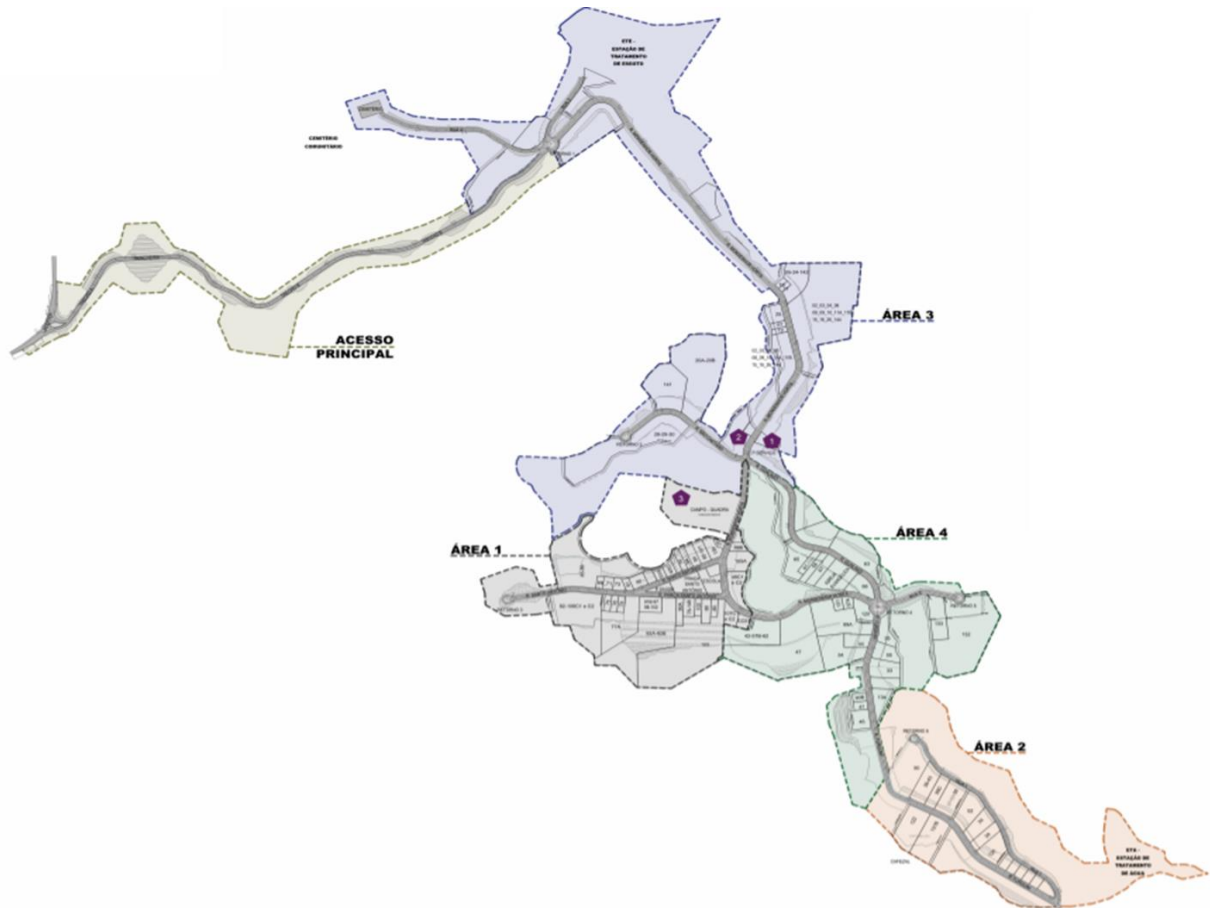
O presente trabalho visa à abordagem de uma das obras da Empresa X, o qual tem como escopo os serviços de infraestrutura de uma nova cidade a ser construída, denominada como Cidade B – veja o mapa da cidade na Figura 11.

Dentre esses serviços, estão a execução das disciplinas de terraplanagem, contenções, drenagem superficial, drenagem profunda, adução de água bruta e

² Padrões éticos e de integridade adotados nas decisões da empresa junto aos clientes e fornecedores para se fazer cumprir diretrizes internas da empresa, leis e normas legais e regulamentares.

tratada, rede de distribuição de água, rede de coleta de esgoto, pavimentação, calçada e sinalização viária.

Figura 11 - Mapa da Cidade B, subdividida em: Acesso Principal, Área 01, Área 02, Área 03 e Área 04.



Fonte: Empresa X, 2020.

A Cidade B também contará com sistema de captação e tratamento de água, coleta e tratamento de esgoto, além de casas, praça, escolas, quadra e campo de futebol, posto de saúde e igreja. Entretanto, essas disciplinas não fizeram parte desse contrato da Empresa X.

No desenvolvimento deste trabalho, o primeiro objeto de estudo será a descrição e avaliação dos processos e rotinas internas vivenciadas durante um ano de empresa – de out/2020 a out/2021 – para gestão das atividades baseada nas filosofias *Lean Construction*, bem como a aplicação de um planejamento estratégico, baseado na metodologia *Last Planner System*.

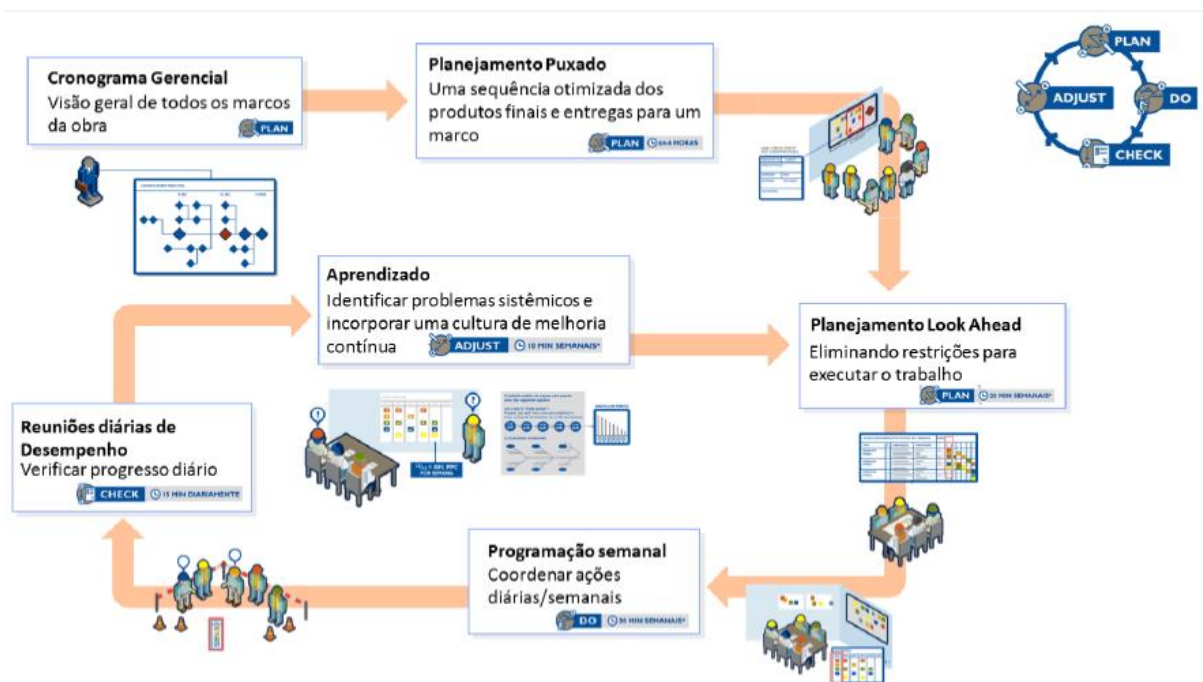
5.1 LPS NO EMPREENDIMENTO

Como já desdobrado anteriormente, o LPS é baseado em ajuste no nível de detalhes em diferentes horizontes temporais. Um planejamento inicial e a divisão deste em fases de médio e curto prazo, além do acompanhamento do previsto x realizado, identificando razões para o não cumprimento das tarefas, buscando evitar que aconteçam novamente.

A Figura 12 ilustra muito bem o processo interno da Empresa X, claramente uma aplicação do *Last Planner System*, que foi abordado ao longo do Capítulo 4 desta monografia: um cronograma inicial (gerencial); aplicação de um *pull planning*; a divisão em pacotes menores apresentados no processo de *lookahead*; e emissão de programações semanais para cada equipe operacional.

Além disso, pode-se identificar a aplicação do PDCA, para obtenção da melhoria contínua dos processos, conforme citado no item 3.1.9, como um dos princípios do *Lean Construction*.

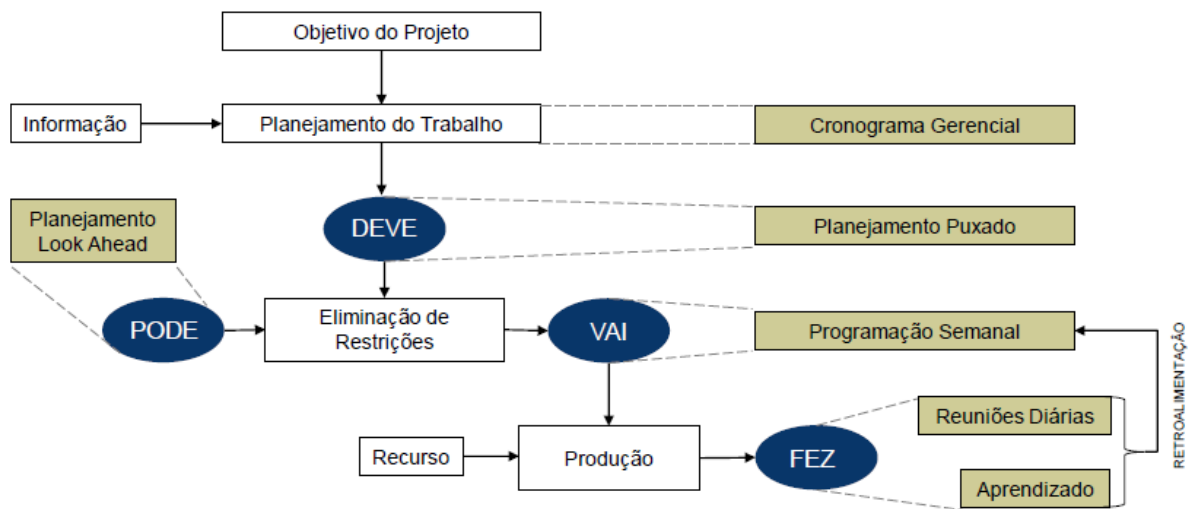
Figura 12 - Implementação do *Last Planner System* e aplicação do PDCA



Fonte: Empresa X, 2020.

O LPS na Empresa X também pode ser ilustrado pelo fluxograma abaixo, a aplicação do procedimento adotado pelo *Last Planner* (vide Figura 7) na elaboração do planejamento de comprometimento, programando atividades que VÃO ser executadas, após confrontar àquelas de DEVERIAM ser executadas (de acordo com o *pull planning*) com as que de fato PODEM ser executadas, por estarem livres de restrições.

Figura 13: Formação de atribuições (DEVE-PODE-VAI-FEZ) no processo de *Last Planner System*



Fonte: Empresa X, 2020.

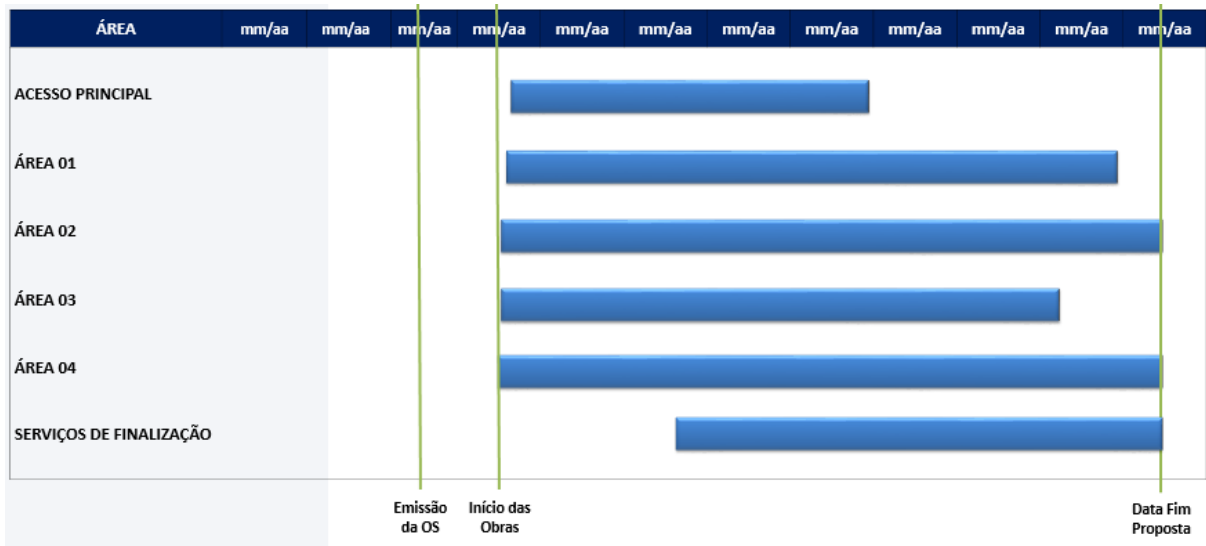
É importante ressaltar que o empreendimento já estava instalado no local desde 2019 e no período de avaliação dessa monografia (out/2020 a out/2021) o LPS, sistema de gestão, planejamento e controle já eram conhecidos e enraizados em todos os setores, fazendo com que a cultura da empresa e as rotinas já estivessem em pleno funcionamento com a participação das equipes que compunham a gestão da obra.

5.1.1 CRONOGRAMA GERENCIAL

Na fase comercial, de proposta e orçamentação do projeto em questão, foi definido um cronograma contratual junto ao cliente, o planejamento *master*, o qual contém um *baseline*³ geral da obra, definindo prazos e marcos contratuais que deverão ser seguidos para todo o empreendimento. Uma vez não cumpridos os marcos contratuais, multas ou penalidades podem ser aplicadas a Empresa X.

A Figura 14 ilustra de forma simplificada e geral o cronograma de proposta acordado junto ao cliente:

Figura 14 – Cronograma de proposta definindo finalizações das áreas da Cidade B.



Fonte: Empresa X, 2021.

5.1.2 PULL PLANNING

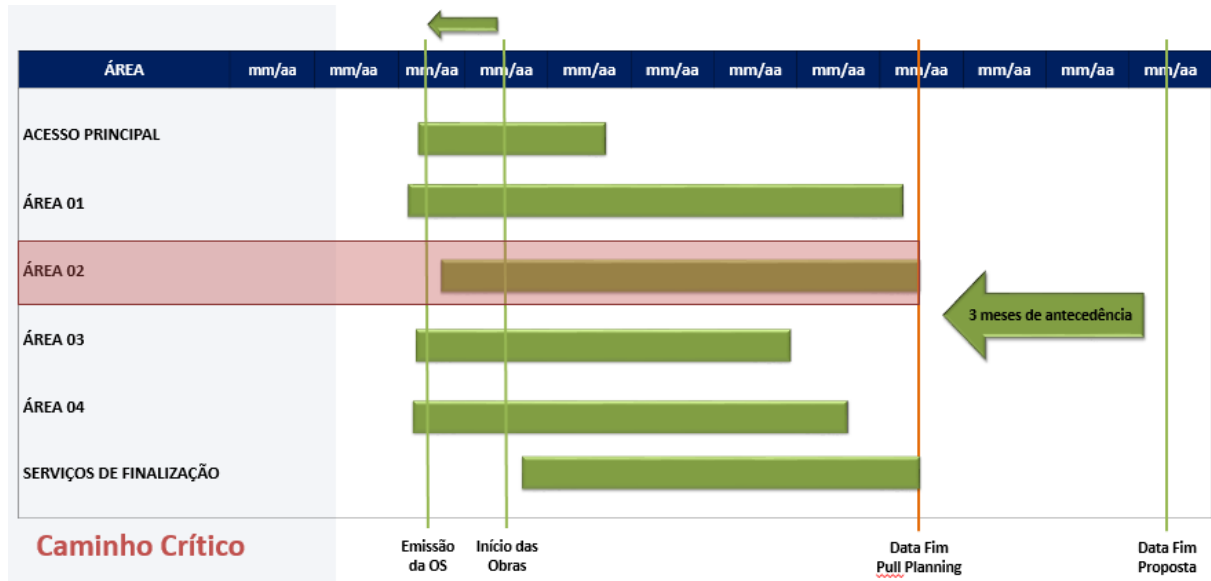
Uma vez em que se tem o cronograma *master* em mãos, gerencialmente são determinadas novas datas de término das mesmas atividades de forma estratégica, a fim de antecipar as entregas e conclusão da obra, para se evitar prejuízo para a empresa e punições do cliente devido aos marcos contratuais citados.

Com as novas datas de conclusões definidas, elaborou-se um *Pull Planning* de uma fase do projeto: um sequenciamento das atividades de trás para frente com

³ Linha de base composta por itens de escopo do projeto, cronograma e orçamento. Utilizada para acompanhar o andamento da obra em relação aquilo que foi contratualmente acordado.

horizonte de três meses, definindo-se os recursos necessários (6M⁴) para o atingimento das metas estabelecidas. A Figura 15 representa o planejamento estratégico definido pela Empresa X para o cumprimento do contrato firmado, visando antecipação de 3 meses e identificando o caminho crítico do empreendimento:

Figura 15 – Cronograma de Pull Planning proposto



Fonte: Empresa X, 2021.

Essa etapa de *phase scheduling* foi feita de forma colaborativa com participação do Planejamento, juntamente com o setor de Excelência Operacional e de Produção – responsável pela gestão da execução das atividades no campo –, além de todos os outros setores de apoio da obra (Engenharia, Medição e Controle, Meio Ambiente, Saúde e Segurança, Suprimentos e Administração) e, principalmente, dos Mestres de Obras, supervisores das equipes que executarão as atividades.

Nessa fase, restrições antes passadas despercebidas foram identificadas, definiu-se o caminho crítico da obra, fluxo de trabalho confiável, metodologia

⁴ São eles: mão de obra, material, máquina, meio ambiente, método e medida. Os 6M são utilizados para identificação e eliminação de restrições para que uma atividade possa ser programada sem que haja nenhuma paralisação na produção.

executiva e premissas adotadas para execução das atividades propostas naquele período de tempo definido.

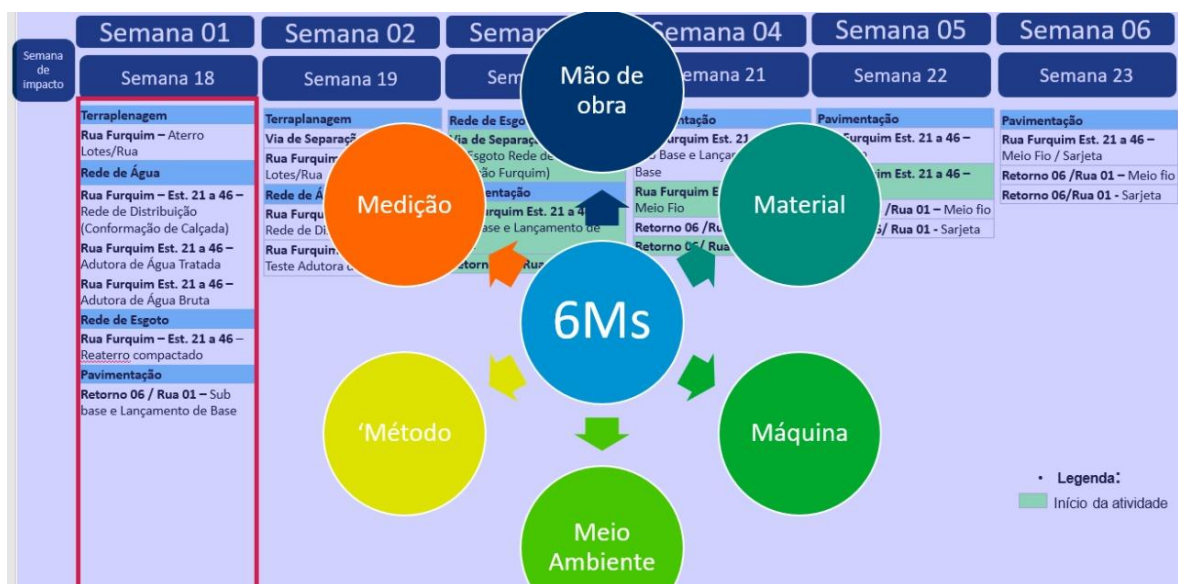
Com as atividades distribuídas ao longo do tempo, é possível definir o histograma de mão de obra necessária e por qual período de tempo, histograma de equipamentos, linha do tempo de suprimentos, oportunidades de melhorias e levantamento de ações com responsáveis e datas. Dessa forma, todos os envolvidos ficaram nivelados e cientes das necessidades do projeto, permitindo que contribuam de forma positiva para o desdobramento do empreendimento.

5.1.3 SIX WEEK LOOKAHEAD

O processo de *Lookahead* do LPS na Empresa X visava decompor as atividades do *Pull Planning* em pacotes de trabalho e operações com horizonte de seis semanas do projeto, daí o nome *Six Week Lookahead* (6WLA), uma reunião semanal com participação obrigatória de todos os setores.

A Figura 16 exemplifica um painel utilizado na reunião de 6WLA, com as atividades que devem ser executadas nas seis próximas semanas, para facilitar e sistematizar a análise de restrições a médio prazo através da triagem das atividades nas semanas.

Figura 16: exemplo de painel da 6WLA



Fonte: Empresa X, 2021.

Uma vez que restrições eram levantadas, definia-se ações com responsáveis e datas para resolução das pendências, sendo aqui a última oportunidade de eliminar tais restrições, combinar o fluxo de trabalho à capacidade produtiva, atualizar, revisar e definir as programações semanais.

A Figura 17 ilustra um exemplo de planilha utilizada para controlar as ações/restrições levantadas pelo responsável e seu respectivo setor.

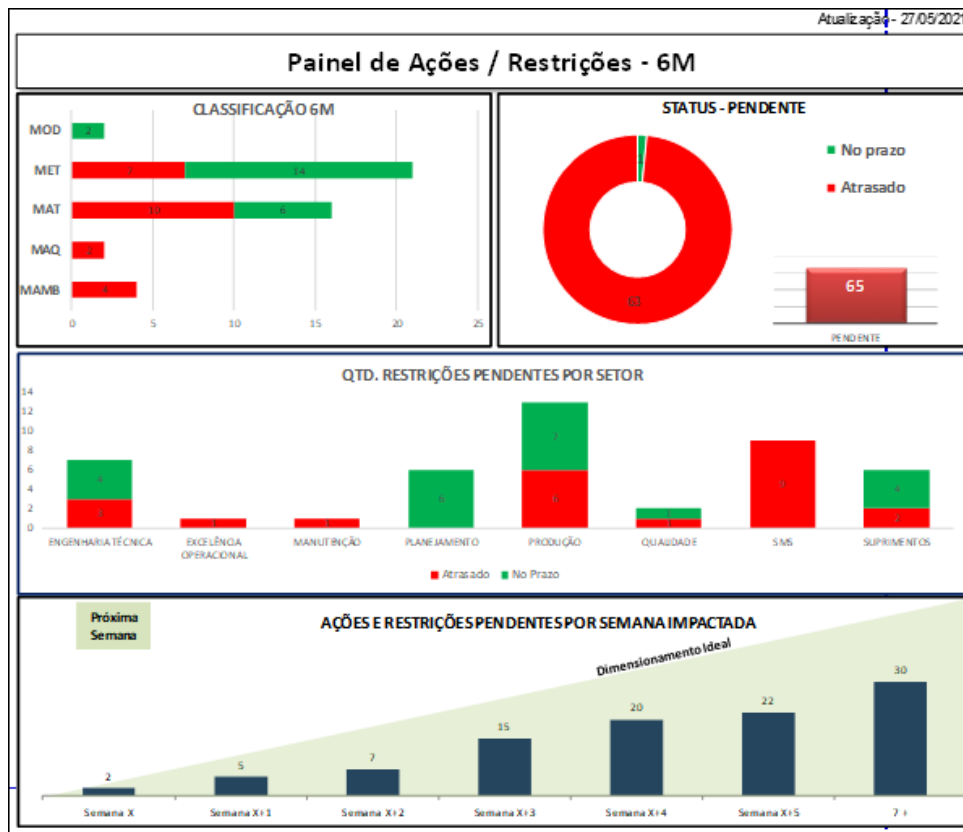
Figura 17 – Planilha de controle de ações/restrições

ITEM	6M	LOCAL	DISCIPLINA	AÇÕES / RESTRIÇÕES	SEMANA IMPACTO				TIPO	REUNIÃO ORIGEM	RESPONSÁVEL	SETOR	PRAZO		STATUS
					DATA	SEM.	CRÍTICO?	INÍCIO					TERMINO		
1	MAQ	GERAL	TERRAPLENAGEM	Mobilização de equipamentos de	d/mm/é	XX		ESTRIÇÃO	6WLA	FULANO	MANUTENÇÃO	#####	#####	Concluído	
1	MET	DESSO PRINCIP	CONTENÇÃO	Concluir o Teste de Arrancamento no Ramo A	d/mm/é	XX		AÇÃO	6WLA	CLICLANO	PRODUÇÃO	#####	#####	Concluído	

Fonte: Empresa X, 2021.

A Figura 18 mostra as informações que ficavam visíveis em um Painel de Restrições, o qual era atualizado e disponibilizado semanalmente para todos, após a reunião de 6WLA.

Figura 18 – exemplo de Painel de Ações e Restrições levantadas nas reuniões de 6WLA



Fonte: Empresa X, 2021.

É possível identificar um “dimensionamento ideal” para as ações/restrições levantadas. Esse dimensionamento sugere o máximo de restrições levantadas na sexta semana, para que sejam sanadas pelos responsáveis ao longo do tempo e chegar na primeira semana com poucas ou nenhuma restrição. Permitindo, assim, que as atividades previamente definidas no *pull planning* sejam programadas para a próxima semana.

5.1.4 PROGRAMAÇÕES SEMANAIS

Como dito anteriormente, as programações semanais são a compilação daquilo que foi levantado durante a reunião de 6WLA e colocado na semana 1 (semana seguinte a atual) sem que haja nenhuma restrição para execução da atividade. Caso haja alguma, tal serviço não deve ser programado e reprogramado para uma semana futura, retroalimentando o planejamento.

As programações semanais são elaboradas pelo setor de Planejamento juntamente com a Produção, com aval dos Engenheiros de frente e seus mestres de obras, e tem como objetivo detalhar todos os serviços que devem ser executados diariamente para nortear o cumprimento das atividades.

Para isso, ela deve conter todos os encarregados (equipes) que se tem disponível para execução das atividades, levando em consideração os índices de produtividade orçados e o efetivo real de cada equipe, dimensionando o serviço a fim de se aproveitar ao máximo a mão de obra e evitar ociosidade no campo.

Abaixo segue um exemplo de uma programação semanal emitida pela Empresa X, a qual identifica a equipe, local, tipo do serviço, quantidade de equipe, descrição da atividade, unidade de medida do serviço e quantidade total a ser executada diariamente.

Figura 19 – exemplo de folha tarefa com os serviços a serem executados diariamente

ID	Equipe	Área	Rua	Descrição da Atividade	Serviço	Item	QTDE EQUIPE	GREDESTA	SINALEIRO	ARMADOR	MONTADOR	AJUDANTE	PEDREIRO	CARPITEIRO	ENCANADOR	MOTORISTA	PREV	UN.	dd/mm	dd/mm	dd/mm	dd/mm	dd/mm	dd/mm	QTD. SEMANA
																			SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SÁB	
1	Equipe 1	Área 02 e 04	Rua 01 / Furquim	Organização e limpeza da área	Atividade M.O.												PREV	%	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67	100,00
2	Equipe 1	Área 02	ADME MM	Compactação de Material - ADME MM	HH EQ Rolo	2.4.7											PREV	Hp	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	45,00
3	Equipe 1	Área 04	Rua Furquim	Execução de limpeza e regularização de calçadas - Rua Furquim - Est. 18 a 00													PREV	%	50,00	50,00					100,00
4	Equipe 1	Área 02	Rua 01	Reaterro compactado - Rede de esgoto	DREN - Reaterro Manual	3.5											PREV	M3	30,00	30,00					60,00

Fonte: Empresa X, 2021.

5.1.5 REUNIÕES DIÁRIAS

No início de cada dia, são realizadas reuniões rápidas de 10 a 15 minutos, conhecidas como *check-in* para alinhamento e comunicação, apontando as atividades a serem realizadas naquele dia. Ao término de cada dia, são realizados os *check-out* com os encarregados de campo, também reuniões rápidas, para verificação da porcentagem programada e concluída diária (PPC), apontando as dificuldades e elaboração de um plano de ação para correção dos imprevistos e desvios diários, como pode ser visto na Figura 20.

Figura 20 - exemplo de quadro de check-out, gráfico de PPC diário e plano de ação



Fonte: Empresa X, 2021.

5.1.6 TORRE DE CONTROLE

As reuniões de Torre de Controle são realizadas semanalmente por cada setor, para fechamento dos dados compilados da semana anterior, ou seja, discussão acerca dos avanços do projeto com auxílio de KPIs, dentre eles o PPC, índices de produtividade das equipes, equipamentos, disponibilidade mecânica, perdas previstas e não previstas, etc.

Com discussões acerca da atualização do plano de trabalho com dados reais e análise de desempenho de cada unidade é feita a retroalimentação do planejamento, levantando os desvios ocorridos, aprendendo com os erros para evitar que ocorram novamente, garantindo assim a melhoria contínua do processo.

6 *PULL PLANNING* ELABORADO

O cronograma inicial citado no item 5.1.1 previa um prazo de execução dos serviços de 9 meses e, por outro lado, o *pull planning* pensado inicialmente no item 5.1.2, propôs a execução do empreendimento em 6 meses de obra, conforme pode ser observado na Figura 15 – Cronograma de Pull Planning proposto .

Entretanto, nas semanas iniciais da obra, observou-se um certo desprendimento do que estava sendo programado semanalmente em relação ao planejamento proposto. Fato que preocupou a equipe de gerência, a qual solicitou um plano de ação para recuperação do planejamento, momento em que foi proposta a elaboração de um novo *pull planning*. Desta vez com um horizonte menor de tempo, ao invés de 6 meses como proposto inicialmente – reforçando aquilo citado no capítulo 4.1.2, de ter um horizonte de médio prazo, de aproximadamente 3 meses.

Logo, o segundo objeto de estudo deste trabalho é a aplicação desse plano puxado, o qual foi iniciado a partir da Semana 10 até a Semana 23 do empreendimento, ou seja, projetado para um cenário de 13 semanas de duração.

6.1 QUANTIDADES E DADOS

A Tabela 2 a seguir representa o escopo considerado na elaboração do planejamento, como os serviços de: terraplanagem (corte, aterro e reforço), *underground*⁵ (rede de distribuição, adutora de água tratada, bruta e rede de esgoto), pavimentação (sub-base, base, meio fio e sarjeta) e drenagem superficial (valetas, sarjetas, canais, caixas coletoras e descidas d'água).

⁵ Aqueles serviços que ficam “debaixo da terra”, utilizados como infraestrutura do local, como tubulações para adução de água e rede coletora de esgoto.

Tabela 2 – Escopo considerado no *pull planning*

DISCIPLINAS	SERVIÇOS	QTDE.	UN.
DRENAGEM SUPERFICIAL	Caixas coletoras	45,00	un.
	Descidas d'água	390,00	m
	Canais	660,00	m
	Valetas e sarjetas	7.200,00	m
UNDERGROUND	Rede de Distribuição	7.104,00	m
	Adutora Água Tratada	2.646,00	m
	Adutora Água Bruta	1.980,00	m
	Rede de Esgoto	3.156,00	m
TERRAPLANAGEM	Corte	113.029,00	m3
	Reforço	15.444,00	m3
	Aterro Ruas/Lotes	37.117,00	m3
PAVIMENTAÇÃO	Meio fio	7.800,00	m
	Sarjeta	10.264,00	m
	Sub-base	8.682,00	m3
	Base	13.153,00	m3

Fonte: Empresa X, 2021.

Com os quantitativos em mãos, definiu-se junto aos Engenheiros de frente e mestres de obras quais as produtividades que seriam adotadas no planejamento. A partir dessas produtividades, um estudo foi realizado para definição dos traços das equipes a serem formadas para execução de cada serviço, uma avaliação com base nas composições de preço unitário⁶ (CPU) obtidas no orçamento. Um exemplo que pode ser citado é o traço de equipe de sarjeta apresentado abaixo:

Tabela 3 – Traço da equipe de sarjeta com base de CPU e o real ajustado

SARJETA 60m/dia	CPU	Real Ajus.
AJUDANTE	7,25	4,00
PEDREIRO	5,60	2,00
CARPINTEIRO	0,17	2,00
ENCARREGADO DE CIVIL	1,59	1,00
OPERADOR DE MOTONIVELADORA		0,15
MOTORISTA DE CARRO PESADO	0,250	0,250
	14,86	9,40

Fonte: Empresa X, 2021.

⁶ Base de estimativa de custo de uma obra, que detalha todos os serviços e atividades realizadas com respectivos índices de produtividades, preços de materiais, mão de obra e outros insumos.

A Tabela 3 nos mostra as funções (ajudante, pedreiro, carpinteiro, encarregado e motorista) previstas em orçamento para execução de escavação, carga e transporte, regularização, forma e concreto (atividades necessárias para execução de uma sarjeta); a quantidade de cada função que se tinha direito de utilizar com base nas CPUs para desempenhar a produtividade de 60m/dia acordada; e, na coluna de “Real Ajuste”, a quantidade real ajustada pela Produção, que de fato seria utilizado para atender a produtividade, baseada principalmente em conhecimentos empíricos dos supervisores e engenheiros.

Por exemplo: tinha-se direito de utilizar 7,25 ajudantes para executar a atividade e estar dentro do custo orçado, entretanto concluiu-se que com apenas 4 ajudantes seria possível atingir a meta estabelecida. Por outro lado, as CPUs não previam a utilização de motoniveladora, mas por metodologia executiva adotada optou-se por utilizá-la.

Com os quantitativos totais de cada serviço, produtividades acordadas, traços de equipes nivelados, metodologias executivas adotadas e data término definida, distribui-se as atividades ao longo do tempo da data de conclusão para trás, sequenciando as atividades de forma lógica e de forma que sejam exequíveis.

Abaixo segue um resumo dos diversos cronogramas gerados para cada área da Cidade B englobando as disciplinas citadas na Tabela 2 com a aplicação do *pull planning*, representado de forma simplificada para melhor ilustrar e menos expor o empreendimento e a Empresa X:

Figura 21 – cronograma simplificado gerado pelo *pull planning*

CIDADE B					
ÁREA	INÍCIO	TÉRMINO	jul/21	ago/21	set/21
ACESSO PRINCIPAL	01/jul	23/jul			
ÁREA 01	01/jul	27/ago			
ÁREA 02	01/jul	30/set			
ÁREA 03	01/jul	10/ago			
ÁREA 04	01/jul	28/set			

Fonte: Empresa X, 2021.

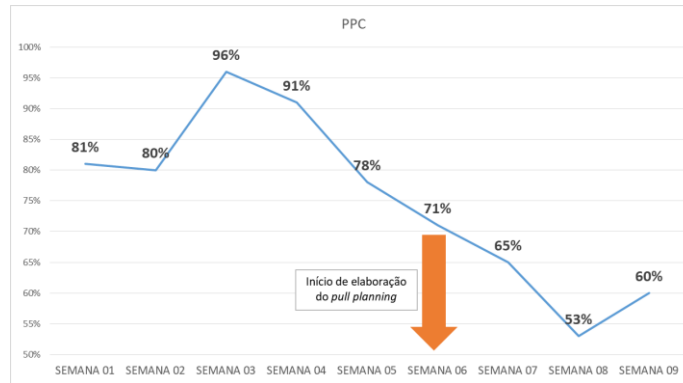
7 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS OBTIDOS

Relembrando, o PPC é uma medida da **eficácia** do planeamento da produção, que pode ser representado pela fórmula abaixo:

$$PPC = \frac{\text{atividades programadas concluídas}}{\text{total de atividades programadas}}$$

Através do gráfico de PPC abaixo, pode-se perceber que desde a Semana 03 iniciou uma queda da eficácia do planejamento, a qual ficou mais preocupante para a equipe a partir da Semana 06 em que se aproximou dos 70%. Por esse fato, iniciou-se nessa semana a elaboração do novo *pull planning*.

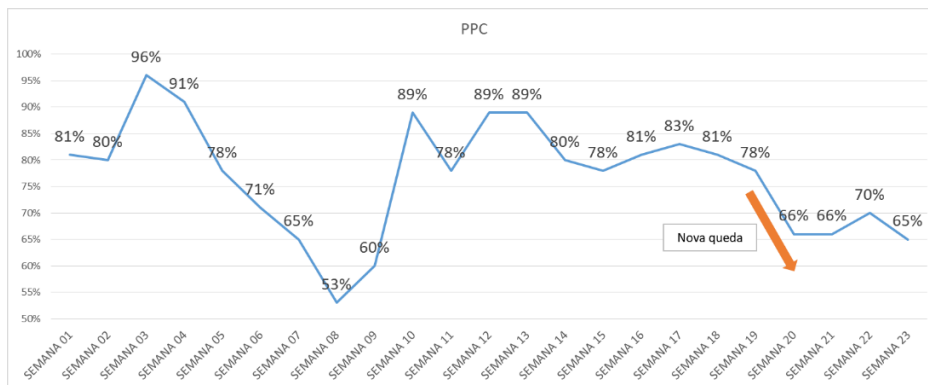
Gráfico 2 - PPC apurado semanalmente



Fonte: Empresa X, 2021.

Nele é possível identificar que após a Semana 06, os números ainda pioraram atingindo o mínimo de 53% na Semana 08, a partir daí há uma retomada e na Semana 10 de aplicação do *pull planning* o PPC sobe para 89%, ficando estabilizado por volta de 80-90%, como pode ser visto no Gráfico 3:

Gráfico 3 - PPC apurado semanalmente



Fonte: Empresa X, 2021.

Além disso, nota-se também uma nova queda no PPC de 78% para 66% e mantendo-se nessa faixa nas semanas finais de horizonte do plano puxado proposto, o que liga o alerta novamente na equipe, momento no qual poderia ser elaborado um novo planejamento de retomada para os próximos meses.

7.1 HISTOGRAMA DE MÃO DE OBRA E EQUIPAMENTOS

Uma vez que os serviços foram distribuídos ao longo do tempo de acordo com as premissas adotadas em conjunto, com auxílio dos softwares *MS Excel* e *Project*, foi possível gerar histogramas de mão de obra e equipamentos que seriam necessários para o atingimento dos objetivos estabelecidos. A Tabela 4 representa semanalmente a mão de obra direta para o exemplo do mês de julho:

Tabela 4 - histograma de mão de obra gerado a partir do *pull planning*

MÊS	JULHO				
SEMANA	SEM11	SEM12	SEM13	SEM14	média
ENCARREGADO DE CIVIL	16,00	23,00	32,00	34,00	27,00
AJUDANTE	65,00	87,00	98,00	109,00	89,00
PEDREIRO	37,00	48,00	57,00	72,00	47,00
ENCANADOR	4,00	5,00	8,00	10,00	8,00
CARPINTEIRO	28,00	33,00	34,00	37,00	37,00
ARMADOR	8,00	9,00	9,00	7,00	9,00
MECÂNICO INDUSTRIAL	-	1,00	2,00	2,00	2,00
ENCARREGADO DE TERRAPLENAGEM	9,00	10,00	9,00	5,00	7,00
GREIDISTA	9,00	9,00	8,00	3,00	5,00
MOTORISTA DE CARRO PESADO	24,81	26,36	29,15	18,75	18,00
OPERADOR DE ESCAVADEIRA	6,00	7,00	7,00	5,00	6,00
OPERADOR DE MOTONIVELADORA	5,00	6,00	5,00	3,00	4,00
OPERADOR DE RETROESCAVADEIRA	3,00	4,00	5,00	6,00	5,00
OPERADOR DE TRATOR DE ESTEIRAS	4,00	5,00	5,00	2,00	4,00
OPERADOR DE ROLO COMPACTADOR	5,00	6,00	5,00	3,00	5,00
OPERADOR DE TRATOR DE PNEUS	4,00	4,00	4,00	1,00	3,00
OPERADOR DE CARREGADEIRA	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
OPERADOR DE ROLO DE CONTROLE REMOTO	-	1,00	1,00	1,00	1,00
MOD UNDERGROUND + TRP	228,81	286,36	320,15	320,75	279,00

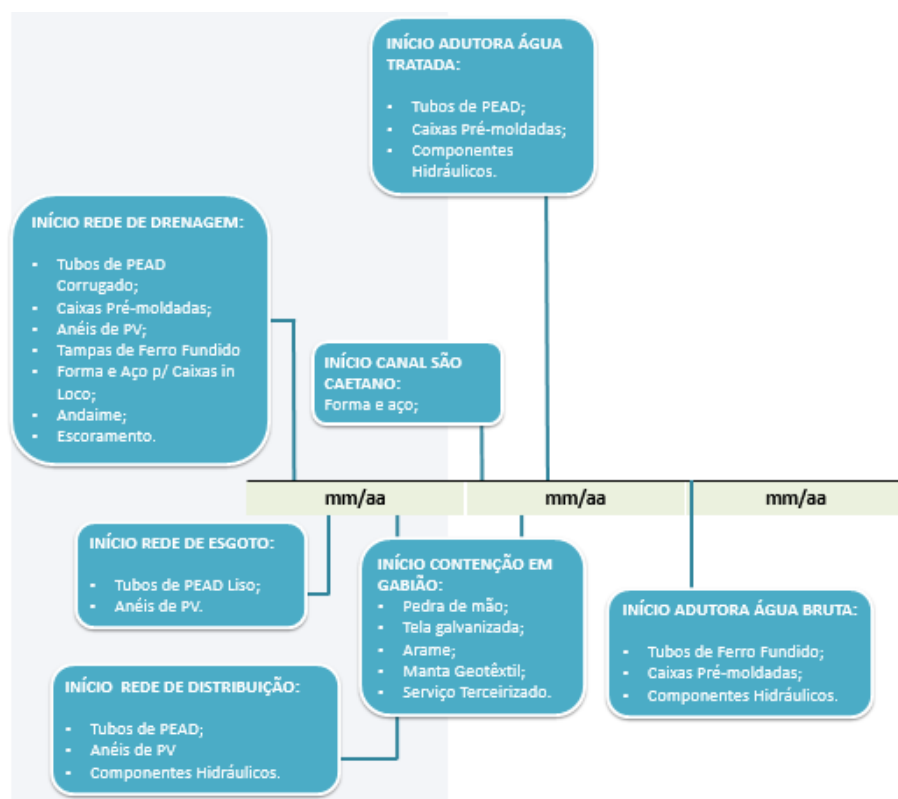
Fonte: Empresa X, 2021.

Assim como exemplificado para o mês de julho, também foi gerado para os meses de agosto e setembro. Como o empreendimento já estava em sua Semana 10, com determinado número de pessoas já contratadas, foi possível a partir daí, iniciar um plano de mobilização para suprir o déficit das funções da quantidade real em relação a prevista pelo histograma.

7.2 LINHA DO TEMPO DE SUPRIMENTOS

Além do cronograma e histograma, foi possível também gerar uma linha do tempo de suprimentos – setor responsável pela compra de materiais da obra. Ou seja, foi dado um panorama geral de materiais e quando eles seriam necessários para execução das atividades, “puxando” os insumos para dentro do planejamento, sendo possível a antecipação de cotações e entregas, evitando possíveis faltas de qualquer recurso ao longo da obra.

Figura 22 - linha do tempo suprimentos



Fonte: Empresa X, 2021.

Por fim, fica evidente ao longo do desenvolvimento do *pull planning*, a eficácia deste sistema uma vez em que é apresentado todo o escopo e combinado o processo executivo adotado para execução das atividades entre todos os setores envolvidos no projeto. Dessa forma, cada um fica guiado e ciente de suas respectivas necessidades e atribuições para que o planejamento seja efetivo – como as contratações para o setor de administração, compra de materiais para o setor de suprimentos, mobilização de equipamentos para o setor de manutenção, etc.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde o início de desenvolvimento do trabalho foi destacada a importância do planejamento para o progresso, o qual é intrínseco e presente em nossas vidas desde os primórdios da humanidade.

Trazendo o tema para o âmbito da construção civil, em períodos de crises e restrições de mercado, empresas têm de ser mais efetivas, reduzir desperdícios, e aumentar a produtividade da equipe. O planejamento e controle saltam as vistas nessa questão para as empresas se reinventem e sobrevivam no mercado.

Logo, caracterizou-se a forma tradicional de planejamento e sua dificuldade de aplicação em projetos dinâmicos, complexos e rápidos. Devido a essa dificuldade, muitas empresas não aplicam o planejamento, levando na base da improvisação ou confiando na experiência de seus engenheiros no cumprimento de prazos e custos e, quando aplicam, fazem-no de forma errônea.

Com intuito de mitigar as dificuldades do modelo convencional, veio à tona a Construção Enxuta, filosofia que visa o cumprimento de objetivos estabelecidos em conformidade ao orçamento definido e unido a qualidade nas entregas, através do foco no processo e na eliminação de desperdícios nesse fluxo.

Partindo dos princípios do *Lean Construction*, surge a metodologia do *Last Planner System*, a qual propõe um planejamento colaborativo entre todos da equipe de diferentes níveis de hierarquia ao longo de todo o processo, para que assim todos estejam alinhados em relação ao que vai ser executado, com qual metodologia executiva e sequência adotada.

Além disso, o LPS sugere a utilização de técnicas *pull*, para detalhar uma parcela de um cronograma inicial num horizonte de aproximadamente três meses, “puxando” todas informações, materiais, insumos, metodologias necessárias e em qual momento certo para se atingir os objetivos inicialmente definidos.

Feito o *pull planning*, um processo de “olhar para frente” (*lookahead*) é utilizado para visualizar o plano a médio prazo a fim de antecipar e eliminar restrições das atividades para que elas possam ser programadas conforme planejadas inicialmente ou reprogramadas para datas futuras, retroalimentando o planejamento.

Como forma de comprovar a eficácia de todo o processo proposto, foi feita a descrição das rotinas do LPS vividas pelo próprio autor durante um ano na Empresa X, em um empreendimento de construção da infraestrutura da Cidade B.

Ressalta-se aqui a importância da identificação e análise de restrições relacionadas às atividades, definindo ações com responsáveis e prazos para resolução, a fim de “proteger” a produção, programando-se aquelas tarefas que de fato podem ser completadas com sucesso, garantindo que se tenha todos recursos disponíveis – mão de obra, material, máquina, método, meio ambiente e medição.

Portanto, fica aqui uma sugestão de continuidade e aprofundamento de pesquisa: teoria das restrições, classificando-as e identificando potenciais variabilidades que impeçam a realização de atividades em campo, que podem afetar o planejamento inicial acordado.

Nota-se também uma direta correlação entre a aplicação do *Pull Planning* e a eficácia do planejamento através da medição do indicador PPC e também fortalece a ideia de que o plano puxado deve ser realizado para um horizonte de aproximadamente três meses, conforme resultado obtido e analisado no Capítulo 7.

Infelizmente, nenhuma análise pode ser feita do custo em relação ao LPS, pois esses dados não podem ser divulgados para preservar a imagem do empreendimento e da Empresa X. Por outro lado, entende-se que o planejamento esteja intimamente ligado ao orçamento e quanto melhor planejado e mais aderente é a produção, mais lucrativo será o projeto.

Por fim, a análise de desvios e de KPIs que auxiliem na avaliação do andamento da obra são indispensáveis para que erros cometidos não se repitam e o projeto melhore continuamente, atingindo as metas estabelecidas dentro dos prazos, custos e qualidade combinados com o cliente – este que de fato define o que é valor no empreendimento.

9 REFERÊNCIAS

ABDELHAMID, T.; SALEM, S. **Lean Construction**: a new paradigm for managing construction projects. International Workshop on innovations in materials and design of Civil Infrastructure. Cairo, Egito: [s.n.]. 2005.

ARANTES, P. C. F. G. LEAN CONSTRUCTION – FILOSOFIA E METODOLOGIAS. **Dissertação Mestrado**, Porto, 2008. 108.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production: An Essential Step in Production Control. **Journal of Construction Engineering and Management**, Janeiro 1998.

BALLARD, G.; HOWELL, G. A. Implementing Lean Construction: Stabilizing Wrok Flow. **Proceedings of the 2nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, Santiago, Chile, Outubro 1994.

BALLARD, G.; HOWELL, G. A. **An Update on Last Planner**. 11ª Conferência Anual do Grupo Internacional de Lean Construction. Blacksburg, Virginia: [s.n.]. 2003.

BALLARD, G.; SEPPÄNEN, O.; PESONEN, S. The Combination of Last Planner System and Location-Based Management System. **Lean Construction Journal**, p. 43-54, 2010.

BALLARD, H. G. The Last Planner System of Production Control. **Dissertation for the degree of Doctor Philosophy at the Faculty of Engineering of The University of Birmingham**, Birmingham, May 2000.

BOFF, R. J. **PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO**: Um estudo em empresas e instituições do Distrito Federal. Dissertação de Mestrado. Florianópolis, SC: [s.n.]. 2003. p. 160.

CAMPOS, R. et al. **A Ferramenta 5S e suas Implicações na Gestão da Qualidade Total**. Simpep - Simpósio de Engenharia de Produção. [S.l.]: [s.n.]. 2005. p. 12.

COSTA, B. F. **Estudo sobre os ganhos obtidos com a adoção do Last Planner System aplicado ao planejamento e controle na construção de uma**

usina hidrelétrica de grande porte. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 85. 2017.

FILHO, J. I. P.; ROCHA, R. A. D.; SILVA, L. M. D. **Planejamento e controle da produção na Construção Civil para gerenciamento de custos.** Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis, SC : [s.n.]. 2004. p. 8.

FORMOSO, C. T. **A Knowledge based framework for planning house building projects.** Tese de Doutorado. [S.l.]: University of Salford. 1991. p. 341.

FORMOSO, C. T. **Lean Construction: princípios básicos e exemplos.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, p. 12. 2002.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean.** Cardiff: Lean Enterprise Research Centre, 2000.

KOSAKA, D. Kata: criando a cultura da melhoria contínua. **Lean Institute Brasil,** 2013.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. **Center for Integrated Facility Engineering,** Finlândia, p. 81, Agosto 1992.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. **Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process.** Construction Management and Economics. [S.l.]: [s.n.]. 1987. p. 243-266.

LIMMER, C. V. **Planejamento Orçamentação e Controle de Projetos e Obras.** Rio de Janeiro: LTC, 1997.

MACHADO, R. L. A Sistematização de Antecipações Gerenciais no Planejamento da Produção de Sistemas da Construção Civil. **Tese de Doutorado,** Universidade Federal de Santa Catarina, p. 282, 2003.

MATTOS, A. D. **Planejamento e Controle de Obras.** São Paulo: Pini, 2010.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção:** além da produção em larga escala. [S.l.]: Bookman, 1997.

REDAÇÃO ABRAINC. ABRAINC. **ABRAINC,** 2021. Disponível em: <<https://www.abrainc.org.br/abrainc-explica/2021/06/28/abrainc-explica-a->

importancia-da-construcao-civil-para-impulsionar-a-economia-brasileira/>. Acesso em: 16 dezembro 2021.

SACOMANO, J. B.; JÚNIOR, W. A. **Uma análise da evolução histórica da estrutura funcional do planejamento e controle da produção**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. [S.l.]: [s.n.]. 2001. p. 8.

SHINGO, S. **A Study of the Toyota Production System From an Industrial Engineering Viewpoint**. Cambridge: Productivity Press, 1989.

SILVA, L. **Checklistfacil Blog**, 2021. Disponível em: <<https://blog-pt.checklistfacil.com/voce-ja-ouviu-falar-no-programa-5s/>>. Acesso em: 30 nov. 2021.

TEIXEIRA, L. P.; CARVALHO, F. M. A. D. A construção civil como instrumento do desenvolvimento da economia brasileira. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, n. 109, p. 9-26, 2005.

TOSTA, J. P. Restrições de processos construtivos de edifícios: uma abordagem a partir de engenheiros de obras. **Dissertação de Mestrado**, Vitória, 2013. 163.

VENTURA, M. M. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista SoCERJ**, Rio de Janeiro, p. 383-386, 2007.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. Lean Thinking Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. **Free Press, Simon & Schuster, Inc.** , New York, n. 2, p. 9, Abril 2003.