

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Leonardo de Souza

**IMPLEMENTAÇÃO DO LAST PLANNER EM UMA
INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS**

Porto Alegre
Outubro de 2022

LEONARDO DE SOUZA

**IMPLEMENTAÇÃO DO LAST PLANNER EM UMA
INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Daniela Dietz Viana

Porto Alegre
Outubro de 2022

LEONARDO DE SOUZA

**IMPLEMENTAÇÃO DO LAST PLANNER EM UMA
INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, Outubro de 2022

BANCA EXAMINADORA

Profa. Daniela Dietz Viana (UFRGS)

Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Profa Iamara Rossi Bulhões (UFRGS)

Doutora pela Universidade Estadual de Campinas

M.Sc. Fernanda Saidelles Bataglin (UFRGS)

Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho à minha família, Izabel,
Antonio, Aline e Daniel pelo apoio
e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar e de maneira mais importante, agradeço a minha família, em especial a minha mãe Izabel, que sempre esteve ao meu lado e me apoiou em todos os momentos da graduação e ao meu pai Antonio, que mesmo não estando mais conosco nesse plano, sempre me guiou pelos melhores caminhos e foi minha fonte de força e determinação através do seu exemplo de vida. Também gostaria de agradecer de maneira especial meus irmãos, Aline e Daniel, os quais sempre foram motivo de orgulho e admiração, trazendo sempre companheirismo e alegria em nossa relação. Eu amo todos vocês!

De maneira especial agradeço a minha namorada Fernanda, por todo apoio e compreensão ao longo desse jornada. Foi minha parceira de TCC em algumas noites e sempre esteve disposta a ajudar. Obrigado por todo carinho e por ter sido meu refúgio nos momentos de dificuldades. Amo você!

Aproveito também para agradecer os meus familiares, em especial ao meu primo Felipe que me norteou nessa jornada pela qual já tinha percorrido. Nossas conversas e troca de conhecimentos foram fundamentais para o meu desenvolvimento.

Sou muito grato também aos meus amigos e colegas, em especial ao nosso grupo composto pelo Thiago, Franco, Guilherme Veiga, Pedro, Dimitrius e Guilherme Hamerski, vocês são pessoas fenomenais e que tenho orgulho de ter por perto. Obrigado pela parceria, pelo apoio nos estudos e trabalhos e por todos momentos memoráveis ao longo desse período.

Agradeço profundamente aos engenheiros e colegas de trabalho que tive a oportunidade de trabalhar junto, vocês foram fundamentais para a minha formação e principalmente pela experiência adquirida.

Agradeço a empresa Água Santa Estruturas que disponibilizou e permitiu que fossem implementadas as propostas do trabalho com autonomia e todo suporte possível. Quero deixar minha gratidão ao diretor e amigo Renan que sempre confiou no meu trabalho e agradecer em seu nome todos os funcionários que foram fundamentais para o desenvolvimento do trabalho.

Por fim, agradeço imensamente a minha professora orientadora Daniela Dietz pela sua disponibilidade e dedicação em direcionar e ampliar a discussão do trabalho através do compartilhamento do seu conhecimento e experiência. Sua compreensão e apoio foram fundamentais para a realização deste trabalho. As críticas construtivas, discussões e reflexões foram essenciais para a transformação das ideias em ações.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Guia de Gestão BBT (CALÉ, 2015, adaptado de DEFFENSE, 2010)	10
Figura 2: Níveis de Planejamento na metodologia Last Planner System (MOURA, 2008).....	11
Figura 3: Formação de atribuições no processo de planejamento Last Planner (Adaptado de BALLARD, 2000).	13
Figura 4: Fluxograma da implementação do trabalho proposto	16
Figura 5: Tentativa de implementação de planejamento de produção pela empresa no início de 2022	16
Figura 6: Marcadores em amarelo das peças que deveriam passar pelo setor de consoles	16
Figura 7: Adiantamento do processo de desforma	20
Figura 8: Buffer de desacoplamento desenvolvido pelo autor	21
Figura 9: Trecho da planilha de planejamento de longo prazo.....	21
Figura 10: Planejamento Médio Prazo: Plano de ações	223
Figura 11: Trecho Master Plan detalhado após planejamento de médio prazo: semana 3	23
Figura 12: Trecho do planejamento de comprometimento referente a semana 3.....	24
Figura 13: Trecho planejamento semana 1	24
Figura 14: Peças executadas x peças planejadas durante a semana 1 e 2.....	25
Figura 15: Anomalias durante a semana 1 e 2: sobrecarga da ponte rolante.....	26
Figura 16: Percentual de Pacotes concluídos ao final da quarta semana de aplicação do método Last Planner	27
Figura 17: Resultado final do PPC	28
Figura 18: Mapa de absenteísmo ao longo das semanas de implementação	28
Figura 19: Reunião de alinhamento e cultura com o setor produtivo.....	30
Figura 20: Anomalias e Causas de não conclusão dos pacotes de trabalho	31
Figura 21: Número de anomalias x PPC	31
Figura 22: Avaliação da produção pela percentual de peças concluídas.....	32
Figura 23: Avaliação da produção pelos volumes executados	32
Figura 24: Relação da anomalia de sobrecarga da ponte rolante com PPC	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
2 LEAN CONSTRUCTION.....	8
3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO ATRAVÉS DO LAST PLANNER SYSTEM	11
4 MÉTODO.....	13
5 SISTEMA DE PRODUÇÃO E PLANEJAMENTO DA EMPRESA	146
6 APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA LEAN CONSTRUCTION COMO BASE DA CULTURA	17
7 PROPOSTA DE MODELO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO COM A FERRAMENTA LAST PLANNER.....	20
8 IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS	24
9 CONCLUSÃO E DISCUSSÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS	34

IMPLEMENTAÇÃO DO LAST PLANNER EM UMA INDÚSTRIA DE PRÉ-FABRICADOS

IMPLEMENTATION OF THE LAST PLANNER IN A PREFABRICATION INDUSTRY

RESUMO

A gestão de uma indústria de pré-fabricados, em função do grande fluxo de informações entre a fábrica, logística e a obra, é acompanhada de incertezas que causam baixa produtividade e dificultam o planejamento. A literatura destaca que a implementação de uma cultura enxuta baseadas nos princípios da Lean Construction são fundamentais para o aumento da produtividade e da confiabilidade do fluxo de informações. Estudos apontam que o Last Planner system é destacado como a principal ferramenta para a implementação de uma cultura enxuta e para um sistema de planejamento e controle da produção eficaz. O uso da metodologia Last Planner aliada aos princípios do Lean traz confiabilidade ao fluxo de informações que se refletem no aumento da produção. Com isso, o presente trabalho tem por objetivo implementar o modelo de planejamento e controle de produção Last Planner em uma indústria de pré-fabricados de concreto, localizada na cidade de Água Santa – RS, buscando soluções para aumentar a produtividade e gerar um modelo de planejamento aplicável e funcional.

Palavras chave: Pré-fabricados; Planejamento e controle de produção; Lean Construction; Last Planner System

ABSTRACT

The management of a prefabricating industry, due to the large flow of information between the factory, logistics, and the work, is accompanied by uncertainties that cause low productivity and hinder planning. The literature highlights that the implementation of a lean culture based on the principles of lean construction is fundamental for increasing the productivity and reliability of the flow of information. Studies indicate that the last planner system is highlighted as the main tool for the implementation of a lean culture and for an effective production planning and control system. The use of the Last Planner methodology combined with lean principles brings reliability to the flow of information that is reflected in the increase in production. With this, the present work aims to implement the last planner in a prefabricated concrete industry, located in the city of Água Santa RS, seeking solutions to increase productivity and generate an applicable and functional planning model.

Keywords: Prefabricated; Production planning and control; Lean construction; Last Planner System

1 INTRODUÇÃO

A utilização de sistemas construtivos pré-fabricados traz benefícios, como a redução dos custos totais, redução do tempo de execução, melhoria da qualidade e redução de perdas na produção, quando comparado à métodos tradicionais de construção (DEFFENSE; CACHADINHA, 2011). Segundo Koskela (2003), a industrialização da construção pode ser observada como a transferência de parcelas de atividades do canteiro de obras para um ambiente fabril mais controlado. Contudo, a intensa demanda de informações entre a fábrica e a obra em relação a fabricação, logística e processos de montagem, tende a causar um alto nível de incertezas, que são trazidas para dentro da fábrica (BATAGLIN et al 2017).

Deffense e Cachadinha (2011), concluíram que é possível obter melhorias significativas no sistema de produção de componentes pré-fabricados de concreto armado por meio da implementação dos princípios da filosofia lean. De acordo com Koskela (1992), o lean construction é uma filosofia baseada em reduzir as atividades que não agregam valor.

Os princípios da filosofia lean podem trazer excelentes resultados quando aplicados, aumentando a eficiência dos processos (BERNARDES, 2001). Segundo Deffense e Cachadinha (2011), a redução de desperdícios e o aumento de produtividade podem ser alcançados com técnicas simples e de baixo custo. Calé (2015), apontou que para que ocorra a consolidação da cultura Lean, faz-se necessário a utilização de ferramentas.

Ballard (2000), evidenciou que o modelo de planejamento baseado no Last Planner atenua as variabilidades e aumenta a confiabilidade dos fluxos de informação, protegendo o sistema de produção contra as incertezas. Conforme os estudos de Rodrigues e Picchi (2010), o Last Planner System é uma das ferramentas mais utilizadas no setor da construção, que inclusive é indicada como a ferramenta de maior relevância para a aplicação dos conceitos lean. A proposta de Ballard (2000) consiste na divisão do planejamento em três hierarquias: planejamento de longo prazo, de médio prazo e de curto prazo. Ballard e Howell (1996b) destacaram que o planejamento possibilita a produção de metas que podem ser controladas por meio da gestão dos processos produtivos. A possibilidade de metrificar a eficiência do planejamento também foi apresentada por Ballard (2000) com a utilização do percentual de pacotes concluídos.

Visando solucionar os problemas apresentados, o presente trabalho tem por objetivo implementar o last planner em uma indústria de pré-fabricados de concreto, localizada na cidade de Água Santa – RS, buscando soluções para aumentar a produtividade e gerar um modelo de planejamento aplicável e funcional.

2 LEAN CONSTRUCTION

Segundo Koskela (1992), o lean construction é uma maneira de desenvolver projetos de produção que buscam diminuir as perdas de materiais, tempo e esforços, com o objetivo de gerar o máximo valor possível. Reforçado por Calé (2015), a filosofia lean estimula o fazer mais com menos, ou seja, reduzir os esforços, tempo, equipamentos e custos, através de um entendimento melhor dos processos, gerando desse modo os produtos e serviços no tempo e quantidade que os clientes desejam.

A origem da produção enxuta que embasou os conceitos do lean foi desenvolvida pelo engenheiro Ohno, da Toyota, que preconiza a eliminação de desperdícios com o desenvolvimento do Sistema Toyota de produção, que segundo Howell (1999) e Deffense (2010), baseia-se nos seguintes conceitos: a) entregar valor ao cliente eliminando tudo que não agrega valor ao produto final; b) organizar a produção como um fluxo contínuo; c) criar um

fluxo confiável, parando a linha de produção, puxando o estoque e distribuindo as informações e tomadas de decisões para um aperfeiçoamento do produto; d) perseguir a perfeição, entregando sob encomenda um produto que satisfaça as necessidades do cliente sem a necessidade de estoque. (WOMACK; JONES, 1996).

Na construção enxuta, os processos são assumidos como um fluxo de materiais, desde o recebimento da matéria prima até o produto final (FORMOSO, 2000). Um dos princípios da mentalidade enxuta é o fluxo contínuo (HOWELL, 1999; BULHÕES; PICCHI, 2011). Para que sejam evidenciados os problemas de produção é necessário que haja a retirada do estoque da produção, o que é resultado imediato da implementação do fluxo contínuo, pois ocorre a redução do lead time, ou seja, o intervalo de tempo entre a entrada de matéria prima e o despacho dos produtos finais. (LIKER, 2004; WOMACK; JONES, 1996 apud BULHÕES e PICCHI, 2011).

Em função dos produtos e das condições que caracterizam uma obra, a variabilidade e a incerteza tendem a serem altas (FORMOSO, 2000). Além disso, temos dois fatores que tendem a causar problemas no fluxo de trabalho, que são a variabilidade na produção e a falta de sincronização dos processos (BULHÕES; PICCHI, 2011). Segundo Formoso (2000), a variabilidade pode ser atenuada com a padronização de processos.

Com a industrialização da construção civil, principalmente no que se refere a pré-fabricados, a necessidade de dois ambientes de produção que são a fábrica e o canteiro de obras, tende a tornar o processo construtivo mais vulnerável e complicado. (KOSKELA, 1992, apud BATAGLIN et al., 2017). Outrossim, existe no sistema de pré-fabricados uma grande demanda de permuta de informações entre a fábrica e a obra, com o objetivo de ajustar a fabricação com as operações logísticas e o processo de montagem. Esse modelo construtivo tende a ter um alto nível de incertezas, que são trazidas também para a fábrica. (BATAGLIN et al., 2017). Desse modo, observa-se que o compartilhamento de informações e o trabalho conjunto entre a obra e a fábrica são fundamentais para o desenvolvimento e eficiência do planejamento e controle da produção (CHAN; ZENG, 2004). Neste âmbito, há uma lacuna aplicável dos conceitos e princípios da filosofia Lean Construction (BATAGLIN et al., 2017).

Com base nos estudos realizados por Koskela (1992), Formoso (2000) apresentou um conjunto de princípios para a gestão dos processos baseados na mentalidade enxuta. Os princípios da filosofia Lean podem trazer resultados excelentes na eficiência da produção (BERNARDES, 2001). Segue a apresentação de alguns dos princípios propostos por Koskela (1992):

- Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor: a melhoria na eficiência dos processos passa pela eliminação ou redução de algumas atividades de fluxo que geram desperdícios (FORMOSO, 2000; BERNARDES, 2001; DEFFENSE, 2010; CALÉ, 2015).
- Aumentar o valor do produto com base nos requisitos dos clientes, sejam eles internos ou externos. Faz-se necessário o mapeamento dos processos, pois para cada atividade existe um cliente das atividades seguintes, bem como clientes do produto final. A análise das necessidades dos clientes antes da execução é capaz de reduzir retrabalhos (FORMOSO, 2000; BERNARDES, 2001).
- Diminuir a variabilidade, uma vez que a variabilidade tende a aumentar o tempo de ciclo, bem como das atividades que não agregam valor (FORMOSO, 2000; BERNARDES 2001). Segundo Formoso (2000), podemos definir as variabilidades em 3 grupos: a)

variabilidade nos processos anteriores; b) variabilidade no próprio processo; c) variabilidade na demanda.

- Reduzir o tempo de ciclo. Este princípio está fortemente ligado à necessidade de comprimir o tempo disponível como ferramenta para a redução das atividades que não agregam valor (FORMOSO, 2000). A redução do tamanho dos lotes em subprodutos tende a diminuir as frentes de trabalho, além de facilitar a identificação de problemas na produção (FORMOSO, 2000; CALÉ, 2015). Essa redução está intrinsicamente relacionada ao sistema construtivo pré-fabricado, pois o tamanho e sequência de produção e montagem são questões críticas para o sistema ETO (MATT; DALLASEGA; RAUCH, 2015, apud BATAGLIN et al., 2017). Simplificação através da minimização do número partes ou passos (FORMOSO, 2000; BERNARDES, 2001; CALÉ, 2015). Segundo Calé, 2015, “para haver simplificação é necessário haver uniformização em vez de variabilidade”.
- Aumentar a flexibilidade na execução do produto base nos seguintes critérios: a) com a redução do tamanho dos lotes e do lead time (FORMOSO, 2000); b) utilização de equipes polivalentes (FORMOSO, 2000; BERNARDES, 2001).
- Aumentar a transparência do processo utilizando controles visuais (DEFFENSE, 2010; CALÉ, 2015). Segundo Formoso (2000), o emprego de indicadores relacionados o desempenho dos processos é uma maneira de aplicação do princípio.

Para que haja uma consolidação da cultura Lean nas organizações, faz-se necessário a utilização de ferramentas (CALÉ, 2015). Segundo Deffense (2010), a implementação de uma equipe de transição e melhoria contínua é denominada Black Belt Team (BBT), que tem como função analisar e compreender os processos da empresa, bem como dominar os conceitos Lean, controlando e verificando a prática das alterações propostas pela equipe.

Figura 1: Guia de Gestão BBT (CALÉ, 2015, adaptado de DEFFENSE, 2010)

Definir	Medir	Analisar	Melhorar	Controlar
<ul style="list-style-type: none"> • Definir as fronteiras do projeto e estabelecer os objetivos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar e recolher informação para estabelecer o estado atual do processo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar a informação recolhida para estabelecer relações de causa e efeito. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver soluções e alterações para os problemas analisados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vigiar as alterações para verificar que as melhorias são conseguidas e mantidas.

Ainda sobre a utilização de ferramentas Lean, estudos realizados por Rodrigues e Picchi (2010) apontaram que o Last Planner System (LPS) é uma das ferramentas utilizadas com maior frequência na indústria da construção. Um estudo de revisão sistemática bibliográfica que comparou e identificou as diferentes práticas Lean implementadas na Indústria da Construção apontou que há consenso entre os autores que o LPS é a ferramenta de maior relevância, pois envolve e está relacionada a diferentes abordagens de planejamento (BABALOLA et al., 2019).

3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO COM O LAST PLANNER SYSTEM

Para Ackoff (1976), o planejamento é um processo de tomada de decisões que antecede à ação no qual se busca meios eficazes para alcançá-lo. Com essa premissa, temos que o planejamento está intimamente relacionado com a tomada de decisões, tendo em vista que através das decisões que as metas podem ser estabelecidas e, conseqüentemente, cumpridas (BERNARDES, 2001).

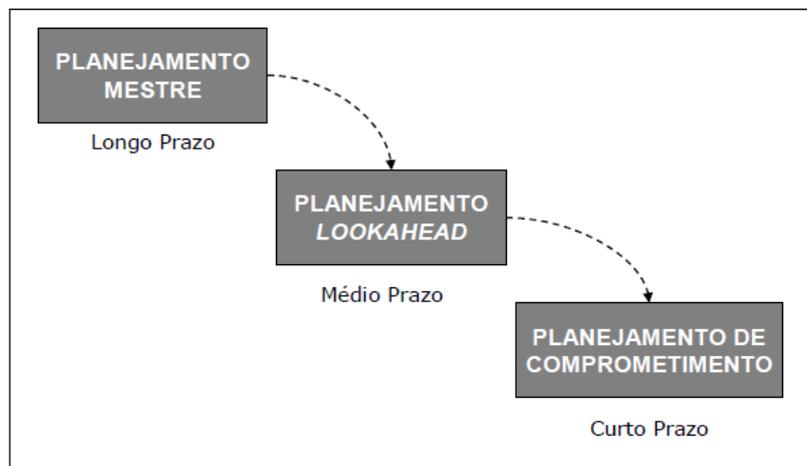
Existem 4 quesitos, na prática, que o planejamento deve definir: o que fazer (atividades), como fazer (métodos), quem irá fazer (recursos) e quando deve ser realizado (cronograma) (LAUFER; TUCKER, 1987). Segundo Formoso (1999), para que as metas provenientes do processo de planejamento sejam efetivas deve haver procedimentos de controle. Corroborando a afirmação acima, a eficácia de um sistema de controle tem que estar ligada ao sistema de planejamento, criando um fluxo contínuo de planejamento e controle. (LAUFER; TUCKER, 1987 apud MOURA, 2008).

A produção de metas através do planejamento possibilita uma gestão dos processos produtivos, ao mesmo tempo que o controle faz com que as metas sejam cumpridas, avaliando suas conformidades e trazendo assim informações para a preparação dos próximos passos do planejamento (BALLARD; HOWELL, 1996b). No entanto, a falta de controle tende a aumentar as incertezas correlacionadas ao planejamento, dificultando a sua utilização como meio de moldar o futuro (BALLARD, 2000 apud FERNANDES 2022).

De acordo com Moura (2008), vem sendo adotada uma nova ferramenta desde os anos 90 para estruturar o processo de planejamento e controle da produção. A metodologia em questão foi denominada de *Last Planner System of production Control* (BALLARD, 2000). Esta ferramenta vai de encontro com os princípios e conceitos da produção enxuta (WOMACK; JONES, 1996 apud MOURA, 2008).

Segundo Ballard (2000), o Sistema Last Planner atua na tentativa de proteção da produção com a redução da variabilidade no curto prazo, analisando as restrições para elevar a confiabilidade dos fluxos de trabalho. As literaturas sugerem uma divisão do planejamento em uma hierarquia de 3 níveis: planejamento de longo prazo (master plan); planejamento de médio prazo (lookahead) e planejamento de curto prazo (comprometimento) (BALLARD, 2000; MOURA, 2008; CHIBINSKI, 2012).

Figura 2: Níveis de Planejamento na metodologia Last Planner System (MOURA, 2008).



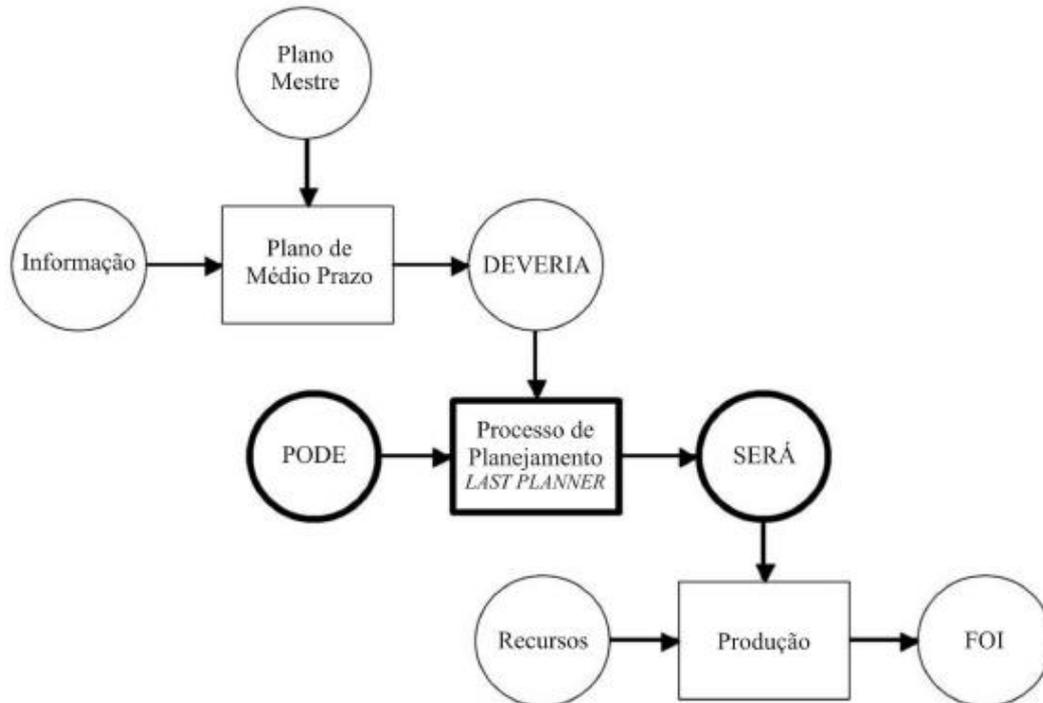
O planejamento de longo prazo ou master plan é gerado para facilitar a identificação dos objetivos principais do projeto, possuindo um baixo grau de detalhamento devido ao alto grau de incertezas relacionadas às entregas. (LAUFER, 1997; BALLARD, 2000). De acordo com Bernardes (2003), nesta fase devem ser programadas as entregas de recursos que demandam um prazo grande de aquisição, como por exemplo aluguel de equipamentos e contratação de mão-de-obra.

Seguindo a hierarquia de planejamento do LPS, temos o planejamento lookahead, o qual busca vincular as tarefas fixadas no plano mestre com as designadas de curto prazo (FORMOSO, 1999; HOWELL e BALLARD, 1997 apud BERNARDES, 2003). Nesta fase, há um maior detalhamento do planejamento de longo prazo, ajustando as premissas de acordo com a maior disponibilidade de informações. Desse modo, os fluxos de trabalhos são analisados, visando a uma sequência de atividades que minimize as tarefas que não agregam valor ao processo (BERNARDES, 2001). Com isso, as restrições que impedem as execuções das atividades no curto prazo são removidas, promovendo uma mudança de status das atividades que deviam ser feitas para um status de devem e podem ser executadas, o que caracteriza uma produção puxada. (BALLARD, 2000).

No plano de curto prazo, ocorre a definição dos pacotes que serão executados a cada semana. Os pacotes devem orientar de forma direta o que deve ser executado através das atribuições das equipes (BALLARD, 2000). Os pacotes são resultado da remoção das restrições que ocorre no plano de médio prazo (FORMOSO, 1999). Ainda segundo Ballard (2000), as equipes devem se comprometer a realizar os trabalhos nas reuniões que ocorre com os últimos planejadores (FORMOSO, 1999). Moura (2008) descreve que a formação dos pacotes deve seguir os seguintes parâmetros: a) definição dos pacotes com especificações claras quanto a materiais; b) Deve haver disponibilidade dos recursos; c) deve ser levado em consideração a capacidade produtiva na definição do tamanho dos pacotes; d) devem ser analisadas os pacotes que não foram concluídos para definir ações corretivas e aplicar o conceito de aprendizagem.

Contudo, é necessário que haja como medir a eficácia do planejamento em relação ao que foi executado. Segundo Ballard (2000), isso pode ser feito utilizando o indicador PPC, que representa a porcentagem de pacotes concluídos. O indicador é calculado por meio do quociente entre o número de pacotes concluídos sobre o número de pacotes planejados. É fundamental que seja monitorado o motivo de não conclusão dos pacotes, pois os dados levantados do monitoramento permitem que os mesmos sejam analisados e, desse modo, servindo como um sistema de aprendizagem (BALLARD, 2000).

Figura 3: Formação de atribuições no processo de planejamento Last Planner (Adaptado de BALLARD, 2000).



4 MÉTODO

O método de pesquisa adotado para o trabalho é o *constructive research* (pesquisa construtiva). Segundo Lukka (2003), essa metodologia tem a proposta de produzir meios inovadores que atuem na solução de problemas reais, com o intuito de contribuir com a teoria da área que for aplicada. O trabalho tem como objetivo imolementar o planejamento e controle da produção com o uso da ferramenta Last Planner System com base na filosofia Lean Construction em uma empresa de pré-fabricados, mais especificamente na fábrica, que é onde ocorre a conversão da materiais prima em produtos para a posterior montagem no canteiro de obras.

A aplicação foi realizada e avaliada em uma empresa de estruturas metálicas e de concreto pré-fabricado, localizada no município de Água Santa – RS. Vale ressaltar que o presente trabalho fez a aplicação focada na fábrica de concreto pré-fabricado, excluindo da análise e implementação a fábrica de estruturas metálicas. A empresa está inserida no mercado de estruturas metálicas a 10 anos e inseriu-se ao mercado de pré-fabricados de concreto armado há 4 anos. A empresa é voltada a obras relacionadas ao agronegócio, como pavilhões para o gado leiteiro, pavilhões para avicultura e também pavilhões para armazenagem de grãos. A média de volume de concreto produzido mensalmente é de 170m³, sendo estes para a produção de pilares, vigas, placas de fechamento, placas de contenção e lajes. Todos os elementos produzidos são pré-fabricados de acordo com as necessidades dos clientes.

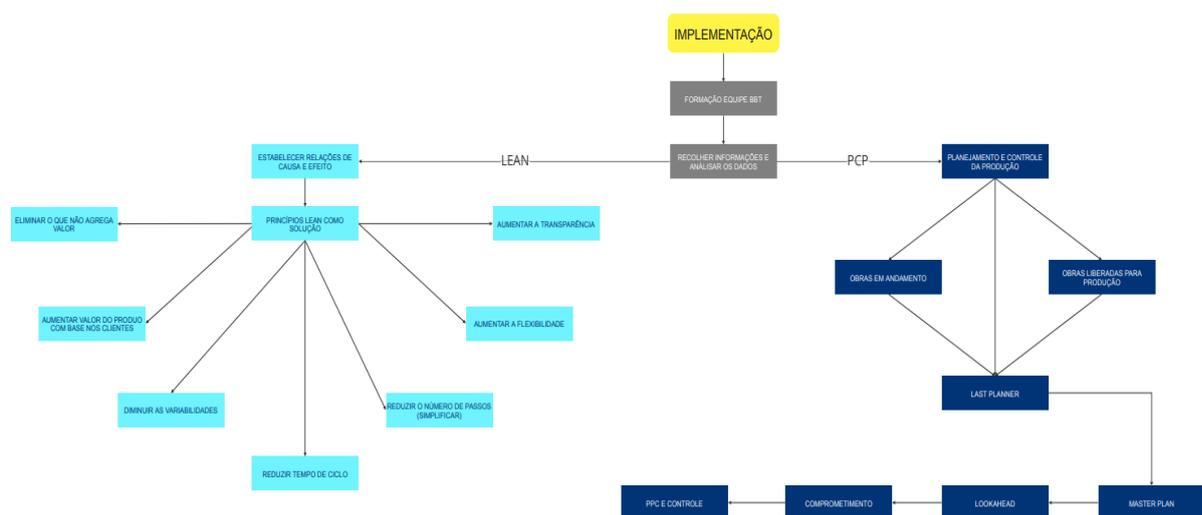
A implementação foi dividida em dois grupos de aplicação que ocorreram simultaneamente: a aplicação dos princípios da filosofia Lean Construction e o planejamento e controle da produção através da ferramenta Last Planner. Para o primeiro item, foi feito uma análise da cultura e dos processos da empresa com base na literatura de Koskela (1992) e

Formoso (2001), para que sejam propostas medidas para que haja a incorporação da mentalidade enxuta na fábrica. Já para o planejamento e controle da produção, será implementado o Last Planner com seus três níveis de planejamento: longo prazo, médio prazo e curto prazo. O foco principal do planejamento será o lookahead (médio prazo) e o planejamento de comprometimento (curto prazo). Já a parte do controle ficará sob análise das anomalias provenientes dos pacotes de trabalho não concluídos que serão avaliados pelo Percentual de Pacotes Concluídos (PPC).

A implementação do Last Planner ocorreu ao longo de 9 semanas, entre os dias 01 de agosto e 30 de setembro de 2022. As evidências e dados foram observados pelo próprio pesquisador, com base na rotina profissional, o qual trabalha como estagiário e atua ativamente no setor de orçamentos e planejamento e controle da produção. Outrossim, a análise do processo produtivo e da operação da fábrica, bem como da conduta profissional em relação a cultura da empresa foram feitos pelo autor. Além disso, houve a participação e implementação dos processos de planejamento com base em reuniões com a direção e o setor de engenharia da empresa com a participação do gestor da fábrica de pré-fabricados. O pesquisador também participou ativamente nas reuniões iniciais do planejamento, propondo a implementação do modelo na primeira reunião de longo prazo. Com a base do planejamento feita, houveram outras reuniões, sendo quatro de médio prazo e oito de curto prazo, totalizando assim 13 reuniões de planejamento. Não obstante, foram realizadas entrevistas informais com os funcionários e gestores do processo produtivo.

O primeiro passo rumo a implementação sólida de uma cultura de produção com a mentalidade enxuta foi o desenvolvimento da equipe BBT, que foi composta pelo setor de engenharia que é integrado por um engenheiro civil, dois estagiários de engenharia civil (um deles sendo o autor) e pelo gerente de produção da fábrica, conforme sugerido por Calé (2015). Com a formação da equipe, analisou-se o setor produtivo com base nos princípios mencionados no item 2 durante uma semana, entre os dias 01 de agosto até o dia 05 de agosto de 2022.

Figura 4: fluxograma da implementação do trabalho proposto.



5 SISTEMA DE PRODUÇÃO E PLANEJAMENTO EXISTENTE DA EMPRESA

O sistema de produção da empresa é voltado a industrialização da construção civil por meio da utilização de estruturas metálicas e de concreto pré-fabricado. Com o foco na fábrica

de pré-fabricados, observa-se que existe uma produção puxada quando se percebe que o que é produzido advém de um pedido de cliente sob encomenda. No entanto, ao observar a esfera de planejamento e controle da produção, conseguimos verificar que o sistema é completamente o oposto, ou seja, uma produção empurrada, onde o planejamento não é formalizado em nenhum dos três níveis hierárquicos apresentados.

Os projetos das estruturas dos empreendimentos que a empresa atende são desenvolvidos em específico para as necessidades dos clientes, levando em consideração as restrições que as formas metálicas impõem. Além do desenvolvimento específico de projetos, a empresa também atua na comercialização de projetos padronizados de pavilhões para atender as demandas do agronegócio de maneira ágil.

A fábrica estava funcionando por meio de um planejamento informal, onde o setor de engenharia repassava os pedidos de produção através de etiquetas com os detalhamentos das peças ao setor de ferragem. Com isso, o setor de ferragem conversava com o gerente de produção sobre as peças que pretendiam concretar no dia para produzir as armaduras. Com a conversa, o gerente de produção repassava as informações para o setor de formas organizar os recursos e prepará-las. A definição das peças a serem executadas era feita no mesmo dia da produção, não havendo um planejamento que referenciasse o que deveria ser executado em um determinado período de tempo. Esse sistema gerava muitas incertezas e problemas no fluxo de informações, o que ocasionava uma baixa produtividade da fábrica.

Houve uma tentativa de implementação de planejamento no início do ano de 2022. Na ocasião, foi avaliada toda a produção que estava liberada para a produção pelo setor comercial para uma estimativa dos prazos de produção e entrega de obras. A execução deu através de uma planilha que continha as: as formas disponíveis na fábrica e os dias que haveria produção. Sendo assim, foi feito o preenchimento com as peças em cada uma das formas, formando um cronograma da produção. O lançamento das peças na planilha buscava preencher a maior quantidade de formas possíveis em função das peças que deveriam ser produzidas. A coordenação desse modelo foi feita pela engenheira responsável da empresa na época e também pela direção da empresa, os quais em conjunto preenchiam a planilha.

Notou-se que alguns pontos importantes passaram despercebidos na concepção do planejamento. A maneira de empurrar a produção com tudo que deveria ser feito não trouxe os resultados esperados. Isso ocorreu por que não houve a implementação dos três níveis de planejamento descritos por Ballard (2000). A falta de um planejamento de médio prazo focado em remover as restrições e disponibilizar os recursos necessários para a efetividade do plano inicial foi o fator principal. Com isso, o processo permaneceu com muitas incertezas e variabilidades que não foram mitigadas no ambiente do planejamento. Atrelados a isso, não foram detalhadas as atividades semanais para cada elemento pré-fabricado que deveria ser executado com a liberação dos recursos, ou seja, incluindo o termo pode junto com o deve ao fazer o lançamento do planejamento. Por fim, a produção diária não foi monitorada e avaliada para o entendimento das anomalias que estavam prejudicando a conclusão dos pacotes de trabalho que eram repassados. Sem os dados provenientes do controle a direção, a direção e a engenharia julgaram que os atrasos estavam ocorrendo por baixa produtividade da mão de obra. Nenhum iniciativa foi tomada após os resultados da tentativa de implementação.

Figura 5: Tentativa de implementação de planejamento de produção pela empresa no início de 2022

		Forma Pilar 15m	Forma 21m	Forma dupla	Forma Viga I	Forma Viga II	Forma Placa I
SEGUNDA	07/fev	ARRUMAR FORMA	2 Luciano 25x40	02 Laércio/ 01 Luciano oitão	02 Marcelo	02 Luciano 20x55	02 Laércio
TERÇA	08/fev	Marcelo Caraça	2 Luciano 25x40	02 Luciano var/ 5 20x20 Luciano	02 Marcelo	02 Luciano 20x55	02 Laércio
QUARTA	09/fev	Marcelo Caraça	2 Luciano 25x40	02 Luciano var/ 5 20x20 Luciano	02 Marcelo	02 Luciano 20x55	02 Laércio
QUINTA	10/fev	Marcelo Caraça	2 Luciano 25x40	02 Luciano var/ 5 20x20 Luciano	02 Marcelo	02 Luciano 20x55	02 Marcelo
SEXTA	11/fev	Marcelo Caraça	2 Luciano 25x40	02 Luciano var/ 5 20x20 Luciano	02 Marcelo	02 Luciano 20x55	02 Marcelo
SABADO	12/fev						
DOMINGO	13/fev						
SEGUNDA	14/fev	Marcelo Caraça	Mercado todo dia	02 Luciano var/ 5 20x20 Luciano	02 Marcelo	02 Luciano 20x55	02 Marcelo
TERÇA	15/fev	Marcelo Caraça	Nico	02 Luciano var/ 5 20x20 Luciano		02 Luciano 20x55	02 Marcelo
QUARTA	16/fev	Marcelo Caraça	Nico	02 Luciano var/ 5 20x20 Luciano	02 Marcelo	02 Luciano 20x55	02 Marcelo
QUINTA	17/fev	Marcelo Caraça	Nico	02 Luciano var/ 5 20x20 Luciano		02 Luciano 20x55	02 Marcelo
SEXTA	18/fev	Marcelo Caraça	Nico	02 Luciano var/ 4 20x20 Nico	02 Marcelo	arruma	02 Marcelo
SABADO	19/fev						
DOMINGO	20/fev						
SEGUNDA	21/fev	Marcelo Caraça	Nico	02 Rafa/ 4 20x20 Nico	02 Marcelo	vigas luciano casa	02 Marcelo
TERÇA	22/fev			04 Rafa	VAGOU	vigas luciano casa	02 Marcelo
QUARTA	23/fev			04 Rafa		vigas luciano casa	02 Marcelo
QUINTA	24/fev	Cypriano cabeça	Arrumar	04 Rafa		vigas luciano casa	02 Marcelo
SEXTA	25/fev	Cypriano cabeça	Cypriano cabeça	VAGOU um lado		VAGOU	02 Marcelo
SABADO	26/fev						
DOMINGO	27/fev						
SEGUNDA	28/fev	Cypriano cabeça	Cypriano cabeça	Vigas oitão Laércio			02 Marcelo
TERÇA	01/mar						
QUARTA	02/mar	Cypriano cabeça	Cypriano cabeça	Vigas oitão Laércio			02 Laércio comp
QUINTA	03/mar	Cypriano cabeça 7,5	Cypriano cabeça 7,5	Vigas oitão Laércio			VAGOU
SEXTA	04/mar	Cypriano cabeça 7,5	Cypriano cabeça 7,5	Vigas oitão Laércio/ Pilar Renato			
SABADO	05/mar						
DOMINGO	06/mar						
SEGUNDA	07/mar	Cypriano cabeça 7,5	Cypriano cabeça 7,5	Pilar Renato	Cypriano	Cypriano	Rafael- nico - cypriano
TERÇA	08/mar	Cypriano cabeça 7,5	Cypriano cabeça 7,5	Pilar Renato	Cypriano	Cypriano	Rafael- nico - cypriano
QUARTA	09/mar	Cypriano cabeça 7,5	Cypriano cabeça 7,5	Pilar Renato	Cypriano	Cypriano	Rafael- nico - cypriano
QUINTA	10/mar	mudar Laercio composteira	Cypriano cabeça 7,5		Cypriano	Cypriano	Cypriano 1m
SEXTA	11/mar	Laercio composteira	Cypriano cabeça 7,5	Pilares Leandro Perin	Cypriano	Cypriano	Cypriano 1m
SABADO	12/mar						
DOMINGO	13/mar						
SEGUNDA	14/mar	Laercio composteira	Cypriano 5,80 enc	Pilares Leandro Perin	Cypriano	Cypriano	Cypriano 1m
TERÇA	15/mar	Laercio composteira	Cypriano 5,80 enc	Pilares Leandro Perin	Cypriano	Cypriano	Cypriano 1m
QUARTA	16/mar	Laercio composteira	Cypriano 5,80 enc	Pilares Leandro Perin	Cypriano	Cypriano	Cypriano 1m
QUINTA	17/mar	oitões cypriano	Cypriano 5,80 enc		Cypriano	Cypriano	Cypriano 1m
SEXTA	18/mar		Cypriano 5,80 enc		Cypriano	Cypriano	Cypriano 1m

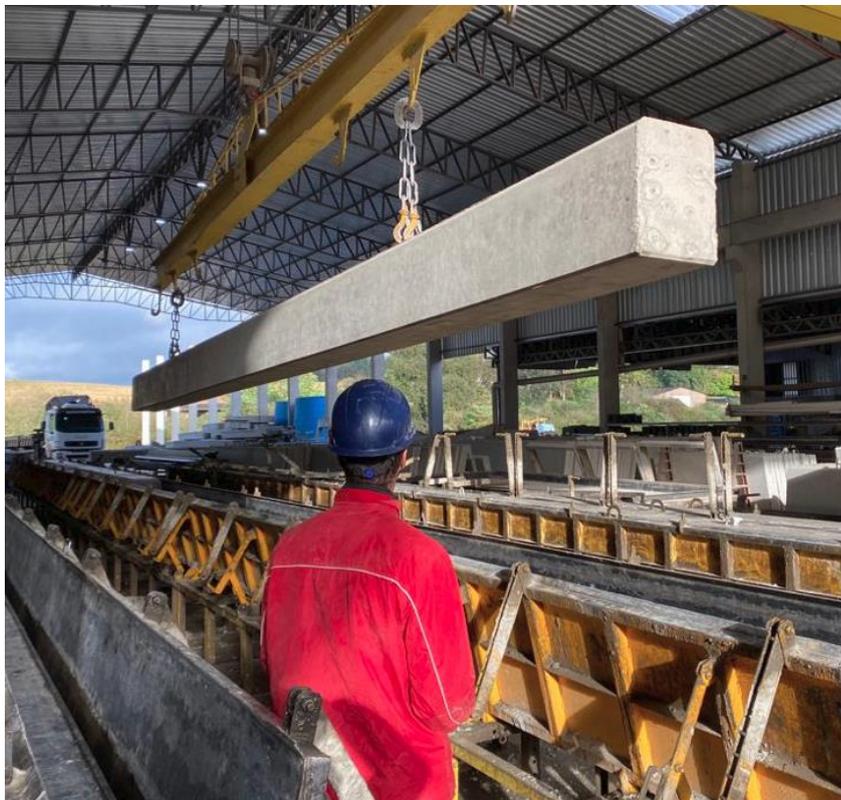
Em reuniões e conversas com os funcionários sobre a tentativa de implementação, ficou evidente a frustração e receio da mão de obra do setor produtivo quanto a uma nova tentativa de planejamento em decorrência do que havia sido proposto anteriormente, pois segundo os funcionários envolvidos, não houve um fluxo de informações entre as partes que contemplam a produção, muito menos análises das necessidades da fábrica em relação aos recursos necessários para que houvesse um bom desempenho do planejamento e da produção.

Contudo, ao indagar em uma reunião os funcionários envolvidos na fabricação sobre a premissa do que deve ser executado ao longo da semana e do mês, os mesmos ficaram sem saber o que responder. Com isso, o autor entrou na perspectiva de que um bom planejamento e controle da produção traria benefícios, não somente em relação as métricas de produção, mas também em relação a confiabilidade do fluxo de informações, evidenciando que propostas claras e detalhadas sobre a produção diminuem a incerteza que reina sobre a fábrica de pré-fabricados, trazendo confiança dos funcionários sobre o que deve ser feito e atenuando os retrabalhos. Além disso, foi apresentado aos funcionários a implementação de uma cultura enxuta da produção com base no planejamento integrado entre o setor produtivo e a engenharia da empresa. Ou seja, trazendo as ideias e sugestões do setor produtivo como ferramenta de aprendizagem e melhoria contínua a produção da empresa; outrossim, reiterou-se que o estudo do não cumprimento dos pacotes de trabalho (análise das anomalias) tem por objetivo facilitar o trabalho, identificando os problemas que impedem que as tarefas sejam executadas no prazo pré definido no planejamento de comprometimento.

Após a reunião, os próprios funcionários relacionados a produção se mostraram perspicazes e comprometidos com a implementação da proposta do presente trabalho, tendo em

- b) Aumentar o valor do produto com base nos requisitos dos clientes: a análise feita neste tópico ficou exclusiva aos clientes internos, ou seja, o próprio setor produtivo. Com base nisso, o autor observou que havia um serviço que estava gerando baixa produtividade no setor de formas: a desforma das peças no início do expediente, a qual demanda o uso da ponte rolante, que por sua vez consegue desformar apenas um elemento pré-fabricado por vez. Desse modo, os funcionários ficavam aguardando a desforma das peças para iniciarem os trabalhos de limpeza e ajuste das formas. Consoante com o que foi dito por Formoso (2000), a análise das necessidades dos clientes antes da execução é capaz de reduzir retrabalhos. Neste caso, podemos entender retrabalhos como desperdício da mão-de-obra disponível. Como medida adotada, adiantou-se o turno de dois funcionários do setor de acabamentos para que a desforma fosse executada antes do início do turno dos demais funcionários.

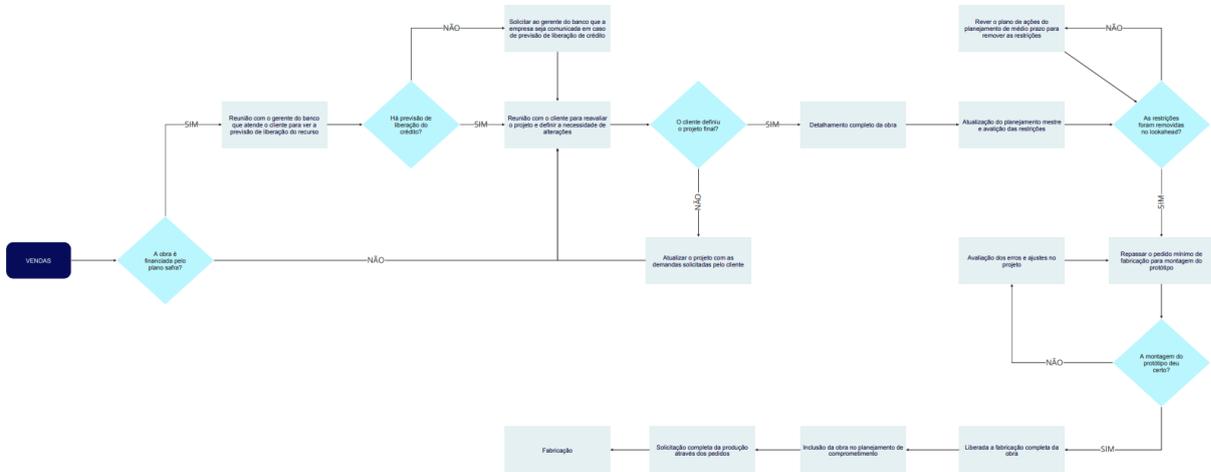
Figura 7: Adiantamento do processo de desforma



- c) Diminuir as variabilidades: neste princípio a atenção ficou voltada à variabilidade da demanda, sendo que a incerteza da demanda é uma questão fundamental para o fabricante que atende a indústria da construção (BALLARD et al., 2002). Neste caso, segundo o estudo realizado pelos autores citados acima, a adoção de uma estratégia para proteger o fabricante da incerteza da demanda é construir um buffer de desacoplamento entre a pré fabricação e fabricação (BALLARD et al., 2002). Os principais clientes que a empresa atende são voltados ao agronegócio. Neste ambiente, a grande maioria das obras vendidas fica aguardando liberação de recursos do plano safra. Muitas vezes a liberação leva meses e nesse meio tempo o cliente tem novas necessidades que precisam ser avaliadas antes da fabricação. Tendo em vista isso, foi desenvolvido um procedimento para proteger a empresa e a produção em relação as possíveis mudanças geradas pelas necessidades do cliente posteriormente ao fechamento do negócio, mais

especificamente no período que a obra está aguardando a liberação dos recursos. O procedimento está demonstrado por meio do fluxograma disposto na figura 8.

Figura 8: Buffer de desacoplamento desenvolvido pelo autor



- d) Reduzir o tempo de ciclo: a geração de estoque de armadura pronta para a etapa de concretagem deixou evidente um problema de alto tempo de ciclo. Com a análise do PPC, notou-se que alguns dias não houve a concretagem de alguns elementos pré-fabricados, principalmente dos painéis, em função de deixar a tarefa de concretagem somente para o final do dia, sistema típico de uma produção empurrada. Com isso, qualquer sobre carga dos equipamentos ou problemas relacionados a etapa da concretagem estavam inviabilizando o cumprimento dos pacotes de trabalho definidos no planejamento de curto prazo. Diante disso e de acordo com o que foi implementado por Ballard et al. (2002), puxou-se a etapa de concretagem assim que a peça estivesse pronta para o processo final, independente de aguardar todas as peças estarem prontas para a execução da concretagem, como estava sendo feito na fábrica.
- e) Simplificar diminuindo o número de passos: a armazenagem das peças em locais que impossibilitavam que o próprio caminhão fizesse seu carregamento acarretava em uma movimentação desnecessária, tendo em vista que os elementos pré moldados eram primeiramente movimentados até o estoque e posteriormente do estoque até o setor de carregamento. Adotou-se a medida de armazenar as peças prontas que estão aguardando o despacho logístico em uma posição da fábrica que permita o acesso para que os próprios caminhões façam o carregamento utilizando seu guindaste.
- f) Aumentar a flexibilidade: também relacionado a diminuição do tempo de ciclo aplicado no item d, entendeu-se a flexibilidade na análise com o uso de mão de obra polivalente que se adapte aos ajustes necessários quanto a um fator recorrente e importante: o absentismo. Desse modo, o gerente de produção ganhou autonomia no manejo dos setores e utilizando a mão de obra de maneira polivalente dentro da organização.
- g) Aumentar a transparência do processo: a falta de planejamento e de pacotes de trabalho claros informados no planejamento de curto prazo acarretava na falta de transparência do processo. Além disso, a gestão visual era inexistente até mesmo pela falta de indicadores e planejamento. De acordo com Calé (2015) e Deffense (2010), controles visuais promovem um aumento de transparência dos processos. Houve a implementação

de um quadro na fábrica com o planejamento de semanal, respaldado pelo indicador PPC e com marcadores nas peças que deveriam passar pelo setor de acabamentos, conforme descrito no item a.

7 PROPOSTA DE MODELO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO COM A FERRAMENTA LAST PLANNER

O modelo de planejamento e controle implementado baseou-se nos estudos de Ballard (2000) sobre a metodologia Last Planner. Foi dividido o planejamento em três níveis: longo prazo, médio prazo e curto prazo. Como a fábrica estava funcionando e tinha compromissos de produção referente a entrega de peças para a equipe de logística e de montagem, houve a necessidade de conciliação do que estava sendo executado com a produção das obras que a fabricação ainda não havia iniciado.

Para o nível de longo prazo, o primeiro passo dado foi a coleta de informações das obras que estavam com a fabricação em andamento. Com essa coleta de dados, foi feita uma planilha para a análise do que estava pendente ainda para ser produzido com o intuito de inserir essas peças no planejamento de longo prazo, de modo que fosse possível observar toda a produção que a fábrica deveria entregar. Após a coleta das obras com peças em produção, houve o levantamento das obras vendidas que estavam liberadas para o setor de engenharia detalhar e consequentemente para a produção. Sendo assim, se obteve as informações disponíveis prévias para que a equipe de engenharia junto a direção da empresa elaborassem o planejamento de longo prazo.

Outro ponto considerado na elaboração do planejamento foi o prazo de entrega das obras com suas respectivas montagens, sendo adotado como prioridade de produção as obras que tinham um prazo de entrega menor. Conforme haviam demandas fora do previsto nos planos, o setor das obras apresentava as demandas ao engenheiro, o qual trazia as informações para que o planejamento fosse ajustado na reunião de planejamento semanal.

O master plan foi desenvolvido com o uso de uma planilha de excel onde constava as informações pertinentes a visualização macro do que deveria ser produzido e onde deveria ser produzido, além de uma ideia inicial de cronograma. Houve então uma reunião para o planejamento de longo prazo, com a presença de todo setor de engenharia, junto da direção e do gerente de produção, com um estabelecimento prévio das informações levantadas.

Figura 9: Trecho da planilha de planejamento de longo prazo

PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO - MASTER PLAN													
DATA	PLACA 5				PILAR DUPLA 14,50m								
	NOME	DIMENSÃO	REFERÊNCIA	STATUS	NOME	DIMENSÃO	REFERÊNCIA	STATUS	NOME	DIMENSÃO	REFERÊNCIA	STATUS	
domingo, 7 de agosto de 2022													
segunda-feira, 8 de agosto de 2022													
segunda-feira, 8 de agosto de 2022	L. F. PAULLUS	12x125x950	20/10		DANIEL D.	25x30x525	18/15		DANIEL D.	25x30x525	18/16		
terça-feira, 9 de agosto de 2022	L. F. PAULLUS	12x125x950	20/11		AJUSTE DE FORMA				AJUSTE DE FORMA				
terça-feira, 9 de agosto de 2022	L. F. PAULLUS	12x125x950	20/14		CYRILANO T.		11/1		CYRILANO T.		11/2		
quarta-feira, 10 de agosto de 2022	L. F. PAULLUS	12x125x950	20/16		CYRILANO T.		11/3		CYRILANO T.		11/4		
quarta-feira, 10 de agosto de 2022	L. F. PAULLUS	12x125x950	20/18		CYRILANO T.		11/6		CYRILANO T.		11/5		
sexta-feira, 12 de agosto de 2022													
sexta-feira, 12 de agosto de 2022													
domingo, 14 de agosto de 2022													
domingo, 14 de agosto de 2022	L. F. PAULLUS	12x125x950	20/20		CYRILANO T.		11/8		CYRILANO T.		11/7		
segunda-feira, 15 de agosto de 2022	DANIEL D.	12x100x950	8/2		CYRILANO T.		11/9		DANIEL D.	25x35x775	22/19		
terça-feira, 16 de agosto de 2022	DANIEL D.	12x100x950	8/4		COASA ENGE		14/1		DANIEL D.	25x35x775	22/21		
quarta-feira, 17 de agosto de 2022	DANIEL D.	12x100x950	8/6		COASA ENGE		14/5		COASA ENGE		14/2		
quinta-feira, 18 de agosto de 2022	DANIEL D.	12x100x950	8/8		COASA ENGE		14/7		COASA ENGE		14/6		
sexta-feira, 19 de agosto de 2022	DANIEL D.	12x100x950	8/9										
sexta-feira, 19 de agosto de 2022													
domingo, 20 de agosto de 2022													
domingo, 20 de agosto de 2022													
segunda-feira, 21 de agosto de 2022													
segunda-feira, 21 de agosto de 2022													
terça-feira, 22 de agosto de 2022													
terça-feira, 22 de agosto de 2022	L. F. PAULLUS		5/2		CYRILANO T.		10/1		COASA ENGE		14/12		
quarta-feira, 23 de agosto de 2022	L. F. PAULLUS		5/4		CYRILANO T.		10/3		COASA ENGE		14/13		
quinta-feira, 24 de agosto de 2022													
quinta-feira, 24 de agosto de 2022													
sexta-feira, 25 de agosto de 2022													
sexta-feira, 25 de agosto de 2022													
domingo, 27 de agosto de 2022													
domingo, 27 de agosto de 2022													
segunda-feira, 28 de agosto de 2022													
segunda-feira, 28 de agosto de 2022	RONALDO M.		4/1		R. CONTE		VISA 1/1		CYRILANO T.		10/10		
terça-feira, 29 de agosto de 2022	RONALDO M.		4/2										
quarta-feira, 30 de agosto de 2022													
quarta-feira, 30 de agosto de 2022													
quinta-feira, 1 de setembro de 2022	VILSON S.		78/2		ADILSON D.		16/1		ADILSON D.		16/2		
sexta-feira, 2 de setembro de 2022	VILSON S.		78/4		ADILSON D.		16/3		ADILSON D.		16/4		
sexta-feira, 2 de setembro de 2022													
domingo, 3 de setembro de 2022													
domingo, 3 de setembro de 2022													
segunda-feira, 5 de setembro de 2022	VILSON S.		78/8		ADILSON D.		16/3		ADILSON D.		16/6		
segunda-feira, 5 de setembro de 2022	VILSON S.		78/8		ADILSON D.		16/7		ADILSON D.		16/8		
terça-feira, 6 de setembro de 2022	VILSON S.		78/11		ADILSON D.		16/9		ADILSON D.		16/10		
quarta-feira, 7 de setembro de 2022	VILSON S.		78/11		ADILSON D.		16/9		ADILSON D.		16/10		
quinta-feira, 8 de setembro de 2022	VILSON S.		78/11		ADILSON D.		16/11		ADILSON D.		16/12		
sexta-feira, 9 de setembro de 2022	VILSON S.		78/13		ADILSON D.		16/11		ADILSON D.		16/12		
sexta-feira, 9 de setembro de 2022													

Optou-se por marcar as obras que estavam em andamento em azul claro para facilitar a transparência para o setor de engenharia, bem como para o setor produtivo.

As informações que continham na planilha eram as formas disponíveis que se ramificam através da capacidade destas formas elencadas em peças. Exemplo: a forma de pilar de 14,5m é dupla e tem capacidade em média para fabricar 4 elementos pré fabricados por dia. Obviamente que a dimensão, neste caso o comprimento, delimita essa ramificação. Com isso, é informado para cada forma e peça, o elemento que deve ser fabricado (Nome), a dimensão caso já houver detalhamento das peças e a referência. Este último item refere-se a quantidade de peças e a referência da atual em relação ao total. Além disso, foi criada uma coluna final para esse processo, que é referente ao status da fabricação: finalizada ou pendente. A ideia deste coluna é fazer o acompanhamento macro das peças que foram executadas, sem a avaliação de anomalias. As informações desta coluna permitiram ver os atrasos de produção e a relação das peças planejadas com as executadas. Por fim, já neste modelo buscamos trazer o cronograma inicial para nortear a remoção das restrições no planejamento de médio prazo e a elaboração das atividades detalhadas para o planejamento de comprometimento.

A decisão por adicionar um nível maior de detalhamento ao planejamento de longo prazo se deu por três fatores: permitir a visualização de maneira clara do produto final que deve ser fabricado; Facilitar o setor de vendas quanto a prazos de entrega de futuros negócios; Permitir a visualização dos atrasos de fabricação de maneira dinâmica.

Na reunião de planejamento de longo prazo, a frequência para revisão do planejamento de longo prazo ficou estabelecida em um mês, devido a demanda da produção e a atualização do setor comercial. Com o desenvolvimento do planejamento de longo prazo, já iniciou-se o planejamento de médio prazo.

O planejamento de médio prazo tem como objetivo de diminuir as incertezas do plano de longo prazo e fazer a conexão com as atividades de curto prazo, conforme preconizado por Bernardes (2001). Desse modo, desenvolveu-se uma planilha de excel no formato de um plano de ação que identifica e remove as restrições a nível de médio prazo, diminuindo as incertezas. O outro ponto do planejamento de médio prazo foi aumentar o detalhamento do planejamento de longo prazo a partir da remoção das restrições, principalmente as relacionadas a projetos, tendo em vista que nem toda produção estava detalhada quando se preparou o master plan. O maior detalhamento do planejamento de médio e longo prazo possibilitou que fosse concebido o planejamento de curto prazo.

O planejamento de longo prazo foi concebido por meio dos elementos pré-fabricados que deveriam ser produzidos e da mesma maneira o planejamento de médio prazo. Somente no planejamento de comprometimento que o produto final peça foi desmembrado em todas as atividades para que o elemento fosse fabricado.

Figura 10: Planejamento Médio Prazo: Plano de ações

PLANO DE AÇÃO - RESTRIÇÕES								
DATA DE REFERÊNCIA								03/08/2022
OBRA	AÇÃO	RESTRIÇÕES	TIPO DE AÇÃO	RESPONSÁVEL	DATA LIMITE	DATA CONCLUSÃO	SITUAÇÃO	
MATEUS DAMETTO	Detalhamento Placas	15 DIAS	Projeto	Estagiário 1	08/08/2022	08/08/2022	Concluído no prazo	
MATEUS DAMETTO	Detalhamento Pilares	15 DIAS	Projeto	Estagiário 1	08/08/2022	08/08/2022	Concluído no prazo	
MATEUS DAMETTO	Detalhamento Vigas	15 DIAS	Projeto	Estagiário 1	08/08/2022	08/08/2022	Concluído no prazo	
MATEUS DAMETTO	Ajuste dos chumbadores junto ao fornecedor	15 DIAS	Material	Estagiário 2	08/08/2022	08/08/2022	Concluído no prazo	
MATEUS DAMETTO	Conferência dos leitos das formas metálicas	15 DIAS	Mão de obra	Gerente de Produção	08/08/2022	09/08/2022	Concluído com atraso	
DANIEL DELORENZO	Detalhamento Placas de contenção	15 DIAS	Projeto	Estagiário 1	15/09/2022	12/09/2022	Concluído no prazo	
DANIEL DELORENZO	Detalhamento Vigas	15 DIAS	Projeto	Estagiário 1	08/08/2022	12/09/2022	Concluído com atraso	
DANIEL DELORENZO	Conferência dos leitos das formas metálicas para forma de viga 6m	15 DIAS	Mão de obra	Gerente de Produção	08/08/2022		Atrasado	
FÁBRICA PRÉ-FABRICADOS	Contratação de ferreiro	15 DIAS	Mão de obra	Direção	08/08/2022		Atrasado	
FÁBRICA PRÉ-FABRICADOS	Compra de aço	15 DIAS	Material	Estagiário 2	08/08/2022	05/08/2022	Concluído no prazo	
FÁBRICA PRÉ-FABRICADOS	Proposta de alteração de turnos para desforma e carregamentos	15 DIAS	Medidas	Direção / Engenharia	12/08/2022	19/09/2022	Concluído com atraso	
ESCRITÓRIO	Detalhamento Placas	15 DIAS	Projeto	Estagiário 1	15/09/2022	12/09/2022	Concluído no prazo	
THIAGO DE OLIVEIRA	Detalhamento Pilares	15 DIAS	Projeto	Estagiário 1	08/08/2022	08/08/2022	Concluído no prazo	
THIAGO DE OLIVEIRA	Detalhamento Vigas	15 DIAS	Projeto	Estagiário 1	08/08/2022	08/08/2022	Concluído no prazo	
CYPRIANO VIEIRA - TRATADOR	Detalhamento Vigas	15 DIAS	Projeto	Estagiário 1	08/08/2022	08/08/2022	Concluído no prazo	
CYPRIANO VIEIRA - TRATADOR	Compras pontalões galvanizados	15 DIAS	Material	Estagiário 2	08/08/2022	10/08/2022	Concluído com atraso	
CONCREMAP	Dimensionamento Pilares Concremap	15 DIAS	Projeto	Engenheiro	16/08/2022	15/08/2022	Concluído no prazo	
CONCREMAP	Detalhamento Pilares Concremap	15 DIAS	Projeto	Estagiário 1	16/08/2022	16/08/2022	Concluído no prazo	
COASA - ENGENHO GRANDE	Dimensionamento Pilares Coasa	15 DIAS	Projeto	Engenheiro	16/08/2022	12/08/2022	Concluído no prazo	
COASA - ENGENHO GRANDE	Detalhamento Pilares Coasa	15 DIAS	Projeto	Estagiário 1	16/08/2022	13/08/2022	Concluído no prazo	
COASA - ENGENHO GRANDE	Compra de chapa para chumbadores	15 DIAS	Material	Estagiário 2	16/08/2022	17/08/2022	Concluído com atraso	
FÁBRICA PRÉ-FABRICADOS	Compra de aço	30 DIAS	Material	Estagiário 2	22/08/2022			
LUIS FERNANDO PAULUS	Detalhamento Placas de contenção	30 DIAS	Projeto	Estagiário 1	24/08/2022			
OSÓRIO BACEGA	Dimensionamento Vigas Caixa de Água	30 DIAS	Projeto	Engenheiro	22/08/2022			
OSÓRIO BACEGA	Detalhamento Vigas Caixa de Água	30 DIAS	Projeto	Estagiário 1	22/08/2022			
ANDERSON RIGO	Dimensionamento Pilares	30 DIAS	Projeto	Engenheiro	24/08/2022			
ANDERSON RIGO	Detalhamento Pilares	30 DIAS	Projeto	Estagiário 1	26/08/2022			

O primeiro ponto do planejamento de médio prazo se deteve a planilha acima (figura 9), que é um plano de ação para a remoção das restrições observadas no master plan. Com a análise do longo prazo, inicia-se o preenchimento da planilha, observando os seguintes critérios: a obra, a restrição, o tipo de ação que deve ser tomada, o responsável pela tarefa, a data limite para remoção da restrição e a data executada. Por fim, a última coluna tem o objetivo de monitorar de maneira visual a situação das ações definidas na reunião de médio prazo. Conformes as tarefas foram sendo executadas, houve o detalhamento do planejamento de longo prazo.

A partir do desenvolvimento dos dois níveis explicados acima, obtve-se as informações necessárias para o desenvolvimento inicial do planejamento de comprometimento.

O planejamento de comprometimento foi executado com o detalhamento das atividades expostas pelo planejamento de longo prazo após o maior detalhamento proveniente da remoção das restrições. Utilizou-se a planilha do master plan após a atualização gerada pelo planejamento de médio prazo (Figura 10).

Figura 11: Trecho Master Plan detalhado após planejamento de médio prazo: semana 3

PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO - MASTER PLAN								
DATA	PLACA 1							
	PLACA 1				PLACA 2			
	NOME	DIMENSÃO	REFERÊNCIA	STATUS	NOME	DIMENSÃO	REFERÊNCIA	STATUS
segunda-feira, 8 de agosto de 2022	MATEUS DAM.	8X125X363	3/1	Pendente	MATEUS DAM.	8X125X355	3/1	Pendente
terça-feira, 9 de agosto de 2022	MATEUS DAM.	8X125X363	3/1	Finalizado	MATEUS DAM.	8X125X355	3/1	Finalizado
quarta-feira, 10 de agosto de 2022	MATEUS DAM.	8X125X363	3/2	Finalizado	MATEUS DAM.	8X125X355	3/2	Finalizado
quinta-feira, 11 de agosto de 2022	MATEUS DAM.	8X125X363	3/3	Finalizado	MATEUS DAM.	8X125X355	3/3	Finalizado
sexta-feira, 12 de agosto de 2022	MATEUS DAM.	8x75x355	1/1	Pendente	MATEUS DAM.	8x75x363	1/1	Pendente
sábado, 13 de agosto de 2022								
domingo, 14 de agosto de 2022								
segunda-feira, 15 de agosto de 2022	MATEUS DAM.	8x75x355	1/1	Finalizado	MATEUS DAM.	8x75x363	1/1	Finalizado
terça-feira, 16 de agosto de 2022								
quarta-feira, 17 de agosto de 2022	AJUSTE DE FORMA				AJUSTE DE FORMA			
quinta-feira, 18 de agosto de 2022	THIAGO OLIV.	8X125X470	6/1	Pendente	THIAGO OLIV.	8X125X470	6/2	Pendente
sexta-feira, 19 de agosto de 2022	THIAGO OLIV.	8X125X470	6/1	Finalizado	THIAGO OLIV.	8X125X470	6/2	Finalizado
sábado, 20 de agosto de 2022	THIAGO OLIV.	8X125X470	6/3	Finalizado	THIAGO OLIV.	8X125X470	6/4	Finalizado
domingo, 21 de agosto de 2022								
segunda-feira, 22 de agosto de 2022	THIAGO OLIV.	8X125X470	6/5		THIAGO OLIV.	8X125X470	6/6	
terça-feira, 23 de agosto de 2022	THIAGO OLIV.	8X125X455	8/1		THIAGO OLIV.	8X125X455	8/2	
quarta-feira, 24 de agosto de 2022	THIAGO OLIV.	8X125X455	8/3		THIAGO OLIV.	8X125X455	8/4	
quinta-feira, 25 de agosto de 2022	THIAGO OLIV.	8X125X455	8/5		THIAGO OLIV.	8X125X455	8/6	
sexta-feira, 26 de agosto de 2022	THIAGO OLIV.	8X125X455	8/7		THIAGO OLIV.	8X125X455	8/8	

Com o maior detalhamento do plano na parte de projeto, obra, tamanho de peças, houve o desmembramento de cada elemento a ser executado em pequenas atividades que são fundamentais para a execução do produto final: o elemento pré-fabricado. Como pode-se observar na figura 9 por exemplo, a tarefa exposta no longo prazo em vermelho previamente definida, o qual foi atualizada conforme o andamento das tarefas. Fica evidente o status gerado no planejamento de médio prazo ao decorrer da semana 1 e 2.

O produto em questão, que é uma placa com as dimensões de 8cm de largura por 125cm de altura e 470cm de comprimento está disponível para ser executado, sendo que as restrições quanto a materiais, projeto, forma e equipamentos já foram removidas. Sendo assim, detalha-se a execução desse elemento em pequenos pacotes de trabalho para a clareza das atividades que cada responsável deve executar.

As informações contidas na planilha de planejamento de curto prazo são bem específicas quanto as tarefas que devem ser realizadas. No ponto de vista temporal, a planilha apresenta informações quando ao cronograma, ou seja, quando a tarefa deve ser concluída e também referente a semana em questão diante do cronograma geral de produção a partir do planejamento de longo prazo. Isso gera dados para analisar os resultados semana após semana de maneira simples. Seguindo a planilha, temos as informações referente a quem é o responsável por determinada atividade e qual o seu setor. Em sequência, observamos de fato a tarefa que deve ser executada. Por exemplo, para o item apontado na figura 8 devem ser realizadas as seguintes etapas de trabalho: Desforma dos elementos do dia anterior; limpeza e ajustes na forma; armação da ferragem; concretagem.

Figura 12: Trecho do planejamento de comprometimento referente a semana 3

CONTROLE DE PRAZOS																
PROGRAMAÇÃO SEMANAL - PPC																
ATIVIDADES DETALHADAS																
Início da Semana	Término da Semana	Nº da Semana	Responsável	Setor	Atividade	Forma	Peça	Obra	2ºF	3ºF	4ºF	5ºF	6ºF	Status	Anomalia	Causa
22/08/2022	26/08/2022	3	FERNANDO	ACABAMENTOS / DESFORMA	DESFORMA E LIMPEZA BRUTA ATÉ 8H	PLACA 1	PLACA 1	THIAGO OLIV.	100							
22/08/2022	26/08/2022	3	FERNANDO	ACABAMENTOS / DESFORMA	DESFORMA E LIMPEZA BRUTA ATÉ 8H	PLACA 1	PLACA 2	THIAGO OLIV.	100							
22/08/2022	26/08/2022	3	LUIS	FORMAS / PLACAS	LIMPEZA E AJUSTES	PLACA 1	PLACA 1	THIAGO OLIV.	100							
22/08/2022	26/08/2022	3	LUIS	FORMAS / PLACAS	LIMPEZA E AJUSTES	PLACA 1	PLACA 2	THIAGO OLIV.	100							
22/08/2022	26/08/2022	3	DOUGLAS	FERRAGEM	ARMAÇÃO	PLACA 1	PLACA 1	THIAGO OLIV.	100							
22/08/2022	26/08/2022	3	DOUGLAS	FERRAGEM	ARMAÇÃO	PLACA 1	PLACA 2	THIAGO OLIV.	100							
22/08/2022	26/08/2022	3	LUIS	FORMAS / PLACAS	CONCRETAGEM	PLACA 1	PLACA 1	THIAGO OLIV.	100							
22/08/2022	26/08/2022	3	LUIS	FORMAS / PLACAS	CONCRETAGEM	PLACA 1	PLACA 2	THIAGO OLIV.	100							
22/08/2022	26/08/2022	3	FERNANDO	ACABAMENTOS / DESFORMA	DESFORMA E LIMPEZA BRUTA ATÉ 8H	PLACA 1	PLACA 1	THIAGO OLIV.	100							
22/08/2022	26/08/2022	3	FERNANDO	ACABAMENTOS / DESFORMA	DESFORMA E LIMPEZA BRUTA ATÉ 8H	PLACA 1	PLACA 2	THIAGO OLIV.	100							
22/08/2022	26/08/2022	3	LUIS	FORMAS / PLACAS	LIMPEZA E AJUSTES	PLACA 1	PLACA 1	THIAGO OLIV.	100							
22/08/2022	26/08/2022	3	LUIS	FORMAS / PLACAS	LIMPEZA E AJUSTES	PLACA 1	PLACA 2	THIAGO OLIV.	100							
22/08/2022	26/08/2022	3	DOUGLAS	FERRAGEM	ARMAÇÃO	PLACA 1	PLACA 1	THIAGO OLIV.	100							
22/08/2022	26/08/2022	3	DOUGLAS	FERRAGEM	ARMAÇÃO	PLACA 1	PLACA 2	THIAGO OLIV.	100							
22/08/2022	26/08/2022	3	LUIS	FORMAS / PLACAS	CONCRETAGEM	PLACA 1	PLACA 1	THIAGO OLIV.	100							
22/08/2022	26/08/2022	3	LUIS	FORMAS / PLACAS	CONCRETAGEM	PLACA 1	PLACA 2	THIAGO OLIV.	100							
22/08/2022	26/08/2022	3	FERNANDO	ACABAMENTOS / DESFORMA	DESFORMA E LIMPEZA BRUTA ATÉ 8H	PLACA 1	PLACA 1	THIAGO OLIV.						100		
22/08/2022	26/08/2022	3	FERNANDO	ACABAMENTOS / DESFORMA	DESFORMA E LIMPEZA BRUTA ATÉ 8H	PLACA 1	PLACA 2	THIAGO OLIV.						100		
22/08/2022	26/08/2022	3	LUIS	FORMAS / PLACAS	LIMPEZA E AJUSTES	PLACA 1	PLACA 1	THIAGO OLIV.						100		
22/08/2022	26/08/2022	3	DOUGLAS	FERRAGEM	ARMAÇÃO	PLACA 1	PLACA 1	THIAGO OLIV.						100		
22/08/2022	26/08/2022	3	DOUGLAS	FERRAGEM	ARMAÇÃO	PLACA 1	PLACA 2	THIAGO OLIV.						100		
22/08/2022	26/08/2022	3	LUIS	FORMAS / PLACAS	CONCRETAGEM	PLACA 1	PLACA 1	THIAGO OLIV.						100		
22/08/2022	26/08/2022	3	LUIS	FORMAS / PLACAS	CONCRETAGEM	PLACA 1	PLACA 2	THIAGO OLIV.						100		
22/08/2022	26/08/2022	3	FERNANDO	ACABAMENTOS / DESFORMA	DESFORMA E LIMPEZA BRUTA ATÉ 8H	PLACA 1	PLACA 1	THIAGO OLIV.						100		
22/08/2022	26/08/2022	3	FERNANDO	ACABAMENTOS / DESFORMA	DESFORMA E LIMPEZA BRUTA ATÉ 8H	PLACA 1	PLACA 2	THIAGO OLIV.						100		
22/08/2022	26/08/2022	3	LUIS	FORMAS / PLACAS	LIMPEZA E AJUSTES	PLACA 1	PLACA 1	THIAGO OLIV.						100		
22/08/2022	26/08/2022	3	LUIS	FORMAS / PLACAS	LIMPEZA E AJUSTES	PLACA 1	PLACA 2	THIAGO OLIV.						100		
22/08/2022	26/08/2022	3	DOUGLAS	FERRAGEM	ARMAÇÃO	PLACA 1	PLACA 1	THIAGO OLIV.						100		
22/08/2022	26/08/2022	3	DOUGLAS	FERRAGEM	ARMAÇÃO	PLACA 1	PLACA 2	THIAGO OLIV.						100		
22/08/2022	26/08/2022	3	LUIS	FORMAS / PLACAS	CONCRETAGEM	PLACA 1	PLACA 1	THIAGO OLIV.						100		
22/08/2022	26/08/2022	3	LUIS	FORMAS / PLACAS	CONCRETAGEM	PLACA 1	PLACA 2	THIAGO OLIV.						100		

É possível observar nas duas 3 últimas colunas do planejamento de curto prazo os seguintes itens: status, anomalia e causas. Esses são os campos responsáveis pelo controle da produção e por gerar informação quanto ao não cumprimento dos pacotes de trabalho planejados. Foi feita a alimentação desses campos com o intuito de gerar informações para a melhoria com base no efeito aprendizagem e estudo das anomalias.

Com a união dos três níveis hierárquicos do sistema proposto por Ballard (2000), temos a aplicação da proposta do sistema last planner.

8 IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS

Após a primeira reunião de planejamento de comprometimento com o gerente de produção, optou-se por iniciar a implementação com menos informações para que os funcionários fossem se acostumando com a ideia e não gerasse frustrações. O gerente de produção pontuou que os funcionários se assustariam com a quantidade de itens, apesar de ser atividades que eles executam diariamente. Por isso, em vez de repassar o PPC aos funcionários foi repassado o planejamento de longo prazo, mas somente com as informações referente a semana em que seria implementado. Nos bastidores, houve a avaliação geral do PPC com as tarefas em aberto, com o acompanhamento do autor na fábrica para a avaliação das anomalias e suas causas.

Figura 13: Trecho planejamento semana 1

DATA	VIGA DUPLA - 6m												TESOURA BATERIA - 16m											
	PEÇA 1						PEÇA 2						PEÇA 1						PEÇA 2					
	NOME	DIMENSÃO	REFERÊNCIA	STATUS	NOME	DIMENSÃO	REFERÊNCIA	STATUS	NOME	DIMENSÃO	REFERÊNCIA	STATUS	NOME	DIMENSÃO	REFERÊNCIA	STATUS								
segunda-feira, 8 de agosto de 2022	ARQUIAR FORMA						ARQUIAR FORMA						LIDIOMAR S						LIDIOMAR S					
terça-feira, 9 de agosto de 2022	DANIEL D.	20x40x320	12/1		DANIEL D.	20x40x320	12/2		LIDIOMAR S.	0.40x1x376	112/85		LIDIOMAR S.	0.40x1x376	112/86									
quarta-feira, 10 de agosto de 2022	DANIEL D.	20x40x320	12/3		DANIEL D.	20x40x320	12/4		LIDIOMAR S.	0.40x1x376	112/91		LIDIOMAR S.	0.40x1x376	112/92									
quinta-feira, 11 de agosto de 2022	DANIEL D.	20x40x320	12/5		DANIEL D.	20x40x320	12/6		LIDIOMAR S.	0.40x1x376	112/95		LIDIOMAR S.	0.40x1x376	112/96									
sexta-feira, 12 de agosto de 2022	DANIEL D.	20x40x320	12/7		DANIEL D.	20x40x320	12/8		LIDIOMAR S.	0.40x1x376	112/99		LIDIOMAR S.	0.40x1x376	112/100									

Esse procedimento mais simples perdurou por 2 semanas, quando ao final da segunda semana na reunião semanal do PPC que foi realizado na sexta-feira, tomou-se a decisão de repassar as tarefas mais detalhadas e de maneira individual para o responsável de cada setor. Houve uma falta de comprometimento por parte dos funcionários nestas primeiras semanas no que se refere-se a não conclusão de tarefas sem dependência. Em outras palavras, quando percebido pelos funcionários que algo do planejamento não ocorreria por algum motivo independente, as ações que eles deveriam tomar para concluir as suas partes do serviço não eram concluídas, mesmo sem a dependência das atividades. Por exemplo, o setor de ferragem passou ao gerente de produção que não seria possível realizar a tarefa de armação dos pilares da obra X na segunda-feira, pois estavam sobrecarregados. Diante disso, o setor de formas, mesmo sem ter dependência da ferragem para preparar a forma e ajusta-lá, deixou de executar a tarefa, ficando com baixa produtividade no dia. Evidentemente aqui também tivemos um problema de não remoção de restrição, pois havia sido posto no plano de ação a contratação de mais um ferreiro, como não foi feito, essa restrição não foi removida.

O resumo da semana em relação a quantidade de peças planejadas e executadas ficou conforme a Figura 12:

Figura 14: Peças executadas x peças planejadas durante a semana 1 e 2

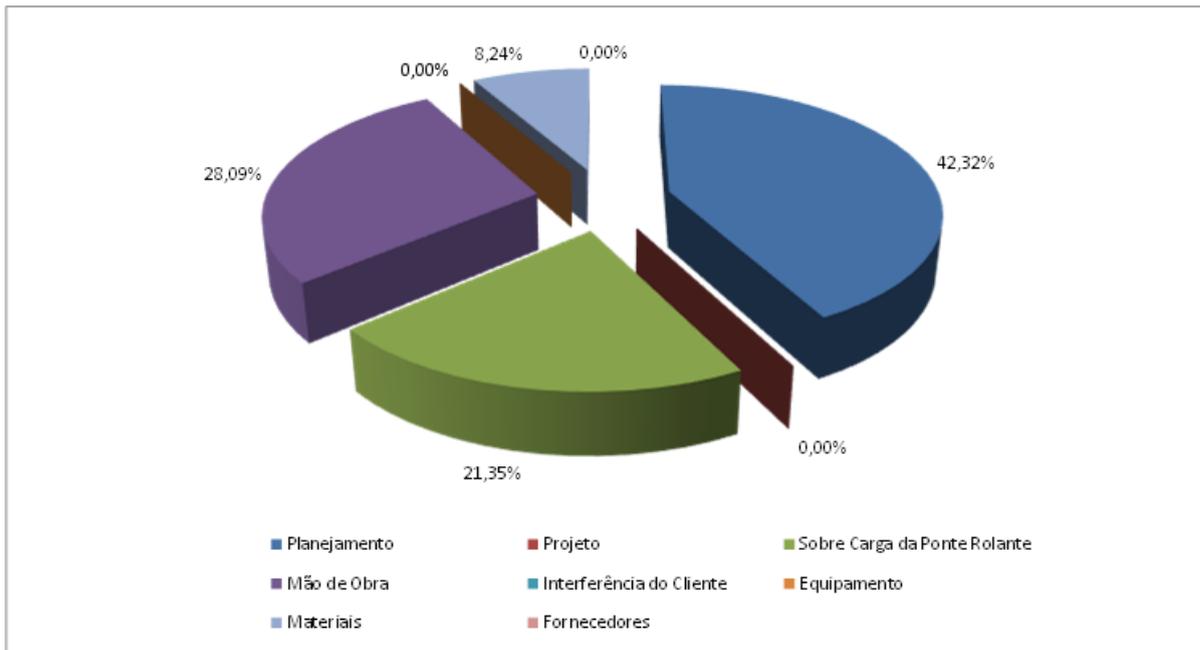
PEÇAS FINALIZADAS	PEÇAS PENDENTES	PEÇAS PLANEJADAS	% PEÇAS CONCLUÍDAS	TOTAL PEÇAS FINALIZADAS	TOTAL PEÇAS PENDENTES	TOTAL PEÇAS PLANEJADAS	% PEÇAS CONCLUÍDAS NA SEMANA
SEMANA 1							
16	8	24	67%	71	49	120	59%
18	8	26	69%				
18	6	24	75%				
12	11	23	52%				
7	16	23	30%				
SEMANA 2							
18	8	26	69%	86	37	123	70%
17	7	24	71%				
18	8	26	69%				
16	8	24	67%				
17	6	23	74%				

Vale ressaltar que na análise da produção foram utilizados dois indicadores: o percentual de peças executadas e o percentual de pacotes concluídos. O primeiro foi utilizado para trazer informações sobre o que se espera da produção em relação aos produtos finais, ou seja, as peças. Já o segundo foi utilizado para analisar os pacotes de trabalho como um todo, atividade por atividade, e não somente a conclusão ou não do produto final.

A análise dos resultados das anomalias evidenciaram um ponto muito importante e que havia sido observado na primeira semana de análise: a ponte rolante está sendo utilizada de maneira ineficiente, o que gera baixa produtividade do setor produtivo que precisa aguardar este recurso para cumprir determinadas atividades.

Figura 15: Anomalias durante a semana 1 e 2: sobrecarga da ponte rolante

Anomalias		%	N° Anomalias
1.	Planejamento	42,32%	113,00
2.	Projeto	0,00%	0,00
3.	Sobre Carga da Ponte Rolante	21,35%	57,00
4.	Mão de Obra	28,09%	75,00
5.	Interferência do Cliente	0,00%	0,00
6.	Equipamento	0,00%	0,00
7.	Materiais	8,24%	22,00
8.	Fornecedores	0,00%	0,00
TOTAL			267,00



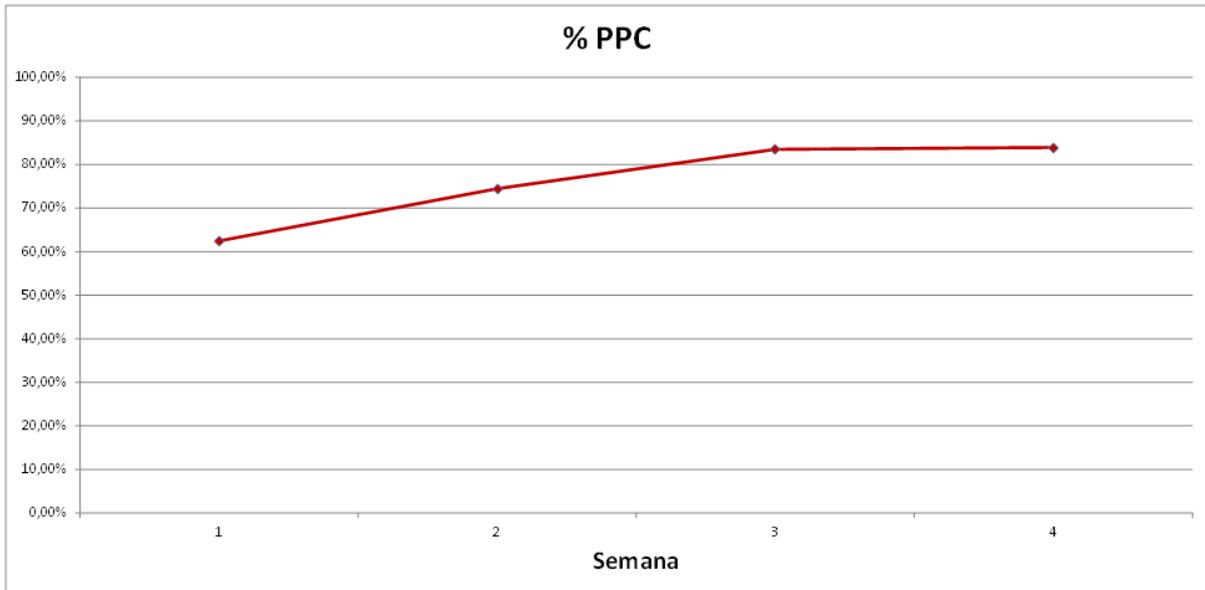
Conforme Figura 15, fica claro que houveram falhas quanto ao planejamento, principalmente no que diz respeito a atrasos de tarefas antecedentes. Em sequência, houve uma superestimação da produtividade dos ferreiros, tendo em vista que não houve a contratação de nenhum outro da equipe do setor de ferragem, evidenciando aqui uma falha do planejamento de médio prazo em não remover a restrição. A decisão gerencial de manter as atividades se mostrou equivocada. Por fim, com 21,35%, a sobre carga da ponte rolante como ponto chave no planejamento. A não conclusão dessas tarefas majoritariamente se deu por um processo de desforma tardio, o que deixava os funcionários ociosos nos primeiros horários da manhã.

Diante disso, na reunião semanal de planejamento com os últimos planejadores, tomou-se a decisão de antecipar o processo de desforma em 2h com a troca do turno de dois funcionários. Com isso, o processo de desforma que começa as 7:30h quando todos funcionários chegam e ficavam aguardando este processo que demorava em média 2h, passamos a iniciar o serviços as 5:30h. Isso permitiu um aumento no tempo para o carregamento logístico dos caminhões da empresa e para as descargas de materiais de fornecedores que também utilizam a ponte como ferramenta, pois antes da modificação de horários também o carregamento prejudicava a produção em decorrência da utilização deste recurso. No entanto, com a antecipação da tarefa, houve um período ocioso da ponte no meio da manhã que ficou disponível para carregamentos e descarregamentos.

Portando, as duas medidas ao final da segunda semana foram repassar as tarefas completamente detalhadas através do PPC e antecipar o processo de desforma com o objetivo de aliviar o nosso principal recurso que é a ponte rolante. Além disso, após a reunião do PPC, os planejadores se mantiveram para realizar o planejamento de médio prazo. Participaram das reuniões o setor de engenharia da empresa, o gerente de produção e a diretoria.

Abaixo segue o resultado das semanas 3 e 4, a partir das modificações sugeridas acima

Figura 16: Percentual de Pacotes concluídos ao final da quarta semana de aplicação do método Last Planner

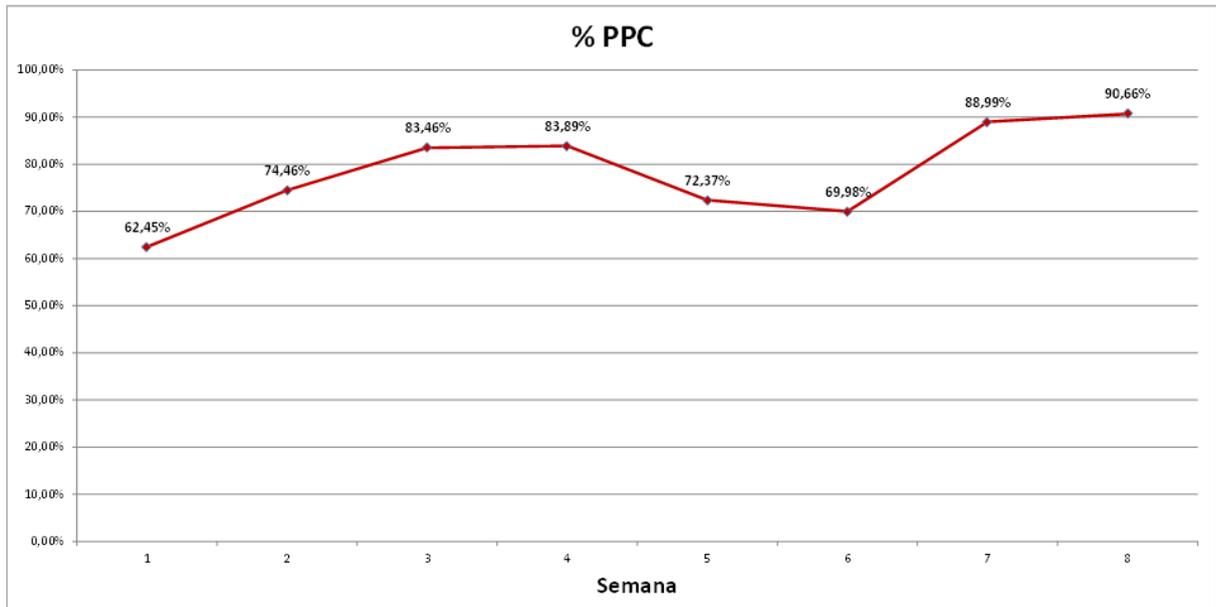


Nota-se o expressivo crescimento do PPC nas semanas 3 e 4, evidenciando que as medidas tomadas geraram resultados positivos na produção. No entanto, vale ressaltar que também houve uma redução das peças planejadas neste período em função da demanda, o que também contribuiu para o aumento do PPC. Ao final foi verificado se os resultados foram obtidos através das medidas adotadas, pela diminuição das peças planejadas em função da demanda ou dos dois itens conjuntos.

Ao final da quarta semana ocorreu a segunda reunião de longo prazo, onde foram adicionados ao planejamento inicial as obras comercializadas no período em questão e que estavam liberadas à produção. A sexta-feira dia 02 de setembro foi marcada pelas reuniões de longo prazo, médio prazo e curto prazo como medida de alinhamento dos setores da empresa.

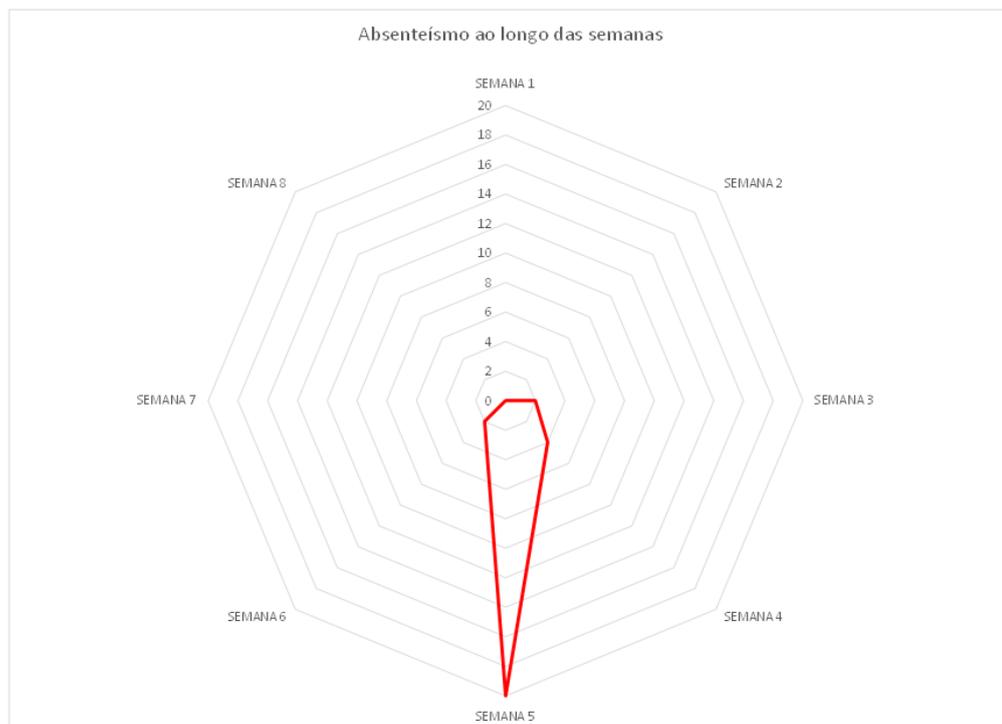
Ao final do período de análise, tivemos problemas não previstos no planejamento, os quais ficam claros no resultado das semanas 5 e 6 que é mostrado na Figura 17:

Figura 17: Resultado final do PPC



Na semana cinco tivemos o feriado do dia 07 de setembro. A piora no resultado desta semana pode ter reflexos ao feriado, tendo em vista que tivemos um grande número de anomalias de mão de obra que como causa foi o absenteísmo dos funcionários. Isso mostra que houve um descomprometimento com os planos traçados. Na figura abaixo pode-se observar a distribuição da causa absenteísmo presente nas anomalias ao longo dessas 8 semanas:

Figura 18: Mapa de absenteísmo ao longo das semanas de implementação



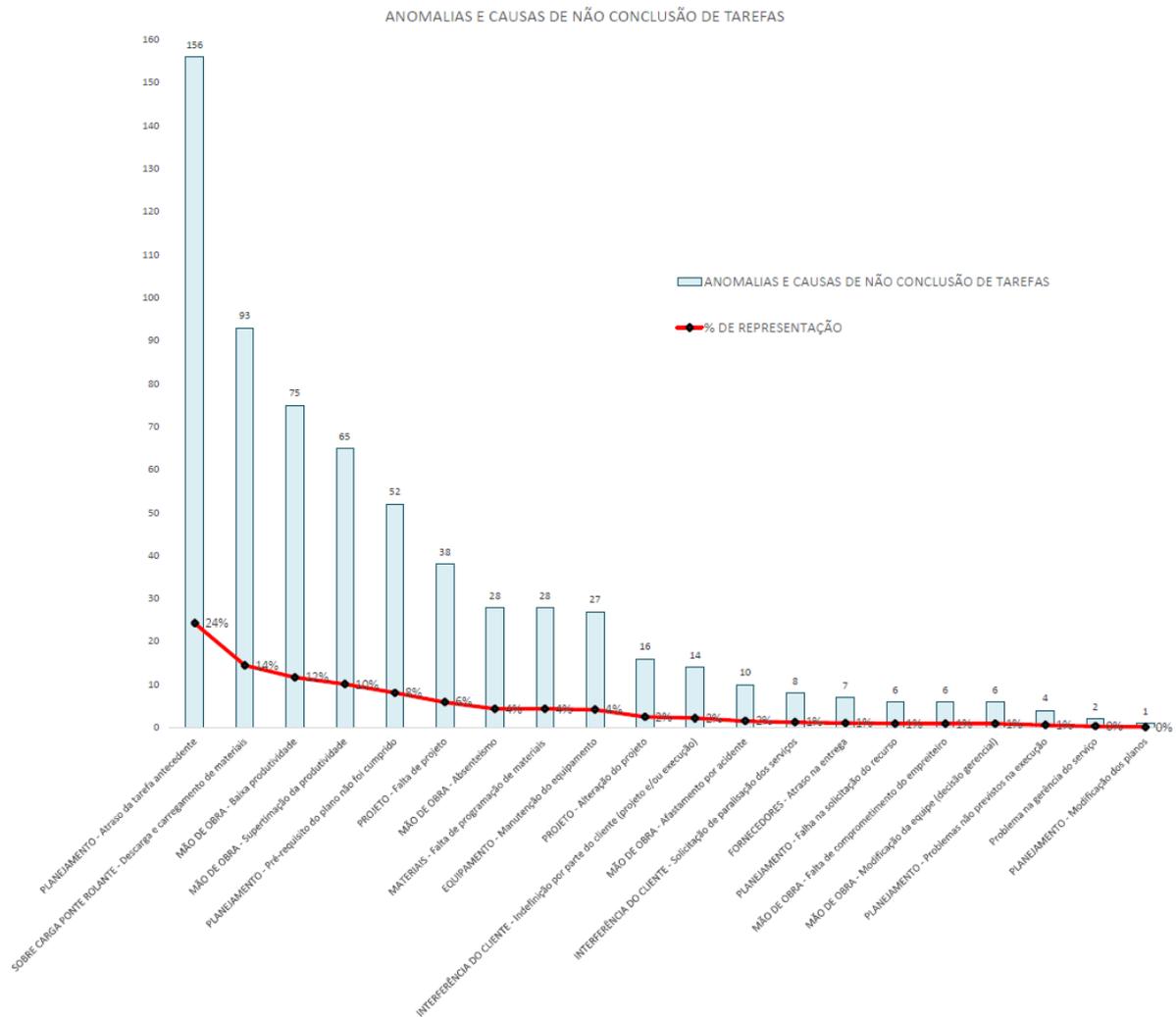
Diante do ocorrido, o setor de engenharia junto à direção marcou uma reunião de alinhamento para a segunda-feira (início da semana 6) com todos os funcionários que estão envolvidos com a fábrica.

Figura 19: Reunião de alinhamento e cultura com o setor produtivo



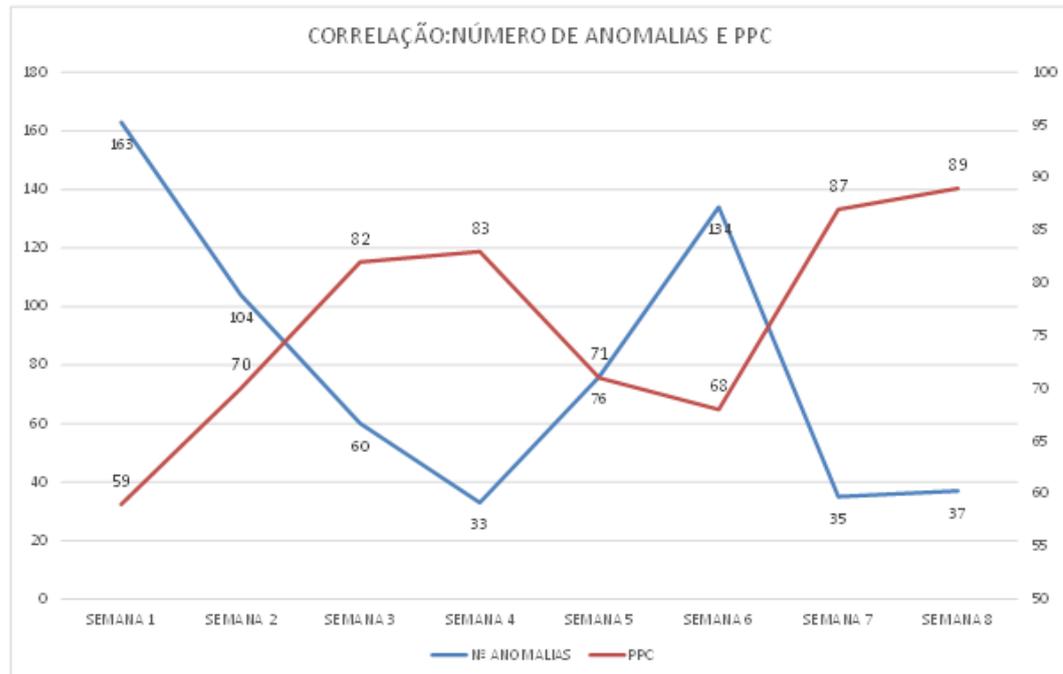
Na reunião, cobrou-se por parte dos funcionários o comprometimento a cultura lean que está sendo implementada na empresa como base do planejamento e controle da produção. Na reunião mostrou-se todo o processo produtivo, bem como os compromissos referente as entregas das obras, fator fundamental para que houvesse um aumento no engajamento do setor produtivo com o planejamento que vinha sido feito. Outro ponto chave foi a inserção dos chefes dos setores na reunião de planejamento de comprometimento, fazendo com que desse modo o setor de planejamento tenha atenção maior com as demandas de cada setor, o que refletiu significativamente na redução das restrições das semanas seguintes. O resultado da reunião e desse planejamento em conjunto trouxe resultados significativos a partir da semana 8, como fica claro na Figura 17.

Figura 20: Anomalias e Causas de não conclusão dos pacotes de trabalho



A Figura 20 mostra o resultado final das anomalias e suas causas ao longo das 8 semanas. O ponto principal de não conclusão dos pacotes de trabalho foi devido ao planejamento e como causa o atraso de tarefas antecedente. Houve uma redução do número de anomalias ao longo das semanas, com a exceção da semana 5 e 6, onde houveram problemas de absenteísmo e afastamento por acidente. A figura abaixo mostra a redução ao longo das semanas, com exceção das semanas mencionadas acima e correlaciona o PPC a quantidade de anomalias, mostrando uma relação inversamente proporcional como já era esperado.

Figura 21: Número de anomalias x PPC



9 CONCLUSÃO E DISCUSSÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi implementar o last planner em uma indústria de pré-fabricados. Ao longo das 9 semanas de aplicação, observou uma série de melhorias nos processos da empresa. A introdução da mentalidade enxuta nos procedimentos de planejamento e controle trouxeram benefícios metrificáveis quanto aos resultados obtidos.

Quanto a base da cultura com a filosofia lean construction, houveram resultados expressivos principalmente na análise dos problemas e na proposta de medidas que agregam valor ao processo. Quanto a cultura profissional baseada na mentalidade enxuta, houve uma grande dificuldade de difusão da filosofia, provavelmente pelo pouco tempo de implementação. No entanto, a cada reunião de comprometimento observou-se mudanças nas posturas e aumento da confiança das relações e do fluxo de informações dentro da organização.

O planejamento teve como base o sistema proposto por Ballard (2000), e ficou subdividido em três hierarquias conforme descrito no trabalho. Um ponto a destacar foi um grau maior de detalhamento no plano de longo prazo para facilitar a transparência do processo.

A implementação do planejamento teve resultados significativos, os quais ficam claros através da análise das Figuras 22 e 23, que estão apresentadas abaixo.

Figura 22: Avaliação da produção pela percentual de peças concluídas

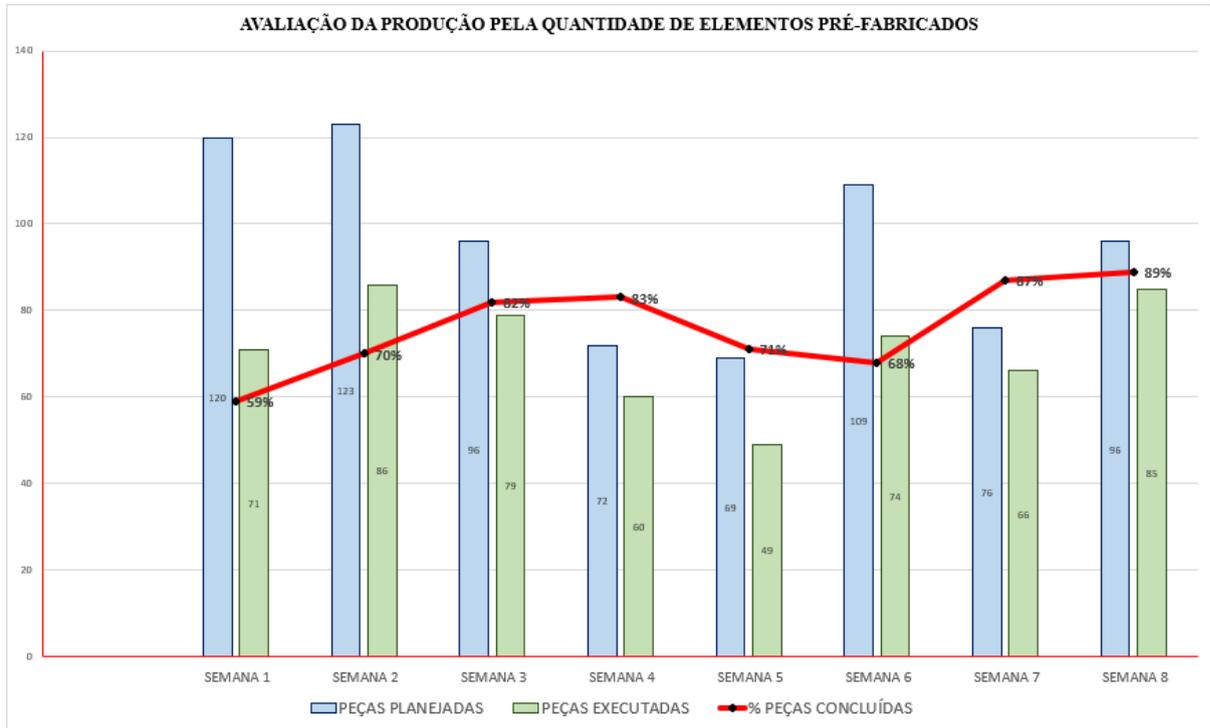


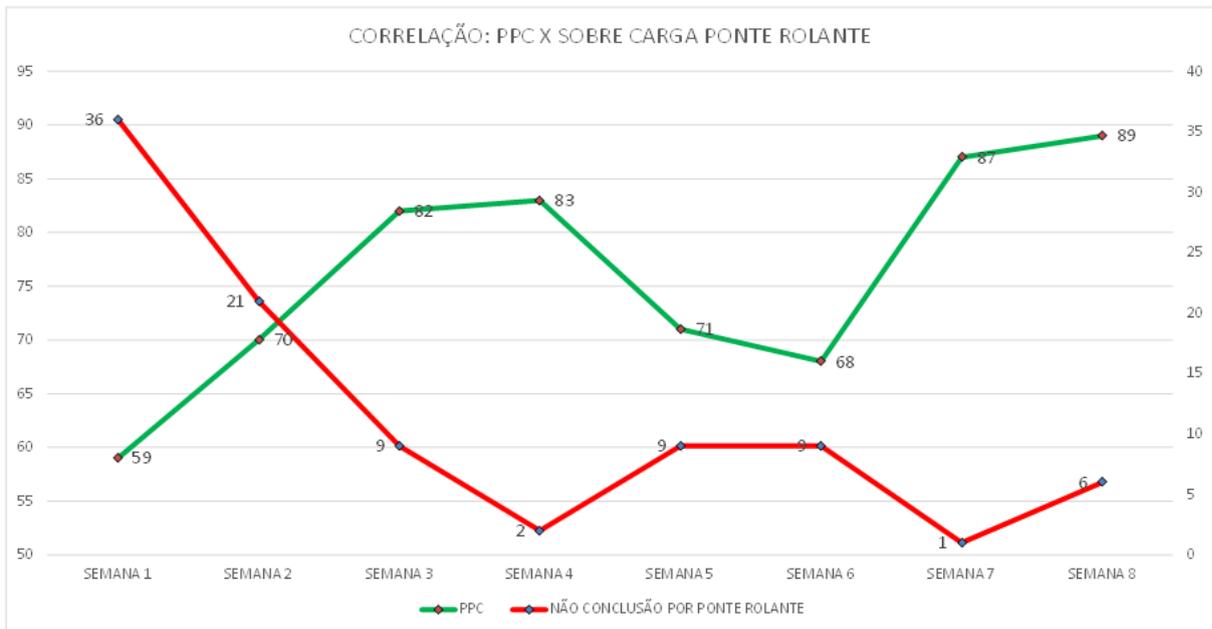
Figura 23: Avaliação da produção pelos volumes executados

DATA	VOLUME PLANEADO	VOLUME EXECUTADO	% EXECUÇÃO	MÉDIA VOLUME PLANEADO	MÉDIA VOLUME EXECUTADO	% VOLUME EXECUTADO
SEMANA 1						
segunda-feira, 8 de agosto de 2022	11,4	7,67	67%	11,3	7,1	62%
terça-feira, 9 de agosto de 2022	12,3	8,23	67%			
quarta-feira, 10 de agosto de 2022	11,5	8,87	77%			
quinta-feira, 11 de agosto de 2022	11,2	6,19	55%			
sexta-feira, 12 de agosto de 2022	10,2	4,29	42%			
SEMANA 2						
segunda-feira, 15 de agosto de 2022	10,9	7,60	70%	10,9	7,5	69%
terça-feira, 16 de agosto de 2022	10,5	7,51	72%			
quarta-feira, 17 de agosto de 2022	11,4	7,59	67%			
quinta-feira, 18 de agosto de 2022	10,9	7,18	66%			
sexta-feira, 19 de agosto de 2022	10,9	7,67	70%			
SEMANA 3						
segunda-feira, 22 de agosto de 2022	13,1	10,81	83%	11,3	8,9	80%
terça-feira, 23 de agosto de 2022	12,0	10,19	85%			
quarta-feira, 24 de agosto de 2022	11,6	7,64	66%			
quinta-feira, 25 de agosto de 2022	11,6	8,89	76%			
sexta-feira, 26 de agosto de 2022	8,0	7,06	88%			
SEMANA 4						
segunda-feira, 29 de agosto de 2022	8,3	7,18	87%	7,6	6,1	80%
terça-feira, 30 de agosto de 2022	7,3	3,95	54%			
quarta-feira, 31 de agosto de 2022	8,4	8,35	100%			
quinta-feira, 1 de setembro de 2022	8,0	5,68	71%			
sexta-feira, 2 de setembro de 2022	6,3	5,45	86%			
SEMANA 5						
segunda-feira, 5 de setembro de 2022	9,5	6,01	63%	10,4	6,9	66%
terça-feira, 6 de setembro de 2022	10,3	4,71	46%			
FERIADO						
quinta-feira, 8 de setembro de 2022	10,3	7,39	72%			
sexta-feira, 9 de setembro de 2022	11,5	9,43	82%			
SEMANA 6						
segunda-feira, 12 de setembro de 2022	10,6	8,31	78%	12,8	8,1	64%
terça-feira, 13 de setembro de 2022	13,2	8,76	66%			
quarta-feira, 14 de setembro de 2022	12,8	5,84	46%			
quinta-feira, 15 de setembro de 2022	13,6	8,35	61%			
sexta-feira, 16 de setembro de 2022	13,6	9,03	66%			
SEMANA 7						
segunda-feira, 19 de setembro de 2022	13,2	11,07	84%	11,4	9,5	83%
FERIADO						
quarta-feira, 21 de setembro de 2022	11,1	9,65	87%			
quinta-feira, 22 de setembro de 2022	11,5	8,11	71%			
sexta-feira, 23 de setembro de 2022	10,0	9,20	92%			
SEMANA 8						
segunda-feira, 26 de setembro de 2022	8,7	6,97	80%	11,6	9,8	85%
terça-feira, 27 de setembro de 2022	12,3	8,77	71%			
quarta-feira, 28 de setembro de 2022	12,2	10,94	89%			
quinta-feira, 29 de setembro de 2022	12,2	12,24	100%			
sexta-feira, 30 de setembro de 2022	12,2	10,27	84%			

Os resultados obtidos foram positivos com o desenvolvimento do presente trabalho. Apesar das variações observadas, os dados convergem para o alinhamento entre as peças planejadas e concretadas, bem como da quantidade de m³ de concreto planejados com os executados. Além disso, nota-se um leve crescimento nas semanas finais na capacidade de entrega de m³.

Merece destaque na análise a dependência da produção da utilização da ponte rolante. Segundo os dados levantados e apresentados abaixo, o efeito de sobrecarga da ponte rolante está completamente relacionado ao desempenho do PPC, conforme a Figura 24.

Figura 24: Relação da anomalia de sobre carga da ponte rolante com PPC



Um ponto importante a ressaltar é a importância das reuniões de médio prazo para remoção das restrições. Nas primeiras semanas houveram maiores falhas na remoção das restrições, o que pode explicar o resultado inferior as demais. Aliado a isso, o sistema produz um ambiente de contínuo aprendizado através da análise das anomalias, problemas que antes da implementação na eram identificados com consistência.

Portando, os resultados elucidados demonstram que a implementação do last planner é uma solução demasiadamente positiva para o processo de fabricação de pré-fabricados de concreto armado, tendo em vista as incertezas que cercam o sistema produtivo.

A partir do compartilhamento dos resultados do estudo realizado, seguem sugestões de trabalhos futuros:

- Desenvolver soluções para que a produção não dependa exclusivamente do sistema de ponte ou pórticos rolantes;
- Analisar e propor estudos de layouts de fábricas para otimização dos processos;
- Implementar junto ao sistema de planejamento um controle integrado de qualidade.
- Implementação do BIM para maior detalhamento dos projetos e tarefas.

REFERÊNCIAS

- ACKOFF, Lincoln Russel. Planejamento empresarial. Rio de Janeiro: LTC, 1976.
- BABALOLA, O.; EZIYI, O.; IBEM, I.; C. E. Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review. **Building and Environment**, v. 148, 15 January 2019, p. 34-43. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.10.051>. Acesso em: 11 ago. 22.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. **Shielding production**: an essential step in production control. Technical Report nº 97-1, Construction Engineering and Management Program, Department of Civil and Environment Engineering, University of California, 1997.
- BALLARD, G. Lookahead planning: the missing link in production control. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 5, 1997, Gold Coast. **Proceedings...** Gold Coast: 1997b. Disponível em: <http://www.iglc.net/conferences/1997/papers/BALLARD.pdf>. Acesso em: 12 jun. 22.
- BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control**. Birmingham, 2000. Thesis (Ph.D) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, 2000.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding Production from Uncertainty: first step in an improvement strategy. ENCONTRO NACIONAL DE PROFESIONALES DE PROJECT MANAGEMENT. Santiago, 1996b. **Proceedings...**
- BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. **Current Process Benchmark for the Last Planner System of Project Planning and Control**. Project Production Systems Laboratory (P2SL). Berkeley. 2021.
- BATAGLIN, F. S. et al. BIM 4D aplicado à gestão logística: implementação na montagem de sistemas pré-fabricados de concreto *engineer-to-order*. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 171-190, jan./mar. 2017.
- BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas da construção**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas de construção civil**. Rio de Janeiro: LTC, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2003.
- BULHÕES, I. R.; PICCHI, F. A. Diretrizes para a implementação de fluxo contínuo em obras de edificações. **Revista da Antac**, v. 11, n. 4, 2011.
- CALÉ, T. A. L. **Aplicação da filosofia Lean a um caso de estudo para otimização de processos de construção na pré-fabricação de peças de betão**. 2015, 209f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2015.

CHAN, W. T.; ZENG, Z. Coordinated Production Scheduling of Prefabricated Building Components. In: CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS: WIND OF CHANGE: INTEGRATION AND INNOVATION, Salt Lake City, 2004. **Proceedings...** Salt Lake City, 2004.

CHIBINSKI, Murilo. Modelo de planejamento baseado no conceito do last planner como apoio à implementação da lean construction em obras de edificações. 2012. 191 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

DEFFENSE, J.; CACHADINHA, N. Lean Production in the Precast Concrete Components Industry. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 19, Lima, 2011. **Proceedings...** Lima, 2011.

DEFFENSE, Jean. Brunel. **Produção Lean na indústria de pré-fabricados de betão armado - aplicação e avaliação de resultados em caso de estudo.** 2010, 119f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010.

FERNANDES, T. V. **Aplicação de modelo de controle integrado da produção e da qualidade em uma obra complexa.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação do Curso de Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre - RS, 2022.

FORMOSO, C. T. et al. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras.** Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

FORMOSO, C. T. **Lean construction: princípios básicos e exemplos.** Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2000.

HOWELL, G. What Is Lean Construction, 1999. In: Annual Conference of the International Group for Lean Construction. N. 7, p. 26-28, jul 1999. Berkeley, C. A. **Proceedings...** University of California, 1999.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction.** CIFE Technical Report, n. 72: Center for Integrated Facility Engineering, Salford, 1992.

KOSKELA, L. Is structural change the primary solution to the problems of construction? **Building Research & Information**, v. 31, n. 2, p. 85-96, 2003.

LAUFER, A. **Simultaneous management.** United States. Amacom, 1997.

LAUFER, A.; TUCLER, R. L. Is construction planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction management and economics.** London, United States, n. 5, p. 243-266, 1987.

LIKER, J. K. **The Toyota Way.** 14 Management principles from the world's greatest manufacturer. New York: McGraw Hill, 2004.

LUKKA, K. The constructive research approach. In: Ojala, L.; Hilmola, O-P. (Eds.) **Case study research in logistics**. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration, Series B1, p. 83-101, 2003.

MATT, D. T.; DALLASEGA, P.; RAUCH, E. Synchronization of the manufacturing process and on site installation in ETO Companies. **Procedia CIRP**, v. 17, p. 457-462, 2015.

MOURA, C. B. **Avaliação do impacto do sistema *Last Planner* no desempenho de empreendimentos da construção civil**. 168f. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS, Porto Alegre, 2008.

RODRIGUES, M. R.; PICCHI, F. A. Análise de experiências de aplicação do Lean Thinking na construção de edificações no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. **Anais...** Canela: USP, 2010.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscila Martins Celeste. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1996.