



**GABRIEL JOSÉ GONÇALVES
LUIS ORLANDO CARNEIRO RESENDE**

**ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO SISTEMA *LEAN*
CONSTRUCTION EM OBRA NO VALE DO PARAÍBA**

**LAVRAS
2022**

**GABRIEL JOSÉ GONÇALVES
LUIS ORLANDO CARNEIRO RESENDE**

**ESTUDO DE CASO: A APLICAÇÃO DO SISTEMA *LEAN CONSTRUCTION* EM
OBRA NO VALE DO PARAÍBA**

**STUDY CASE: THE APPLICATION OF THE LEAN CONSTRUCTION SYSTEM IN
CONSTRUCTION IN VALE DO PARAÍBA**

Monografia apresentada à Universidade
Federal de Lavras, como parte das exigências
do Curso de Engenharia Civil para a obtenção
do título de bacharel.

Prof. Dr. Paulo Roberto Borges
Orientador

Eduardo Hélio de Novais Miranda
Coorientador

**LAVRAS - MG
2022**

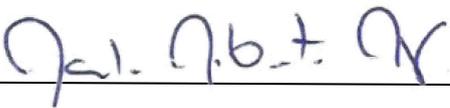
**GABRIEL JOSÉ GONÇALVES
LUIS ORLANDO CARNEIRO RESENDE**

**ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO SISTEMA *LEAN CONSTRUCTION* EM
OBRA NO VALE DO PARAÍBA**

**STUDY CASE: THE APPLICATION OF THE LEAN CONSTRUCTION SYSTEM IN
CONSTRUCTION IN VALE DO PARAÍBA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil para a obtenção do título de bacharel.

APROVADO em 31/08/2022
Prof. Dr. Paulo Roberto Borges - UFLA



Me. Eduardo Hélio de Novais Miranda –UFLA
Prof. Dr. Lucas Henrique Pedroso Abreu-UFLA

Prof. Dr. Paulo Roberto Borges
Orientador

Me. Eduardo Hélio de Novais Miranda
Coorientador

**LAVRAS - MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente à Deus que nos deu a oportunidade, força de vontade e coragem para superar todos os desafios.

À Universidade Federal de Lavras por proporcionar as oportunidades e a estrutura necessária para nosso desenvolvimento profissional e pessoal durante todo o período da graduação.

Agradecemos aos professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado, em especial ao Professor Dr. Paulo Roberto Borges e ao nosso coorientador Eduardo Hélio de Novais Miranda, que foram essenciais na construção deste trabalho nos orientando e nos ensinando.

Às nossas famílias somos gratos por toda a dedicação e paciência, contribuindo diretamente para que pudéssemos alcançar nosso tão sonhado objetivo.

Agradecemos também aos nossos amigos e colegas que nos apoiaram durante toda a caminhada e fizeram os desafios ficarem mais leves e prazerosos.

Por fim, agradecemos a todos que participaram de forma direta ou indireta desta etapa decisiva de nossas vidas!

RESUMO

Pretendeu-se neste trabalho abordar o surgimento da filosofia do *lean construction* e demonstrar como seus princípios (*kanban*, organização pelo 5s e análise de cronologia A3) podem aumentar a produtividade de canteiros de obra de grande porte através de uma comparação e descrição dos distintos sequenciamentos das atividades e métodos de controle de curto, médio e longo prazo em dois canteiros de uma mesma incorporadora em uma obra em que os princípios eram aplicados e outra sem a aplicação dos mesmos.

Avaliou-se que o sistema *lean* possibilitou maior controle do técnico tanto na área da produção como na área de segurança, e de toda a equipe administrativa pela análise meticulosa dos desperdícios no canteiro, como movimentação de material excessiva, processamento incorreto, superprodução, entre outros. Para tal análise, comparou-se a data de entrega dos apartamentos, produtividade dos funcionários nas atividades, duração de cada processo na linha de produção e os resultados obtidos apresentam um aumento de produtividade em mais de 12%.

Palavras-Chave: *Lean Construction*, Desperdícios, Planejamento, Construção Civil.

ABSTRACT

The aim of this work was to approach the emergence of the lean construction philosophy and demonstrate how its principles (kanban, organization by 5s and A3 chronology analysis) can increase the productivity of large construction sites through a comparison and description of the different sequencing of activities and short, medium and long-term control methods in two construction sites of the same developer, in a work in which the principles were applied and another without their application.

It was evaluated that the lean system allowed greater control of the technician both in the production area and in the safety area, and of the entire administrative team for the meticulous analysis of waste at the site, such as excessive material handling, incorrect processing, overproduction, among others. . For this analysis, the apartment delivery date, employee productivity in activities, duration of each process in the production line were compared and the results obtained show an increase in productivity of more than 12%.

Keywords: Lean Construction, Waste, Planning, Construction.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | | | |
|-----------|---|--|----|
| Figura 1 | – | Gráfico de <i>Gantt</i> de acabamentos parte 1..... | 21 |
| Figura 2 | – | Gráfico de <i>Gantt</i> de acabamentos parte 2..... | 22 |
| Figura 3 | – | Gráfico de <i>Gantt</i> de acabamentos parte 3..... | 22 |
| Figura 4 | – | Deslocamento máximo até o almoxarifado..... | 23 |
| Figura 5 | – | Modelo do painel de gestão..... | 24 |
| Figura 6 | – | Utilização do painel de gestão..... | 24 |
| Figura 7 | – | Tipo de ocorrências a serem preenchidas no planejamento semanal..... | 25 |
| Figura 8 | – | Instrução ao preenchimento no campo de planejamento semanal..... | 25 |
| Figura 9 | – | Instrução de preenchimento de PPC diário..... | 26 |
| Figura 10 | – | Instrução de preenchimento de PPC semanal..... | 26 |
| Figura 11 | – | Instrução de preenchimento do quadro <i>gemba</i> | 27 |
| Figura 12 | – | Modelo de referência de plano de ação..... | 28 |
| Figura 13 | – | Quadro de indicadores da área de segurança..... | 29 |
| Figura 14 | – | Movimentação máxima no canteiro de obras: último bloco - setor administrativo..... | 30 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|------------|--|----|
| Quadro 1 – | Situação atual das obras analisadas..... | 19 |
| Quadro 2 – | Plano de Ações - Bloco 04 - Canteiro implementado..... | 32 |
| Quadro 3 – | Atividades analisadas pelo A3..... | 33 |
| Quadro 4 – | Comparativo de produtividade entre os canteiros..... | 33 |
| Quadro 5 – | Verificação das causas de problemas ocorridos no canteiro..... | 35 |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 10 |
| 1.1 | Justificativa | 10 |
| 1.2 | Objetivo geral..... | 11 |
| 1.3 | Objetivos específicos | 11 |
| 1.4 | Estrutura do trabalho | 11 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 12 |
| 2.1 | Produção em massa..... | 12 |
| 2.2 | Toyotismo, <i>just-in-time</i> e <i>jidoka</i> | 13 |
| 2.2.1 | Classificação e organização das atividades: agrega valor, não agrega, mas necessária | 13 |
| 2.2.2 | Redução de desperdícios | 14 |
| 2.3 | Princípios e ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i> | 15 |
| 2.4 | Princípios do <i>Lean Construction</i>..... | 16 |
| 3 | MATERIAIS E MÉTODOS | 18 |
| 3.1 | A empresa | 18 |
| 3.2 | Caracterização dos empreendimentos | 18 |
| 3.3 | Fase do andamento das obras | 19 |
| 4 | FASE DE DIAGNÓSTICO | 19 |
| 5 | ANÁLISE DOS RESULTADOS | 31 |
| 6 | CONCLUSÃO | 35 |
| | REFERÊNCIAS..... | 36 |
| | ANEXO A | 38 |

1 INTRODUÇÃO

No capítulo em questão, abordar-se-á as circunstâncias com as quais a construção civil se encontra em grande escala, os objetivos gerais e específicos a serem dissertados sobre sistema de construção enxuta, além de ressaltar a relevância do mercado da construção civil, responsável por mais de 6% do PIB do país segundo dados da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP, 2022).

Ressalta-se que a construção civil no país é caracterizada por uma baixa produtividade em relação a outros países da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), e de acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), os funcionários da construção civil geram ao ano uma média em torno de US\$ 18.900,00 ao PIB, cerca de 25% da média dos países da OCDE, uma estagnação da produtividade nos últimos anos; além de uma remuneração média próxima a US\$ 11.300,00 anuais, por volta de 33% da média do devido grupo econômico.

Faz-se mister que a construção civil no Brasil se encontra em defasagem em relação a produtividade quando comparada a países ditos de primeiro mundo, o presente trabalho tem por objetivo a análise do método construtivo *lean construction*, dissertando sobre sua aplicação prática.

Fatores como a informalidade dos procedimentos construtivos, metodologias ultrapassadas, desperdícios por falhas de armazenamento, retrabalhos e outros tipos de perdas podem ser amenizados ou até mesmo anulados aplicando ferramentas do sistema de construção *lean*.

Consoante dados do IBGE do ano de 2021, estima-se que a indústria da construção movimentou cerca de R\$ 205,4 bilhões, o que aponta um cenário competitivo, uma especulação imobiliária crescente, estimulando as empresas a serem mais eficientes em seus custos e processos.

Estima-se que com a aplicação das filosofias do *lean construction*, algumas construtoras têm reduzido entre 8 e 22% do custo de suas obras, o que é significativo se for contextualizado que em relação a indústria de bens de consumo, a indústria de construção civil apresenta informalidade de procedimentos, mão de obra de menor qualificação, e um caráter

artesanal em grande parte de seus serviços, contando com uma série de improvisações, gerando perdas e retrabalhos relacionados a transportes, estoques, armazenamentos.

1.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho consiste, neste contexto, na análise e comparação de dois canteiros de obra de uma mesma incorporadora de grande porte, com obras situadas na região do Vale do Paraíba em São Paulo, detectando, analisando o que mudou e foi otimizado após a empresa empregar a metodologia *lean construction* em sua gestão.

1.2 Objetivos específicos

Já os objetivos específicos são os que seguem:

Realizar um diagnóstico dos maiores impactos causados por desperdício no primeiro canteiro, através de uma análise da equipe de trabalho, a disposição do canteiro de obras, e a forma como eram geridas as compras pelo setor de engenharia e pelo almoxarifado.

Abordar-se-á os princípios básicos do *lean construction*, e sucessivamente relatar como foram colocadas em prática as melhorias propostas.

Analisar as melhorias através de indicadores de produção como linha de balanço e similares, apresentando um diagnóstico final.

1.3 Estrutura do trabalho

A pesquisa é dividida em quatro tópicos, tendo como intuito descrever e comparar obras com a metodologia *lean construction* implementada.

O tópico 1 é composto pela introdução, justificativa, objetivo geral, específico e a metodologia adotada.

O tópico 2 é formado pela fundamentação teórica, abordando os princípios e o contexto global da filosofia estudada.

O tópico 3, apresenta os materiais e métodos utilizados para a análise.

O tópico 4, relata o estudo de caso, com enfoque na prática da rotina *lean* no canteiro de obras, e uma descrição a respeito da implementação do mesmo.

O tópico 5, apresenta a análise de resultados e as ponderações finais realizadas no trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será apresentado o surgimento da filosofia do *lean construction* e seus princípios e como tal sistema de construção enxuta pode representar uma melhoria para o mercado.

2.1 Produção em massa

Com o advento da Segunda Revolução Industrial, a humanidade que antes dependia de meios de produção em suas máquinas como o ferro, energia a vapor, queima do carvão, passou a dispor de elementos mais complexos e eficientes como o petróleo, a eletricidade, o aço e entre outros, que fizeram com que surgissem indústrias como a elétrica, a siderúrgica e uma indústria química mais eficiente (DATHEIN, 2003).

As ferrovias e rodovias favoreceram sua expansão, o que conseqüentemente permitiu um melhor escoamento dos bens de serviço, possibilitando maiores unidades fabris com custos de produção por unidade cada vez menores devido a um grande salto na indústria química, estimulando a sociedade a consumir mais bens (DATHEIN, 2003).

Um grande expoente do que foi proporcionado pela segunda Revolução Industrial encontra-se no consolidado modelo de produção nas primeiras décadas do século XX: o fordismo. Criado por Henry Ford, tinha como fundamento dois pilares: a uniformização das peças e uma melhor profissionalização dos colaboradores (WOOD, 1992).

Tal uniformização das peças foi responsável pela criação do setor de qualidade, visto que a partir de tal era necessário prezar por uma perfeita uniformidade das peças. Na segunda metade do século XX, uma tendência de mercado foi notada, as vendas da *Ford Motors Company* passaram a decrescer, consequência da mudança de padrão dos clientes, que agora demandava diversidade maior dos produtos, sendo esse um gargalo do atual modelo de produção, além de tensões sociais entre os sindicatos, que reclamavam da forma de trabalho repetitiva, e segundos os mesmos, em condições precárias. Além do fato que no Japão nascia um sistema mais evoluído quanto a mentalidade de produção enxuta: o toyotismo (GONÇALVES, 2014).

2.2 Toyotismo, *just-in-time* e *jidoka*

Conhecido por Toyotismo, o sistema tem como maiores representantes e responsáveis os fundadores do Sistema Toyota de Produção (Sakichi Toyoda e Taiichi Ohno), que em sua linha de produção apresentavam duas evoluções principais em relação ao Fordismo: eliminação acentuada de distintos tipos de desperdícios e fabricação com maior qualidade do produto final (WOOD, 1992).

Um ponto equivocado que se encontrava no fordismo eram seus grandes estoques. A obtenção destes era uma vantagem até certo ponto, mas a partir de um determinado momento necessitava-se de um custo maior para armazenar, um conseqüente aumento no índice de retrabalho, um custo para o transporte interno, um capital de giro maior para o orçamento da empresa e entre outros fatores (WOOD, 1992).

O sistema *just in time* (em uma tradução literal do inglês: no tempo certo) foi um diferencial da filosofia do toyotismo; tal sistema exigia um menor armazenamento prévio, fruto de um controle estatístico melhor realizado pelo setor de qualidade, proporcionando um fluxo contínuo e concomitante de material (SILVA, 2018).

Outro conceito base do Sistema Toyota de Produção (STP) é o *Jidoka* (do japonês: automatização com toque humano). O termo surgiu através de uma máquina de tear que apresentava um dispositivo capaz de distinguir condições normais e anormais de qualidade, não se necessitando mais de um operador de produção analisando produto por produto, aumentando a precisão dos equipamentos e podendo realocar o mesmo funcionário para outra atividade que agregasse valor (OLIVEIRA, 2019).

2.2.1 Classificação e organização das atividades: agrega valor, não agrega, mas necessária

Ainda sobre o Sistema Toyota de Produção, um grande avanço foi a compreensão e foco de reduzir e amenizar atividades que não geram valor ao produto final, para isso, dividem-se as atividades fabris em três classes (LIKER, 2005):

1 - Atividades que agregam valor: mudam a composição do material durante o processamento, um exemplo na construção civil seria o assentamento de peças cerâmicas.

2 - Atividades que não agregam valor, mas são necessárias: atividades sem valor agregado, todavia são imprescindíveis durante o processo, um exemplo na construção civil, seria o deslocamento de material até o local de execução.

3 - Atividades que não agregam valor: os considerados desperdícios, serão abordados a seguir, dentro da mesma incluem retrabalhos relacionados a erros de execução e/ou planejamento.

2.2.2 Redução de desperdícios

Em uma definição básica desperdícios são todas as etapas de um processo que aumentam o custo final do produto sem gerar valor, no STP, visam ser corrigidos em três etapas: realizar corretamente pela primeira vez, corrigir eventuais erros em suas causas principais e utilizar círculos de qualidade, mantendo a cadeia em condições estáveis e niveladas, buscando reduzir assim o *lead time*, que é conhecido pelo total do ciclo de produção do produto, do início ao fim da cadeia.

Dentre as classificações dos tipos de desperdícios, relata-se:

1 - Superprodução: produção acima da demanda, gerando consequências como mão de obra superestimada, estoques elevados, custos acrescidos de transportes e entre outros fatores. Associado a isso, uma vez que algo está em superprodução, existe uma grande probabilidade de gerar um excesso de estoque, gerando tempo de ciclo (*lead time*) superior além de uma provável obsolescência (PÁDUA, 2014).

2 - Espera: em uma linha de produção, deixar algum funcionário ou maquinário em *standby* é um tempo sem trabalho, o qual é ocasionado em sua maioria por falta de controle adequado de matéria prima, atrasos não solucionados no processo, falhas mecânicas de equipamentos devido a uma prevenção não realizada, gargalos de capacidade, além de falhas humanas relacionadas a acidentes (PÁDUA, 2014).

3 - Transportes e movimentações desnecessárias: quando se movimenta o produto dentro do processo mais de uma vez ou distâncias maiores do que o possível (PÁDUA, 2014).

4 - Processamento incorreto: nota-se quando ferramentas e/ou mão de obra possuem preparo abaixo do necessário para produção, o mesmo ocorre também quando se tem um elemento de produção com qualidade muito superior ao necessário pelos clientes do produto final, o que onera o processo fabril (PÁDUA, 2014).

5 - Retrabalho: produção após perda de produto devido a qualidade inferior ao padrão estabelecido, exigindo a substituição ou descarte do serviço e/ou material utilizado (LIKER, 2005).

6 - Desperdício devido a criatividade dos funcionários: modo de desperdício de complexa análise, consiste basicamente em não realocar a mão de obra em suas posições de maior habilidade (LIKER, 2005).

2.3 Princípios e ferramentas do *Lean Manufacturing*

A base do *Lean Manufacturing* se encontra em 5 princípios fundamentais: o primeiro é o valor, e representa que não é a empresa, e sim o cliente que define o que é valioso ao produto final, o segundo é o fluxo de valor, deve-se buscar identificar e difundir visualmente como o mesmo funciona, facilitando a distinção entre as atividades que agregam valor, que não agregam valor, mas são necessárias e as que não agregam valor. O terceiro princípio se encontra no fluxo contínuo, tempos de espera devem ser a todo tempo minimizados e/ou eliminados. O quarto princípio é definido como produção puxada, em uma lógica da produção industrial convencional, as empresas empurram produtos para o cliente, pois aumentaram sua capacidade produtiva e necessitam vender cada vez mais produtos. Na produção puxada, existe uma definição pela qual é o consumidor que deve consumir mais e gerar a necessidade de ampliar a capacidade produtiva. O último princípio é a perfeição, aperfeiçoamento em direção a um estado ideal do produto e da produção, visando que todos os colaboradores envolvidos tenham um conhecimento profundo do processo como o todo, devendo existir diálogos entre os mesmo para atingir tal padrão (SOUZA, 2014).

Dentre as principais ferramentas do *lean manufacturing*, destacam-se:

A) Kanban

O *kanban* (do japonês “sinalização”) é um recurso visual utilizado para simplificar a visualização das tarefas a serem executadas pelos colaboradores, centralizando em um lugar acessível do processo fabril, além de ser uma maneira fácil de conferir se o proposto foi finalizado no prazo, em caso de atrasos, quanto tempo após a atividade foi completada e a produção diária da cadeia (SILVA, 2018).

Regras básicas são estabelecidas para melhorar o funcionamento de tal metodologia: o método a ser realizado deve-se retirar do processo anterior os produtos nas quantidades necessárias e no devido tempo, os que tiverem falhas devem ser vetados de passar para o processo seguinte, ao decorrer do tempo deve-se buscar a redução ou manutenção do número de atividades em retrabalho através de melhorias no sistema, seguindo o princípio da melhoria contínua (SILVA, 2018).

B) Kaizen

O *kaizen* (do japonês mudar para melhor) é uma metodologia que permite a redução dos custos, resumida em dois propósitos principais: disseminar a cultura da melhoria contínua em todas as áreas e engajar os colaboradores a buscar uma excelência operacional (LIKER, 2003).

Esta metodologia é dividida em três etapas: preparação, variando de três a oito dias, visa preparar os colaboradores, capacitando-os e coletando dados para a mudança a ser feita na produção. Em seguida ocorre o evento *kaizen*, com duração em torno de cinco dias e dispõe de dedicação integral da equipe e o *follow-up* que é a etapa de controle para que a mudança recém implantada seja mantida (LIKER, 2003).

C) Ferramenta 5s

O 5s é uma metodologia voltada à organização de espaços e procedimentos para que o trabalho seja executado de forma mais rápida e precisa; concentra-se essencialmente na organização do espaço de produção e no caso do *lean construction*, especificamente no canteiro de obras. O termo 5s veio das palavras japonesas: *seiri* (utilização), *seiton* (organização), *seiso* (limpeza), *seiketsu* (saúde e padronização) e *shitsuke* (disciplina) (OLIVEIRA *et. al.*, 2018).

Seiri é o termo que compete a primeira etapa do método, visada para que o operador da atividade faça a distinção do que é útil e do que não será utilizado, o que não for útil será separado do material, reduzindo estoque e espaço. *Seiton* tem por objetivo definir os locais para serem guardados cada material adequado separado da primeira etapa. *Seiso* representa a limpeza primorosa e eliminação de desconfortos percebidos nas etapas anteriores. *Seiketsu* representa a padronização dos métodos decorridos, além da melhora dos processos de segurança. *Shitsuke* representa o senso de disciplina, quando não é mais necessário que a mudança seja observada, representa que o método 5s foi implantado corretamente na atividade proposta (OLIVEIRA *et. al.*, 2018).

a. Princípios do Lean Construction

Consoante citado anteriormente para que se obtivesse melhor produtividade na construção civil, surgiu ao final do século XX o conceito de *lean construction* visto pela primeira vez através do artigo *Application of the New Production Philosophy to Construction*, o qual visava adaptar o Sistema Toyota de Produção para a construção civil (OLIVEIRA,

2019).

O pesquisador finlandês Lauri Koskela (1992), autor do artigo, reuniu as maiores necessidades da gestão de obras, e por meio da filosofia *lean* adaptou seu uso aplicado no canteiro de obras criando a construção enxuta, ou seja, o *lean construction*.

Diferente da fábrica de bens de consumo, na construção civil as fábricas não se encontram em fluxo contínuo, mas em produção. Modelo baseado em dois fluxos, um de material, outro de mão de obra, o emprego do *lean* na construção civil representa uma série de avanços para a indústria de obras, como um conjunto mais claro dos objetivos que precedem a entrega do produto final, e a projeção simultânea entre o produto e o processo (OLIVEIRA, 2019).

Com o propósito de intensificar a produção e eficiência das atividades do processo, e também realizar a redução das atividades de fluxo, Koskela (1992) propôs 11 princípios da construção enxuta, fundamentado nos estudos empíricos de Ohno (1988) e sua aplicabilidade no Sistema Toyota de Produção (PICCHI, 2003).

Segundo Koskela (1992), aplicando os princípios da construção enxuta existem grandes chances de redução de perdas e de custos na construção civil. Os princípios do *lean construction* são:

- 1 - Reduzir as atividades que não agregam valor;
- 2 - Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente;
- 3 - Reduzir a variabilidade;
- 4 - Reduzir o tempo de ciclo;
- 5 - Simplificar e minimizar o número de passos ou partes;
- 6 - Aumentar a flexibilidade de saída;
- 7 - Aumentar a transparência do processo;
- 8 - Focar no controle do processo global;
- 9 - Introduzir melhoria contínua no processo;
- 10 - Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões;
- 11 - Fazer *benchmarking*;

O *lean construction* é uma linha de produção que introduz boas práticas na gestão, desenvolve a organização da equipe, rotatividade, sequenciamento das atividades em cada processo e o cumprimento dos prazos determinados sem que um serviço atrepele o outro. Esse método não é uma ferramenta, mas sim uma filosofia, é uma nova maneira de pensar nos sistemas produtivos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 A Empresa

A empresa em questão escolhida foi a incorporadora que os autores da pesquisa estagiaram. Trata-se de uma incorporadora presente na maioria dos estados do Brasil, de capital aberto, e com um foco maior voltado a moradias populares, incentivadas por crédito pelo governo federal através do programa “Minha Casa Verde e Amarela”.

3.2 Caracterização dos Empreendimentos

A linha de produção do empreendimento é disposta das seguintes etapas:

- 1 - Terraplanagem e concretagem;
- 2 - Serviços de instaladora (hidráulica e elétrica) execução de fiada falsa;
- 3 - Montagem das formas e armação de ferragens;
- 4 - Concretagem dos pavimentos;
- 5 - Remoção de faquetas (elementos que travam as formas e evitam desperdícios de concreto);
- 6 - Pós-forma (instalação de janelas, regularizações, impermeabilização, etc).
- 7 - Instalação de peças cerâmicas;
- 8 - Instalação de portas;
- 9 - Execução de gesso;
- 10 - Execução de pintura;
- 11 - Acabamentos finais e entrega para a assistência técnica.

Conforme dito previamente, os empreendimentos se encontram localizados na região do Vale do Paraíba, no estado de São Paulo. O primeiro canteiro a ser analisado (canteiro tradicional) contém uma área de 20.171 m² e foi iniciado em agosto de 2020. A obra é constituída por 24 blocos e cada bloco possui 4 pavimentos, contendo 4 apartamentos por pavimento, totalizando 384 apartamentos, sendo que 336 apartamentos com uma área de 40 m² (dispondo de dois quartos, um banheiro e uma cozinha conjugada com sala) e 48 apartamentos com 45 m². Tal obra chegou a contar com no máximo 56 colaboradores.

O corpo administrativo do canteiro tradicional é composto por: 1 engenheiro de obra, 1 auxiliar de engenharia, 1 mestre de obras, 1 encarregado para a parte de instalações (elétrica e hidráulica), 1 encarregado para armações, 1 técnico de saúde e segurança do trabalho, 1 almoxarife e 2 estagiários e 1 técnico administrativo.

O segundo canteiro (canteiro implementado) foi iniciado em dezembro de 2021 e possui 28 blocos nos mesmos moldes do canteiro tradicional, totalizando 448 apartamentos, 394 apartamentos com 40 m², e 56 apartamentos com 45 m².

Esclarece-se que no canteiro tradicional não se aplicou o *lean construction*, em contrapartida, a obra do canteiro implementado já se iniciou nos moldes do método estudado, visto que a empresa se encontra em processo de adaptação, e um projeto para inserir a filosofia foi lançado. Ressalta-se, inclusive, que grande parte dos funcionários que iniciaram o canteiro implementado foram trabalhadores do canteiro tradicional.

O corpo administrativo do canteiro implementado é composto por: 1 engenheiro de obra, 2 auxiliares de engenharia, 1 mestre de obras, 1 encarregado de instalações, 1 técnico de saúde e segurança do trabalho, 1 encarregado para armações, 1 almoxarife, 1 estagiário e 1 técnico administrativo.

3.3 Fase do Andamento das Obras

Até a finalização da fase de diagnósticos os canteiros apresentavam os andamentos quanto a finalização representada no Quadro 1.

Quadro 1: Situação atual das obras analisadas.

| Canteiro | Tradicional | Implementado |
|--|-------------|--------------|
| Número Total de Blocos | 24 | 28 |
| Blocos Entregues para Assistência Técnica | 15 | 9 |
| Blocos Com Serviços de Fôrma Concluídos | 24 | 20 |
| Blocos Com Serviço de Instaladora Concluídos | 24 | 18 |

Fonte: Dos autores (2022).

4 FASE DE DIAGNÓSTICO

Os operários da obra do canteiro tradicional a priori eram divididos em: 21 pintores (separados entre apartamento, hall e fachada), 8 pedreiros azulejistas, 10 serventes, 1 carpinteiro, 2 gesseiros, 6 pedreiros de serviços gerais e 8 funcionários da instaladora (parte hidráulica e elétrica).

A incorporadora selecionada para o trabalho apresentava uma deficiência de produtividade, e constantemente os prazos para entrega dos apartamentos eram estourados,

busca-se diminuir o *lead time*, compreendido como o período desde o início do trabalho de marcação e armação das paredes até a limpeza fina do apartamento após todos os serviços executados. Nas atuais circunstâncias, o *lead time* de entrega de blocos da região do Vale do Paraíba-SP encontra-se com uma média de 165 dias.

Durante o diagnóstico realizado, alguns fatores foram considerados como causadores do aumento de *lead time*, como por exemplo as movimentações de estoques. Primeiramente, os materiais se dispunham no pátio da obra, que posteriormente seria o local das vagas de estacionamento dos moradores do condomínio; logo, notou-se a necessidade de removê-los do local, protegendo os materiais de furtos e intempéries climáticas.

A logística da mobilização não foi efetuada com grande planejamento e alguns materiais foram direcionados para blocos que a execução do pós-forma já havia sido realizada e naquele momento estavam inoperantes (blocos 23, 24, 13 e 14). Estes que em questão de poucos meses entraram com serviços pendentes, porém ficaram travados por não apresentarem condições acessíveis de execução, fazendo com que fosse necessária uma nova movimentação dos materiais, sendo imprescindível a utilização de a mão de obra de funcionários, que poderiam ser empregados na movimentação de material de outros serviços ou até mesmo na limpeza do ambiente geral (substituindo uma atividade que não agrega valor, por uma atividade que não agrega valor, mas necessária, conforme exemplificado na fundamentação teórica previamente).

O problema de movimentação desnecessária também foi notado nos serviços das frentes de pintura e gesso. Por não contar com funcionários que cumpriam apenas a função de abastecimento das frentes de acabamento em número adequado, muitos pintores e gesseiros percorriam trajetos de até 270 metros até o almoxarifado para pegar material, tempo que acrescido da espera pelo atendimento no mesmo local poderia representar entre 25 e 30 minutos de perda de execução efetiva de serviço.

Um princípio muito trivial referente ao modelo de construção enxuta se encontra que além de aplicar as ferramentas anteriormente citadas, deve-se buscar o conhecimento direto do sequenciamento das atividades por todos os operários e colaboradores técnicos do canteiro de obras.

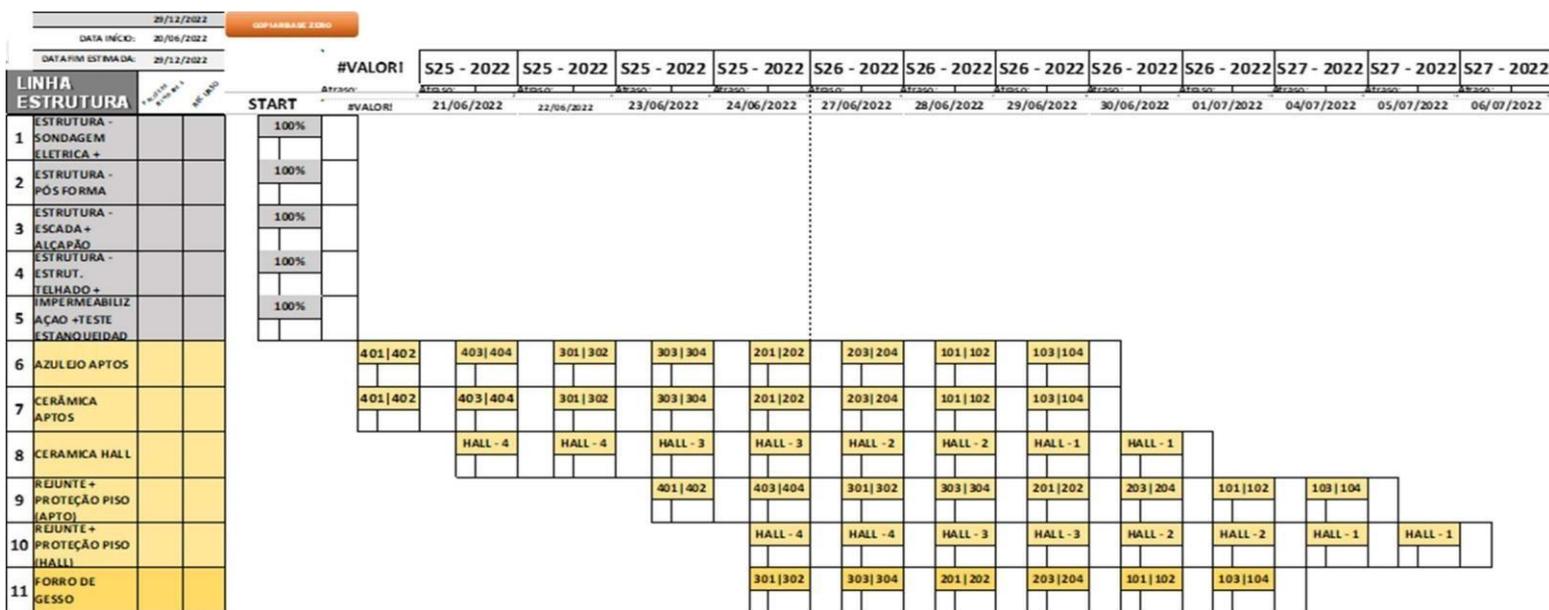
A incorporadora estudada idealiza na implementação do sistema de construção enxuta a entrega de 2 apartamentos diariamente, visto que ao ultrapassar essa meta de conclusão alguns desperdícios acabam acontecendo, como movimentação desnecessária de funcionários, excesso de estoque e depreciação de material.

Conforme citado anteriormente o sistema de produção enxuta tem como alguns dos pilares o sistema 5s, que visa uma formalização das atividades e metas propostas aos funcionários. A fase de acabamento dispõe de 58 etapas para que o apartamento seja entregue e o sistema *lean construction* estabelece que as atividades não ocorram simultaneamente no mesmo apartamento. A divisão constitui de 27 etapas de acabamentos internos e as 31 restantes são serviços que pertencem à área social comum (como testes elétricos, passagem de cabos de alimentação, estruturas de muro em áreas privativas e prumadas de gás).

Por tal sequenciamento, os esforços são concentrados para que se termine a fase de acabamento interna de todo o bloco em 27 dias úteis (conforme exemplificado nas figuras 1, 2 e 3). Considerando os serviços necessários para que sejam estabelecidas as condições iniciais de serviço (tais como impermeabilizações, testes de estanqueidade, trabalhos estruturais em escadas e alçapões), totalizam-se 39 dias úteis de *lead time* necessários para concluir o acabamento de um bloco. A incorporadora estima que com o passar dos anos, seguindo a melhoria contínua, seria possível realizar a entrega de um bloco (constituído por 16 apartamentos), desde toda a fase estrutural até o último serviço de acabamento em menos de 70 dias. A atual média de entrega das obras do Vale do Paraíba-SP encontra-se em 165 dias.

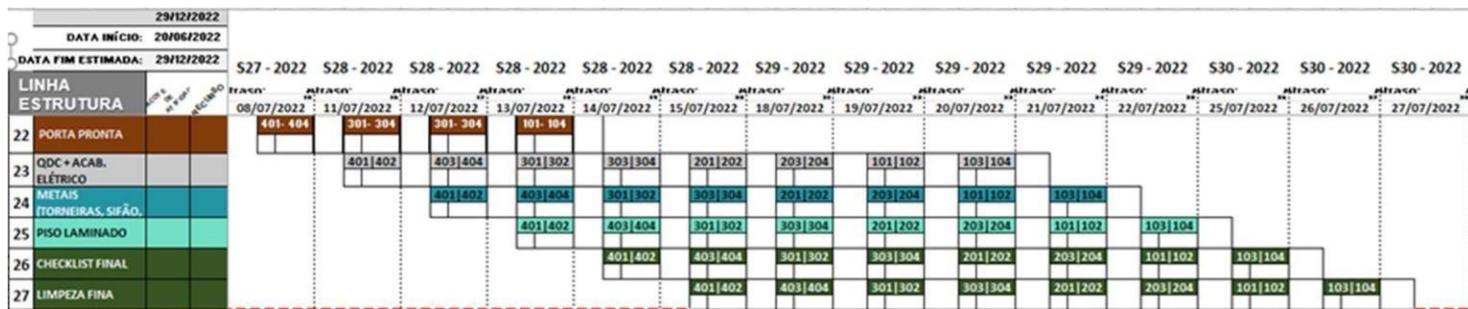
Após a implementação do sistema de melhoria contínua, o recorde de entrega de bloco encontra-se em 89 dias, aproximadamente uma redução de 46% em relação à média.

Figura 1 - Gráfico de *Gantt* de acabamentos parte 1.



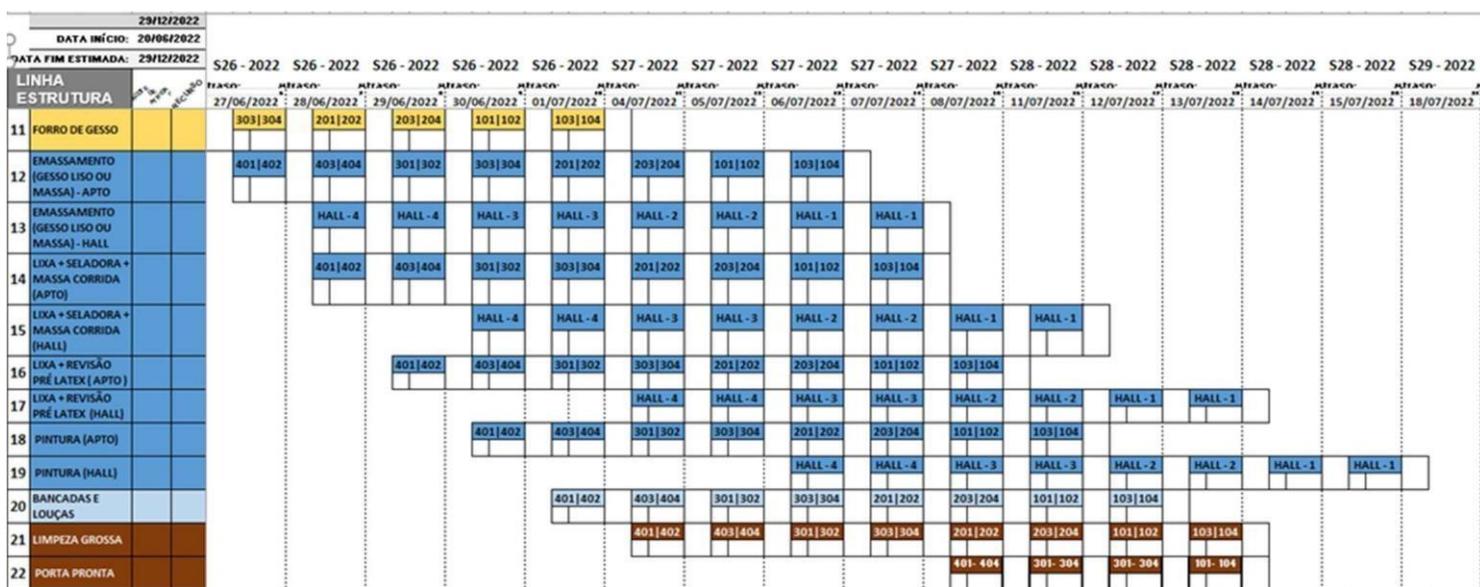
Fonte: Material cedido pela incorporadora (2022).

Figura 2 - Gráfico de *Gantt* de acabamentos partes 2



Fonte: Material cedido pela incorporadora (2022).

Figura 3 - Gráfico de *Gantt* de acabamentos partes 3



Fonte: Material cedido pela incorporadora (2022).

Outro preceito relacionado ao sistema *lean* que proporciona uma melhoria contínua é o método A3. Uma vez identificado os desvios mais críticos da obra, utiliza-se essa técnica para planejar, acompanhar e comunicar melhorias. Tal método é dividido em cinco etapas: requisitos do negócio, situação atual, situação futura (alvo), plano de ação e medidas de controle.

Desde o princípio da obra, um dos gargalos apresentados no acabamento foi o setor de instalação de peças cerâmicas, onde notou-se a necessidade de muitos retrabalhos. Após vistorias feitas pela assistência técnica da própria incorporadora, analisando a qualidade dos apartamentos, ocorreu a reprovação do bloco devido ao mau assentamento dos pisos e azulejos,

resultante de um acabamento inadequado do rejunte e números excessivos de peças com o som cavo (oco).

Problemas como o anterior ocasionam a um atraso da produção, visto que os funcionários que produzem as unidades seguintes devem largar o serviço realizado em questão.

Uma das questões que interferem na produção de pintura se deu pelo fato de que os próprios pintores muitas vezes saíam de seus respectivos apartamentos para buscar os materiais no almoxarifado, o qual se encontrava a distâncias em média de 120 metros do ponto de execução trabalho (Figura 4).

Figura 4 - Movimentação no canteiro até o almoxarifado.



Fonte: Google imagens (2022).

Uma das alterações a serem implantadas a respeito da melhoria contínua é a reunião semanal, a qual tem como objetivo o acompanhamento de toda equipe administrativa para que estejam cientes do status de estoque, andamento das frentes de serviço, *lead time* e similares. Buscando encontrar a raiz dos problemas através de metas diárias, realiza-se reuniões no *gemba* (canteiro de obras) na sexta-feira, obtendo um planejamento detalhado para a semana seguinte.

O sistema *lean construction* dispõe de 2 métodos de gestão além do que se encontra em obras tradicionais: um relativo a curto prazo e outro a médio prazo.

O curto prazo se dá nas reuniões diárias realizadas no *gemba*, atualizando o painel de gestão, preferencialmente às 9 horas da manhã, para que todos os funcionários administrativos,

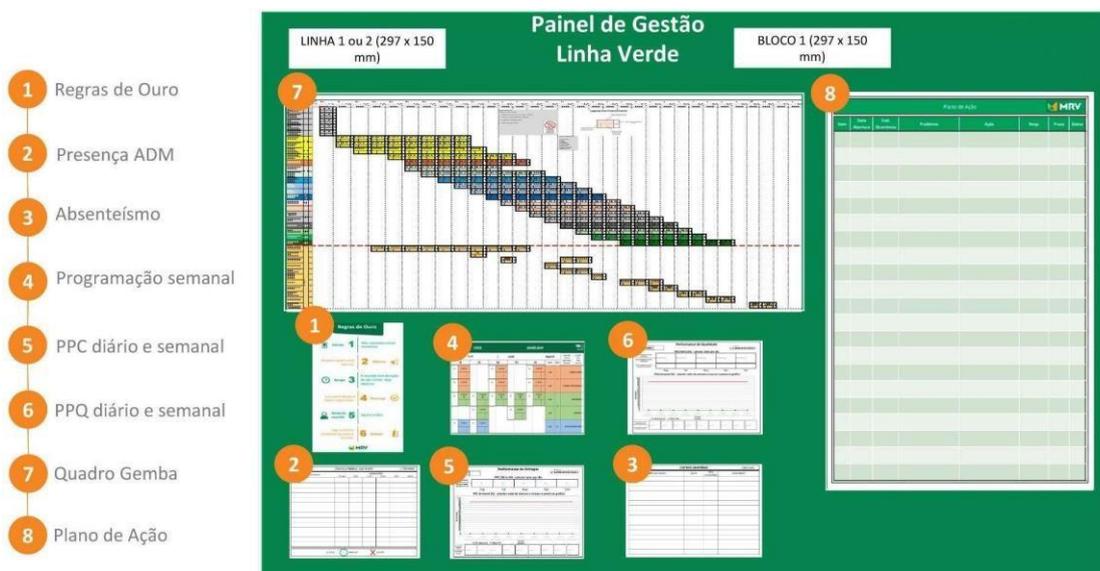
responsáveis por frentes de serviço, consigam delegar com tranquilidade as funções a seus encarregados. Estima-se que a reunião deva durar cerca de 15 minutos, para cada bloco com frente de serviço a ser executado. A reunião de curto prazo é orientada através do painel de gestão.

Figura 5 - Modelo do painel de gestão



Fonte: Material cedido pela incorporadora (2022).

Figura 6 - Utilização do painel de gestão.



Fonte: Material cedido pela incorporadora (2022).

O painel de gestão é basicamente um quadro localizado em cada entrada de bloco, contendo todas as informações necessárias para uma boa condução da reunião diária, deixando todos os colaboradores cientes quanto ao comportamento e execução diária do serviço selecionado.

Recomenda-se que a reunião diária siga os seguintes passos:

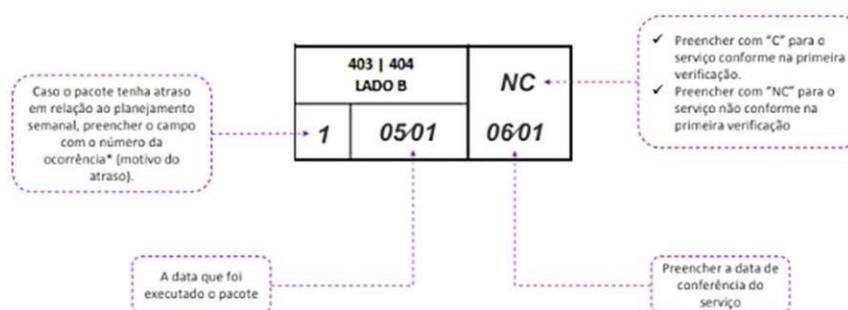
1. Regra de Ouro: orientação para o foco da reunião.
2. Controle de presença: aferir a presença dos participantes.
3. Absenteísmo: tomada de decisão em relação às eventuais ausências no canteiro, além da descrição dos motivos de ausência.
4. Programação semanal: replanejamento das atividades da semana quando necessário. Primeiramente analisando os distúrbios do dia anterior; os riscos do dia em questão (iniciando a leitura das metas diárias, esclarecer e evitar os empecilhos nas condições atuais); análise de como impactará no próximo dia; terminalidade do que está em atraso para que a frente de serviço do dia não seja prejudicada. Quando uma atividade não pode ser executada a tempo, deve-se preencher no pacote de atividades semanal a razão pela qual o imprevisto ocorreu, podendo ser de 7 naturezas diferentes: mão de obra ausente, clima (inviabilizando atividades como instalação de para-raios nos telhados), ausência de material, ausência ou inadequação de ferramentas, acessos, decisões estratégicas e erro de conferência nas atividades anteriores (também conhecidas pelo termo pacote).

Figura 7 - Tipo de ocorrências a serem preenchidas no planejamento semanal



Fonte: Material cedido pela incorporadora (2022).

Figura 8 - Instrução ao preenchimento no campo de planejamento semanal



Fonte: Material cedido pela incorporadora (2022).

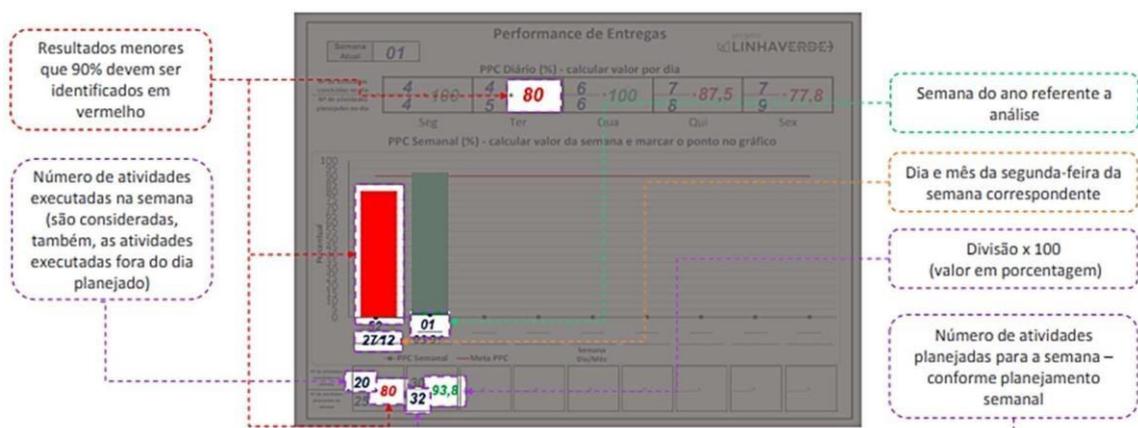
5. PPC (Percentual de Pacotes Concluídos), diário e semanal: indicador que retrata a eficiência do planejamento de curto prazo. O cálculo é feito pela razão do total de tarefas concluídas até o dia pelo total de tarefas planejadas até o dia atual. O PPC diário é uma indicação direta que as melhorias contínuas implementadas são positivas e as mesmas devem ser relatadas. Seu cálculo deve ser obtido com base na programação semanal, de forma acumulada e acrescentado a menor variabilidade. Os itens a serem preenchidos no PPC diário são: a semana atual, número de atividades executadas no dia, a soma do número de atividades planejadas para o dia com o número de atividades não realizadas no dia anterior. Com esses itens, obtêm-se o PCC em porcentagem, conforme indicado na figura 9. Quanto ao PPC semanal preenche-se: o número de atividades executadas no bloco durante a semana (no prazo ou não), a semana do ano referente a análise e o número de atividades que foram planejadas para a semana, consoante a figura 10.

Figura 9 - Instrução de preenchimento de PPC diário.



Fonte: Material cedido pela incorporadora (2022).

Figura 10 - Instrução de preenchimento de PPC semanal

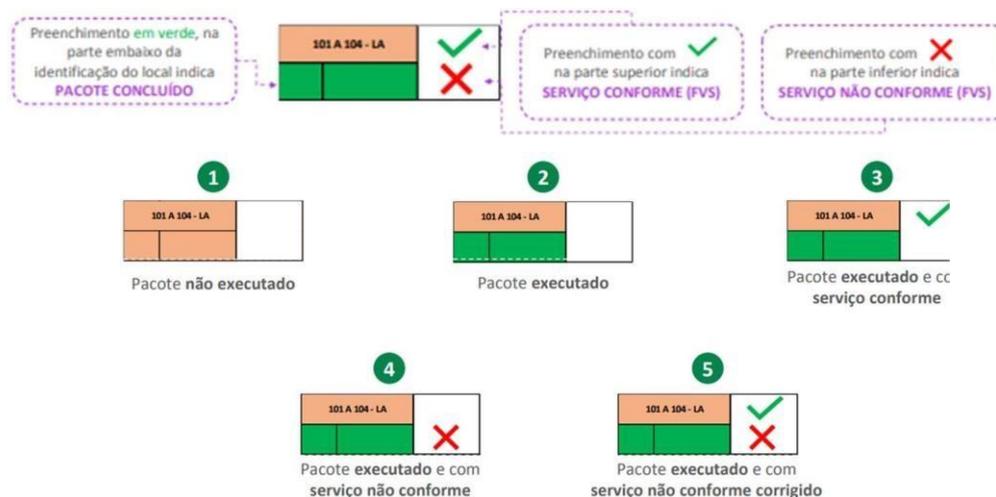


Fonte: Material cedido pela incorporadora (2022).

6. PPQ (Percentual de Pacotes com Qualidade), diário e semanal: indicador para retratar a eficiência de qualidade dos serviços completos. Deve-se evidenciar os pacotes com verificação de serviço atrasadas. O PPQ é a razão entre as tarefas concluídas e conformes pelo total de tarefas conferidas, ambas até o mesmo dia. O PPQ diário também deve ser aferido com base na programação semanal.
7. Quadro *gemba*: deve-se acompanhar a linha de execução e qualidade de cada uma das atividades do bloco, através do gráfico de *Gantt*. Busca-se assinalar os pacotes já concluídos e apontar para a equipe onde a base zero exige que cada funcionário esteja trabalhando.

Quanto ao preenchimento no *gemba*, deve-se confirmar com um “v”, em verde, os serviços concluídos a prazo e apontar os que eventualmente atrasaram com um “x”, em vermelho. Posteriormente indicar-se-á o atraso em relação a base 0, ou seja, em quantos dias de atraso a atividade se localiza.

Figura 11 - Instrução de preenchimento do quadro *gemba*



Fonte: Material cedido pela incorporadora (2022).

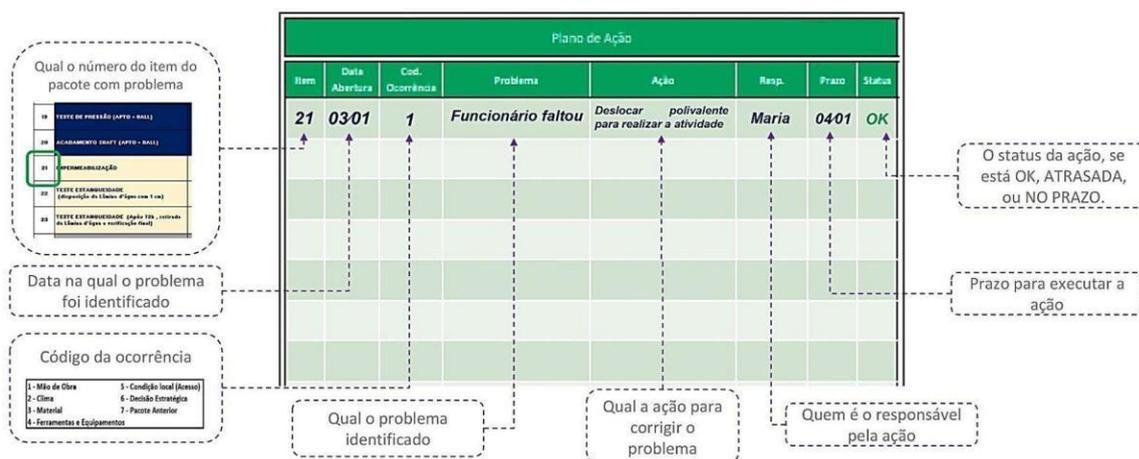
A medição dos dias de atraso pode ser realizada por duas formas:

Através da análise do quadro *gemba* em cada bloco: avalia a quantidade de dias atrasados em relação a data de início. Deve-se evidenciar caso o atraso foi reduzido ou elevado em comparação a semana anterior. Ex: “Até o momento, foram apontados 7 dias de atraso neste bloco, reduzindo 1 dia em referência a semana passada, a qual se apresentava em 8 dias”. Para diminuir o atraso são propostos 2 cenários: no primeiro apenas os serviços do caminho crítico (como estrutura e acabamento) entram no

cálculo; no segundo cenário, considera-se quando um serviço não crítico ocasiona a não finalização de pelo menos um apartamento na linha, o número de dias desse atraso também é considerado, deve-se considerar o cenário com a maior quantidade de dias de atraso.

8. Plano de Ação: controle dos planos de ação através de um quadro nas reuniões gerais, o qual funciona com a definição dos prazos, responsáveis pelos novos itens modificados e acompanhamento dos itens já abertos.

Figura 12 - Modelo de referência de plano de ação



Fonte: Material cedido pela incorporadora (2022).

A reunião semanal é um método de planejamento a médio prazo, também conta com a participação da equipe administrativa e visa ser conduzida por um membro externo da obra, com uma maior carga horária de experiência no sistema *lean construction*, apresentando uma análise mais minuciosa dos recursos disponíveis no canteiro, frentes de serviço e demais restrições. Nesta reunião, idealiza-se alcançar o planejamento das próximas 6 semanas, não se relaciona com métodos de acompanhamento diário da obra, entretanto, identificam as restrições futuras. Recomenda-se que todas as reuniões sejam realizadas as sextas-feiras no período da tarde e que sejam de caráter colaborativo, dispondo de 5 passos principais:

- Controle de execução: verificação de todas as atividades realizadas na semana, previamente programadas ou não, conseqüentemente alimentar no sistema as informações coletadas pelos membros;
- Verificação das causas: identificação da raiz dos problemas ocorridos para o não cumprimento das atividades que falharam na semana. Em tal etapa recomenda-se a utilização da técnica do 5s;

- Avaliação do PPC (indicador de aderência ao planejamento) e a divulgação do mesmo para a obra, sendo a meta de aderência em 90%;
- Negociação dos pacotes: realizar com encarregados, empreiteiros e mestres de obra a negociação de como as atividades não finalizadas e como serão concluídas sem prejudicar as atividades da semana posterior;
- Definição dos novos pacotes: após concluída a etapa anterior planejar as atividades alteradas da semana posterior;

Necessita-se logo ao fim da reunião semanal a atualização da ferramenta *Gantt* para a planilha semanal, deixando as mesmas impressas e em locais visíveis no canteiro de obras.

O sistema *lean construction*, também apresenta melhores abordagens no canteiro de obras para a área de saúde e segurança do trabalho, ficando a cargo do técnico de segurança a montagem de um quadro com as informações relevantes sobre este tema. Pareceres que antes apenas a equipe técnica tinha acesso como notas de comunicação de acidentes, notas dos faróis diários da segurança (vistoria do técnico de segurança pelo canteiro, realizada pela parte da manhã em todos os dias úteis), além de cobrar de estagiários, auxiliares, e engenheiros observações comportamentais quanto aos critérios de organização do canteiro, uso de equipamentos de proteção individual (EPI) e coletivo (EPC) por todo o *gemba*, estimulando os próprios colaboradores a continuarem evoluindo na prevenção de acidentes.

Figura 13 - Quadro de Indicadores da Área de Segurança



Fonte: Dos autores (2022).

Alguns serviços no canteiro tradicional apresentavam uma tendência curiosa: eram adiantados constantemente, cerca de 4 a 5 blocos de antecipação, todavia tal esforço foi classificado como inadequado, visto que tais funcionários seriam úteis nos gargalos da obra, é o exemplo do funcionário de pós forma, responsável por fixar as janelas.

Conforme as recomendações da empresa, após a implantação do *lean construction*, tal funcionário deveria cumprir uma meta de 2 apartamentos por dia e, a seguir, auxiliar os outros pedreiros no serviço de maior atraso do plano de ação.

Após o início das obras no canteiro implementado, tanto a equipe da metodologia tradicional quanto à equipe adaptada ao sistema *lean* se reuniram em um único escritório, que por sua vez se localizava no canteiro implementado. Sempre que os funcionários administrativos necessitavam de resolver algum problema no escritório, os mesmos necessitavam de se deslocar cerca de 300 metros.

Figura 14 - Movimentação máxima no canteiro de obras do último bloco até o setor administrativo



Fonte: Google imagens (2022).

Antes do emprego do *lean construction*, o almoxarifado enfrentava grandes problemas com prazo de entrega de material, o que resultava em comprar materiais nos depósitos cadastrados pela incorporadora, entretanto, pagava-se um preço superior pelo fato de adquirir em pequenas quantidades.

5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Uma das melhorias aplicadas devido ao sistema *lean construction* foi o aumento da produtividade na frente de cerâmica (pisos e azulejos em apartamento padrão). Anteriormente, contendo um desempenho inferior a 2 apartamentos por dia, no qual cada apartamento possui uma área de assentamento cerâmico de 15,5 m² e utilizando uma mão de obra de 4 colaboradores por apartamento, era necessário que cada ceramista assentasse ao menos 7,75 m² de piso. A média até o momento da medição foi calculada como 6 m², o suficiente para gerar um atraso no sequenciamento de tarefas do apartamento em questão.

Foi identificada a necessidade de padronização de trabalho entre os colaboradores que não seguiam o plano de execução de serviço corretamente. Identificou-se que os materiais não eram utilizados corretamente, visto que alguns colaboradores não utilizavam a serra copo ou circular e nível a laser e em suas atividades.

Os colaboradores quando consultados relataram que ao entrar no ambiente de trabalho as condições iniciais de serviço não estavam sendo respeitadas e conseqüentemente perdiam muito tempo tendo que fazer a limpeza grossa do apartamento, tarefa essa que não agrega valor final ao produto.

Antes da implantação da metodologia da construção enxuta, a porta pronta era fixada antes dos acabamentos de louças e bancadas, por se tratar de um serviço terceirizado, agora a mesma é realizada após tal atividade, o que se justifica por ser um serviço de muita movimentação de material. Tal fato foi analisado pelo setor de qualidade da empresa como prejudicial, pois na realização antes ou durante a instalação das bancadas surgem materiais de descartes, sendo que em algumas ocasiões era necessário realizar uma limpeza, uma vez que a limpeza fina se realizará depois da instalação. A mudança, portanto, foi positiva e trata-se da aplicação do princípio *sheitsuke* do modelo 5s.

Uma vantagem que ocasiona um *lead time* menor nas entregas de bloco da obra implementada encontra-se na obrigatoriedade da participação dos encarregados de pós-forma e instaladora (elétrica e hidráulica), conforme podemos ver na figura 1. Três atividades que possuem responsabilidade dos mesmos são condições iniciais de serviço para a entrada da equipe de cerâmica: sondagem elétrica, funções de conferência das fichas de verificação de serviço (FVS) do pós-forma e estrutura do telhado. Essa vantagem é justificada devido ao fato de que todos encarregados e analistas passaram a ter que elaborar um plano de ação em consenso, rompendo com uma cultura organizacional de responsabilizar apenas um dos funcionários.

O plano de ações das atividades consistia nas seguintes atividades dispostas no Quadro

2.

Quadro 2 - Plano de Ações - Bloco 04 - Canteiro Implementado.

| PLANO DE AÇÕES - BLOCO 04 - CANTEIRO IMPLEMENTADO | | | |
|---|--------------------------------|------------|----------|
| Ação | Responsável | Data | Status |
| Revisar e sequenciar as atividades de piso e azulejo conforme o PES. | Estagiário nº2 | 05/04/2022 | Aprovado |
| Realizar a cronoanálise de 2 apartamentos acompanhando o ceramista da obra e analisar os desvios. | Auxiliar de Engenharia nº1 | 07/04/2022 | Aprovado |
| Elaborar a instrução de trabalho padronizado. | Auxiliar de Engenharia nº1 | 11/04/2022 | Aprovado |
| Treinar os ceramistas ao novo padrão de trabalho definido na instrução elaborada | Estagiário nº 2 e Auxiliar nº1 | 19/04/2022 | Aprovado |
| Eliminar o tempo de espera | Auxiliar de Engenharia nº1 | 14/04/2022 | Aprovado |
| Compra de material e ferramenta adequadas | Estagiário nº 2 | 14/04/2022 | Aprovado |

Fonte: Dos autores (2022).

As atividades foram monitoradas através do próprio plano de ação pelo método do *lean construction*, do acompanhamento da produção, entrega dos pacotes nas reuniões diárias do mês de abril e inspeções diárias pelos conferentes dos serviços das FVS.

Acrescentou-se que um dos funcionários que colaborava como servente foi realocado, visando a limpeza do ambiente e um reforço no carregamento do material para a frente de serviço.

Com tais medidas o um resultado satisfatório foi alcançado: a produção diária de cerâmica conseguiu alcançar um índice médio de 15,5 m².

Outras medições alcançadas impressionaram positivamente: os serviços realizados pelos ceramistas também foram modificados, as atividades que agregam valor (como fixação de peças e rejuntamento) subiram de 66% para 80%, uma vez que os ceramistas não necessitavam mais de passar tempo em limpeza fina e carregamento de material, por exemplo.

Quadro 3 - Atividades analisadas pelo A3.

| | Antes do levantamento A3 | Depois do levantamento A3 |
|--|--------------------------|---------------------------|
| Atividades que agregam valor. | 66% | 80% |
| Atividades que não agregam valor. | 19% | 1% |
| Atividades que não agregam valor, mas são necessárias. | 15% | 19% |

Fonte: Dos autores (2022).

Pode-se observar que antes o bloco era executado com 1.172 diárias e otimizou-se a produção para fazer o mesmo serviço com 448 diárias. O custo por mão de obra/metro quadrado foi reduzido de R\$ 32,16 para R\$ 21,00. Tal melhoria implementada representou ao primeiro bloco feito uma economia de R\$ 78.491,00.

Outra comparação realizada pelos autores encontra-se no relato de diária de dois blocos selecionados (Quadro 4): o primeiro é o bloco 20 do canteiro tradicional e o segundo é o bloco 04 do canteiro implementado. Visando uma comparação mais precisa, analisou-se a priori a fase de acabamento, relatando as razões pelas quais a obra do canteiro tradicional teve uma defasagem maior no prazo.

Quadro 4 - Comparativo de produtividade entre os canteiros.

| Frente de Serviço | Canteiro Implementado | | | Canteiro Tradicional | | | Atraso Relativo do Canteiro Tradicional |
|-------------------|-----------------------|------------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|---|
| | Nº mão de obra | Nº de dias úteis | Total de diárias | Nº mão de obra | Nº de dias úteis | Total de diárias | |
| Janela | 1 | 2 | 02 | 1 | 2 | 02 | 00,00% |
| Gesso | 6 | 13 | 78 | 4 | 19 | 76 | -02,61% |
| Cerâmica | 5 | 6 | 30 | 3 | 17 | 51 | 70,00% |
| Pintura | 3 | 15 | 45 | 4 | 15 | 60 | 33,33% |
| Louças e bancadas | 1 | 3 | 03 | 1 | 3 | 03 | 00,00% |
| Limpeza fina | 2 | 14 | 28 | 1 | 16 | 16 | -42,86% |
| Total de diárias | 186 | | | 208 | | | 11,83% |

Fonte: Dos autores (2022).

O sistema de construção enxuta não apresenta nenhuma redução significativa na etapa de instalação das janelas, visto que tal atividade tem andamento rápido, e não dispõe de condições iniciais de serviço muito complexas.

Quanto ao gesso não se nota uma produtividade superior entre os dois métodos, entretanto, o canteiro implementado tem a necessidade de concluir tal etapa em menos dias, para não prejudicar o *lead time* e afetar na base 0. Este apontamento mesmo sendo razoável é uma possível melhoria para o canteiro tradicional, se a equipe de execução do gesso fosse aumentada, uma vez que o custo de tal adaptação representaria menos de 3% de variação, mas seria possível executar a mesma com menos 6 dias úteis.

Alguns fatos foram elencados para explicar a defasagem entre as duas obras no assentamento da cerâmica: maior controle do almoxarifado devido às reuniões semanais, atividades mais intensas de melhorias contínuas eliminando atividades que não agregam valor, necessidade de melhor sincronia entre os serviços de pós-forma e a entrada do funcionário no teste de estanqueidade dos apartamentos, melhor aferição pelo setor de qualidade dos equipamentos utilizados pelos ceramistas, conferência antecipada pela equipe administrativa na ficha de verificação de serviço, maior quantidade de colaboradores gerando um *lead time* da atividade reduzido.

A pintura apresentou ganho de produtividade em um terço com a implantação do sistema *lean construction*, e pode ser justificada pela contratação de mais funcionários responsáveis pelo abastecimento da obra. Vale ressaltar que os mesmos funcionários da cerâmica realizaram expertise maior, alguns deles trabalhavam aos sábados, realizando não só o abastecimento de material, mas também a limpeza grossa dos apartamentos, chegando mais rápido às condições iniciais de serviço para o começo da semana.

A limpeza fina foi o único serviço entre os analisados no Quadro 4 em que o canteiro tradicional obteve uma produtividade claramente superior ao canteiro implementado, não foi notada nenhuma melhoria para tal, fato que pode ser relacionado simplesmente aos funcionários da limpeza serem mais eficientes.

O Quadro 4, indica que a obra com a metodologia *lean construction* apresenta produtividade superior a cerca de 12% nos serviços. Caso fosse considerado que todas as atividades utilizassem mão de obra própria representaria uma economia para a obra em 22 diárias, o que corresponderia em torno de R\$ 2.200,00 por bloco. Considerando que o canteiro tradicional dispõe de 24 blocos, o valor de economia do orçamento total da obra poderia alcançar a cifra dos R\$ 52.800,00.

Apontou-se pela parte do almoxarifado uma organização elevada do canteiro implementado em relação ao canteiro tradicional, a mesma se justifica pelo fato de que a incorporadora aplicou as reuniões semanais, onde obteve um controle maior dos estoques, evitando que a linha de balanço seja atrasada, além da aplicação efetiva do 5s.

Através de um levantamento com um setor específico da empresa, visando empregar o lean construction na regional, levantou-se as principais causas do atraso de atividades do pacote semanal, conforme listado no Quadro 5.

Quadro 5 - Verificação das causas de problemas ocorridos no canteiro.

| Verificação das causas de problemas ocorridos no canteiro | | | | | |
|---|----------|-------------|-------|--------------|---------------------|
| Mão de obra | Material | Ferramentas | Clima | Acesso local | Decisão estratégica |
| 31,5% | 27,4% | 20,5% | 13,7% | 5,5% | 1,4% |

Fonte: Dos autores (2022).

O índice acima de 31,5% de mão de obra mostrou a necessidade de se inserir uma melhoria contínua (*kanban*) quanto ao abastecimento e uma maior programação das atividades dos ajudantes de pedreiro, visto que em situações críticas os mesmos deveriam provisoriamente estar em condições para cobrir, durante um dia, os ajudantes de pedreiros que não compareceram no canteiro. Esse apontamento fez com que os engenheiros optassem por ter proporcionalmente mais ajudantes de pedreiro.

Quanto à qualidade final do produto, o departamento de assistência técnica da incorporadora avaliou uma maior efetividade nas entregas através de colaboradores responsáveis pelas vistorias nos apartamentos. Foi relatado que no canteiro de obras tradicional, ocorreram em 2 ocasiões, 3 reprovações para o mesmo bloco de apartamentos e em mais de 5 ocasiões o bloco foi reprovado 2 vezes. Aplicando o mesmo método de vistoria no canteiro implementado, nenhum bloco foi reprovado por 3 vezes e apenas um bloco foi reprovado por 2 vezes.

Os dados do estudo em questão foram coerente com o levantamento da CTE(Centro de Tecnologia de Edificações) que apontavam reduções do custo de produção entre 8 e 22%.

6 CONCLUSÃO

Este projeto consistiu na análise e comparação da influência da metodologia *lean construction* na produtividade de canteiros de obra de uma incorporadora de grande porte. Dentre as conclusões alcançadas, pode-se citar que:

Com a aplicação dos princípios do *lean construction*, um avanço significativo foi notado nos prazos de entrega dos blocos quando o canteiro implementa a filosofia da construção enxuta, conforme mostrado nos valores acima, onde é possível a redução em até 46% do tempo.

O *lean* apresenta grande potencial para a redução das atividades que não agregam valor, e conclui-se que o investimento visando em aumentar a equipe de abastecimento das frentes de acabamento, principalmente cerâmica e pintura é justificável, visto que em uma análise cronológica pontual os pedreiros da cerâmica no canteiro implementado obtiveram um desempenho superior ao dobro dos pedreiros do canteiro de obra tradicional.

Usando-se os princípios do 5s, através de mudanças simples como alteração na ordem de alguns serviços, a produção da obra pode ser aumentada com a redução de atividades emergenciais, mas que não agregam valor ao produto final.

A qualidade final do produto quando se implementa o *lean construction* é melhor avaliada pelo departamento de assistência técnica.

Os funcionários da obra nos moldes do sistema da construção enxuta apresentaram uma consciência maior quanto à evolução da linha de produção e da segurança necessária para a rotina do canteiro.

Sugere-se para trabalhos futuros uma análise mais detalhada em outras etapas da obra, como a etapa estrutural. Um outro estudo a ser feito pode ser visando a implementação de softwares BIM (*Building Information Modeling*), que se refere à modelagem de informação da construção, visto que o mesmo dispõe de uma análise quantitativa assim que o software é lançado, reduzindo custos para a obra e podendo mensurar de maneira mais direta a quantidade dos materiais a serem utilizadas.

REFERÊNCIAS

ALVES, João Murta. **O Sistema Just in Time Reduz os Custos do Processo Produtivo.** CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO ESTRATÉGICA EM CUSTOS, II, 1995, Campinas, out. 1995. Disponível em: <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3431#:~:text=Trata%2Dse%20de%20um%20estudo,manter%20vantagem%20competitiva%20em%20custo.> Acesso em: 22 jul. 2022.

CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção). **PIB da Construção Fecha o Ano com Crescimento de 9,7%, a Maior Alta em 11 anos.** Disponível em:

<https://cbic.org.br/pib-da-construcao-fecha-o-ano-com-crescimento-de-97-a-maior-alta-em-11-anos/> Acesso em: 7 ago. 2022

CENTRO DE TECNOLOGIA DE EDIFICAÇÕES. **Lean Construction Agrega Eficiência Para Construtoras De Diferentes Portes E Segmentos.** Disponível em:<https://cte.com.br/blog/gerenciamento/lean-construction-agrega-eficiencia-para-construtoras-de-diferentes-portes-e-segmentos/>. Acesso em: 8 ago. 2022.

DARTHEIN, Ricardo. **Inovação e Revoluções Industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX.** Publicações DECON Textos Didáticos 02/2003. DECON/UFRGS, Porto Alegre, Fevereiro 2003. Disponível em: <https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/artnoveau/docs/revolucao.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2022.

FIESP (Federação das Indústrias do Estado de São Paulo). **Baixa Produtividade da Construção Compromete Remuneração do Trabalho.** Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/observatoriodaconstrucao/noticias/baixa-produtividade-da-construcao-compromete-remuneracao-do-trabalho/#:~:text=H%C3%A1%20uma%20rela%C3%A7%C3%A3o%20direta%20entre,US%24%2055.500l>). Acesso em: 2 ago. 2022.

GONÇALVES, Pedro Guilherme Ferreira. **Estudo e Análise da Metodologia Lean Construction.** Tese(Curso de Especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

HOWELL, Gregory A. **What Is Lean Construction.** University of California, Berkeley, California, Estados Unidos, 1999.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction.** Stanford: Centre of Integrated Facility Engineering, 1992. Technical Report 72.

LEANIT. **O Que É Jidoka.** Disponível em: <https://www.leaniti.com.br/conceitos/13/O-que-e-Jidoka.aspx> Acesso em: 7 ago. 2022

OLIVEIRA, Ana Flávia Alves de. **Análise da Metodologia Lean Construction em um Edifício Residencial no Município de de Anápolis.** Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) - Unievangélica, Anápolis, 2019. Disponível em: http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/1441/1/TCC2%202019_1%20ANA%20FL%20C3%81VIA.pdf. Acesso em:2 ago 2022.

OLIVEIRA, Samuel; MENEZES, Breno Freitas; MENEZES, Bruno Freitas; SILVA, Daniela do Nascimento; SANTOS, Stefani Alves dos. **Implementação da metodologia 5s e suas influências positivas quanto sua aplicação nas indústrias, um estudo de revisão**

bibliográfica. Maceió, AL. XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2018. Disponível em:

https://abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_261_497_36016.pdf. Acesso em 14 jul 2022.

OHNO, Taiichi. **Toyota production system: beyond large-scale production**. crc Press, 1988.

PÁDUA, Rafael Crissóstomo de. **Implementação de Práticas de Lean Construction em uma Obra Residencial em Goiânia – Estudo de Caso**. Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014. Disponível em:

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/IMPLEMENTA%C3%87%C3%83O_DE_PR%C3%81TICAS_DE_LEAN_CONSTRUCTION_EM_UMA_OBRA_RESIDENCIAL_EM_GOI%C3%82NIA_%E2%80%93_ESTUDO_DE_CASO.pdf Acesso em: 3 jun. 2022.

PICCHI, Flávio Augusto. Opportunities for the application of Lean Thinking in construction. **Ambiente construído**, v. 3, n. 1, p. 7-23, 2003.

SILVA, Jessica Belém da; ANASTÁCIO, Francisca Alexandra de Macedo. **Método Kanban como Ferramenta de Controle de Gestão**. Id on Line Rev.Mult. Psic., 2019, vol.13, n.43, p. 1018-1027. ISSN: 1981-1179.

SOUZA, Danilo Lima de. **Lean Manufacturing: Uma Análise dos Métodos de Manutenção Adotados na Indústria Petroquímica**. Tese - Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade São Francisco, Campinas, 2014.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Biblioteca Universitária. **Manual de normalização e estrutura de trabalhos acadêmicos: TCCs, monografias, dissertações e teses**. 3. ed. rev., atual. e ampl. Lavras, 2020. Disponível em:

<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/11017>. Acesso em: data de acesso.

WOOD JR, Thomas. **Fordismo, Toyotismo e Volvismo: Os Caminhos da Indústria em Busca do Tempo Perdido**. Revista de Administração de Empresas. Set/Out. 1992, p. 6-18.

ANEXO A

| LINHA ESTRUTURA | |
|-----------------|--|
| 1 | ESTRUTURA - SONDAGEM ELÉTRICA + TESTE DO DRENO |
| 2 | ESTRUTURA - PÓS FORMA |
| 3 | ESTRUTURA - ESCADA + ALÇAPÃO |
| 4 | ESTRUTURA - ESTRUT. TELHADO + CALHAS |
| 5 | IMPERMEABILIZAÇÃO + TESTE ESTANQUEIDADE |
| 6 | AZULEJO APTOS |
| 7 | CERÂMICA APTOS |
| 8 | CERÂMICA HALL |
| 9 | REJUNTE + PROTEÇÃO PISO (APTO) |
| 10 | REJUNTE + PROTEÇÃO PISO (HALL) |
| 11 | FORRO DE GESSO |
| 12 | EMASSAMENTO (GESSO LISO OU MASSA) - APTO |
| 13 | EMASSAMENTO (GESSO LISO OU MASSA) - HALL |
| 14 | LIXA + SELADORA + MASSA CORRIDA (APTO) |
| 15 | LIXA + SELADORA + MASSA CORRIDA (HALL) |
| 16 | LIXA + REVISÃO PRÉ LATEX (APTO) |
| 17 | LIXA + REVISÃO PRÉ LATEX (HALL) |
| 18 | PINTURA (APTO) |
| 19 | PINTURA (HALL) |
| 20 | BANCADAS E LOUÇAS |
| 21 | LIMPEZA GROSSA |
| 22 | PORTA PRONTA |
| 23 | QDC + ACAB. ELÉTRICO |
| 24 | METALS (TORNEIRAS, SIFÃO, ENGATES) |
| 25 | PISO LAMINADO |
| 26 | CHECKLIST FINAL |
| 27 | LIMPEZA FINA |

