

## APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO EM CANTEIRO DE OBRAS: UM ESTUDO DE CASO

ANTONIO VITOR PEREIRA NOVAIS<sup>2</sup>

ORIENTADOR: HAMILTON SILVA NETO<sup>1</sup>

### RESUMO

O ritmo de mudança econômica mundial tem exigido cada vez mais assertividade produtiva e criativa de todas as indústrias, demandando soluções mais técnicas e sustentáveis. Diante do cenário, a construção civil assume importante papel na indústria de transformação e o seu aprimoramento de processos torna-se essencial para o seu desenvolvimento, destarte, o *Lean Construction* surge como um importante aliado para o aprimoramento técnico do setor, apresentando novas ferramentas em face ao avanço tecnológico. No presente trabalho, se tem como objetivo explicar as principais metodologias do Lean Construction, filosofias e aplicações em canteiro de obras, visando aprimoramento técnico, redução de desperdícios, melhoria de bem-estar laboral.

### INTRODUÇÃO

A Engenharia civil, desde o princípio de sua existência como ciência, tem a história de seu desenvolvimento profundamente interligada ao desenvolvimento tecnológico antrópico em diversos âmbitos do progresso civilizatório (QUEIROZ, 2019). Desde então, a Engenharia vem se ramificando em diversas áreas de conhecimento voltado não só para o desenvolvimento urbano e de edificações, mas para o desenvolvimento eletromecânico, químico, ambiental, naval, entre outros. Não obstante, apesar de ser considerada a mãe das engenharias, a engenharia civil ainda possui uma grande gama de traços artesanais em seus processos executivos.

A despeito do grande desenvolvimento computacional de softwares que otimizaram substancialmente os processos de planejamento, dimensionamento, projetos e gestão, os processos fabris de um empreendimento construtivo adotam práticas seculares com processos executivos pouco otimizados, em função de um *status quo* que pretere a adoção de novas práticas e estratégias, mantendo assim uma grande artesanidade.

Durante o processo de reconstrução da indústria asiática pós segunda guerra mundial, em meio à terceira revolução industrial, surge um grande marco para a indústria mundial, advinda das práticas do sistema Toyota de produção, introduzidas por Taiichi Ohno, se

1- Mestre em Engenharia civil e ambiental. Graduado em Engenharia Civil. E-mail:

[hamilton.silva@unifacs.br](mailto:hamilton.silva@unifacs.br)

2- Graduando em Engenharia civil. E-mail: avpnovais@hotmail.com

tratava do surgimento do Lean Manufacturing. O princípio base do Lean, ocasionado pela condição contextual de seu país de origem, Japão, prega pela produção enxuta puxada (sob demanda) chamada de *Just In Time*, bem como a inibição de desperdícios inerentes aos processos de produção industrial.

Com a crescente demanda empresarial por processos mais enxutos, céleres, garantindo maior padronização produtiva com a maior rentabilidade, os princípios do Lean têm se alastrado para diversas indústrias, dentre elas, a construção civil. Por muitos anos, a construção civil não era enxergada como um processo de cadeia produtiva em série e muitas das modificações propostas por modelos industriais eram simplesmente rejeitadas ou não incorporadas com sucesso em canteiros de obras. Não obstante, segundo KOSKELA (1992), a diferença básica entre a construção civil e a indústria convencional é meramente morfológica, em que na indústria temos o trabalhador fixo com a mobilidade dos produtos enquanto na construção civil, o produto é fixo e o operador se movimenta em seu entorno.

Neste contexto, através de suas ferramentas de otimização de trabalho, o Lean Thinking surge como uma nova maneira de interpretar o fluxo de trabalho e geração de valor dentro da construção civil, atuando de forma a evitar desperdícios.

O objetivo deste trabalho, por sua vez, é avaliar, através do uso de indicadores qualitativos e quantitativos a eficácia da aplicação de ferramentas do Lean oriundas do Sistema Toyota de produção na otimização de processos construtivos e resolução de problemas em canteiro de obras. Destacando entre estes, os seguintes objetivos específicos:

1. Elucidar problemas e oportunidades de aplicação de ferramentas da metodologia Lean em canteiro de obras, bem como explicar seus princípios básicos e ferramentas na indústria da construção civil.
2. Demonstrar o aumento de produtividade em atividades construtivas
3. Avaliar a melhoria de qualidade de tarefas realizadas por colaboradores.
4. Julgar o desenvolvimento da equipe na resolução de problemas e aplicação do Lean Thinking para melhoria de geração de valor e redução de desperdícios

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1 CONTEXTO DE APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS

Inserida no mercado de construção e incorporação, a obra que será objeto de estudo do presente artigo localiza-se na cidade de Feira de Santana, Bahia, tratando-se de um condomínio residencial com 196 unidades habitacionais e clube de entretenimento em sua área comum. A construtora responsável pela obra atua em todos os serviços, desde a terraplenagem até o acabamento final das unidades habitacionais, terceirizando apenas serviços de pavimentação externa, rede de posteamento de alta tensão e execução de gesso.

A obra possuiu em seu pico 328 colaboradores, contando com contratados e terceirizados, bem como dispõe de máquinas e equipamentos com operadores próprios para a realização de atividades inerentes à obra, como içamento, carregamento e transporte de materiais feitos por retroescavadeira, pá carregadeira, manipuladora e caminhão Munck.

As unidades habitacionais analisadas possuem dois quartos, sendo uma suíte, contando com 54.11 m<sup>2</sup> de área construída e terrenos de 140,25m<sup>2</sup>. O modelo construtivo empregado é o de alvenaria estrutural com a utilização de lajes maciças pré-fabricadas e içadas por caminhão Munck, para posterior levante de platibandas.

## 2.2 FUNDAMENTOS DA METODOLOGIA LEAN

Após a segunda guerra mundial, com o território japonês fortemente devastado, o país teve de realizar um plano de soerguimento econômico e industrial para retomar o seu crescimento e a qualidade de vida do seu povo. Com o apoio dos Estados Unidos, FMI e Banco Mundial, o governo japonês iniciou um plano de incentivo à indústria e empreendedorismo visando o resgate do bem estar de sua população (WATANABI, 2011).

Neste cenário, na década de 1950, após visitas à fábrica da Ford nos EUA, Eliji Toyoda, membro do conselho diretor da Toyota Motors Company, juntamente com seu engenheiro mecânico Taiichi Ohno (pai da metodologia *Lean*), optaram por criar uma nova metodologia de produção que ia de encontro à produção massiva taylorista e fordista, fortemente motivados pela escassez de recursos financeiros, materiais, mercadológicos e logísticos no Japão (WOMACK, 2004).

Visando a expansão e competitividade mercadológica, o sistema Lean tinha como cerne a redução dos custos através da diminuição dos desperdícios, chamados de *Muda*, aliados ao pensamento de melhoria contínua que promovia a redução de atividades que não geravam valor

agregado para o cliente final, bem como os conceitos de qualidade total, padronização produtiva e estabilidade (DENNIS, 2008).

Os princípios do Sistema Toyota de Produção têm como objetivo principal garantir o foco e a satisfação do cliente, através da manutenção de alta qualidade, com menor despendimento possível de materiais, atrelado à redução do *Lead Time* (tempo de atravessamento do produto na linha de produção). A produção, por sua vez, até considerada como “puxada”, portanto, sob demanda real e vigente, com envolvimento de todos os colaboradores nas etapas produtivas na proposição de melhorias e interrupção da produção em caso de identificação de erros (*Jidoka*).

O sistema Lean também tem como base de sua atuação a melhoria contínua e a retroalimentação constante de processos administrativos e operacionais, de modo a periódica e continuamente otimizar o fluxo de etapas e as atividades inerentes a cada etapa. Com isso a ferramenta do PDCA (*plan, do, check, act*) é de vital utilização para que a reanálise dos processos ocorra com acurácia e efetividade no GEMBA, termo de origem japonesa que significa “onde as coisas acontecem/ chão de fábrica”.

Na base do sistema, está a padronização e a estabilidade, responsáveis pela manutenção sustentável e crescente da qualidade produtiva. Esta base, por sua vez, está diretamente correlacionada ao conceito de *Kaizen* (melhoria contínua), que deve ser nutrido por todos os colaboradores da empresa, sendo estes do *GEMBA* (campo/chão de fábrica) ou do escritório.

### 2.2.1 O conceito de *Muda*

Dentro da metodologia Lean, o *Muda* é o oposto de valor, ou seja, toda aquela atividade realizada pela qual o cliente não está disposto a pagar e que não agregam valor ao produto final. O primeiro passo para atingir uma operação enxuta ou Lean é ter a habilidade de enxergar as atividades consideradas como desperdício/ *muda*, de forma a propor alterações efetivas em uma nova diagramação de tarefas, tempo e espaço para otimização produtiva (DENNIS, 2008).

O *Muda* pode se apresentar em 8 diferentes formas

- MOVIMENTO
- ESPERA
- TRANSPORTE
- RETRABALHO
- PROCESSAMENTO EXCESSIVO
- ESTOQUE
- EXCESSO DE PRODUÇÃO
- CONHECIMENTO SEM LIGAÇÃO

## 2.3 LEAN CONSTRUCTION X LEAN MANUFACTURING

Todo processo produtivo/construtivo consiste, essencialmente, nas mesmas etapas: transformação de matéria prima, com ligação de um ou mais componentes visando a configuração de um produto para um determinado cliente final. Não obstante, a construção civil possui diferenças conceituais de um processo produtivo industrial em função da característica imobilizada de seu produto, bem como o caráter puxado de sua produção que, ancorado à definição de projetos de construção e empreendimentos, são projetos dotados de total imparidade (MATTOS, 2010).

- LEAN CONSTRUCTION

De acordo a KOSKELA, 1992, o Lean Construction é um sistema de produção/construção que enxerga as atividades divididas em duas:

Atividades de conversão: atividades que agregam valor ao produto pelo qual o cliente está disposto a pagar.

Atividades de Fluxo: também definidas como Muda, estão relacionadas a subprocessos inerentes à construção, podendo ser controlados/minimizados, mas que não agregam valor ao produto final.

Conforme enumerado por OLIVEIRA, 2018, os objetivos do Lean Construction podem ser listados como:

1. Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor
2. Aumentar o valor do produto com base nas considerações dos clientes
3. Reduzir a variabilidade
4. Reduzir o tempo de ciclo de produção
5. Simplificar mediante a redução do número de passos
6. Aumentar a flexibilidade
7. Aumentar a transparência do processo
8. Focar no controle do processo global
9. Introduzir melhoria contínua no processo
10. Manter o equilíbrio entre melhorias de fluxo e melhorias no processo de transformação
11. Fazer *benchmarking*

## 2.4 O PROCESSO DE APLICAÇÃO DO LEAN CONSTRUCTION

Ainda de acordo a obra de OLIVEIRA, 2018, o processo de aplicação do Lean vai além da aplicação de princípios e ferramentas, é necessária uma abordagem macro que consiga alcançar todos os setores da empresa, afetando, principalmente, a forma de enxergar os processos, ou seja, o Lean Thinking.

O Lean, por sua vez, teria a sua aplicação dividida em etapas de atuação paralela entre si que contribuem de forma síncrona para a melhoria da gestão de tarefas dentro do canteiro.

#### 2.4.1 ANÁLISE DE ESCOPO

Conforme descrito por KOSKELA, 1993, a função principal do planejamento na construção civil, é a identificação eficaz do mapeamento do fluxo de valor, bem como a identificação de etapas determinantes, gargalos e elucidação de processos que agregam valor e qual fazem sentido para o cliente final.

Assim, a ferramenta do MFV (mapeamento do fluxo de valor) é uma importante aliada no processo de tomada de decisões pois permite uma visão geral das atividades de trabalho, quantitativos de fluxo de informação, desvios de produto e escopo de contrato (OLIVEIRA, 2018).

Desta forma, são identificados os fluxos de valor, informação e descritos os detalhes principais das frentes de trabalho, produtividade, materiais, equipamentos, entre outros (OLIVEIRA, 2018) Desta forma, identificam-se etapas críticas, gargalos operacionais/produtivos, garantindo uma tomada de decisão mais assertiva ante a elucidação de fatores operacionais, inclinando a obra para uma gestão de tarefas mais inteligente, com menor número e duração de atividades de fluxo (VILLA, 2014).

#### 2.4.2 PLANEJAMENTO PUXADO

Semelhantemente ao conceito de *Just In Time* da indústria Toyota, o planejamento puxado segue preceitos dos cronogramas convencionais da construção civil, não obstante, adota itens adicionais para melhor análise de tempo e etapas tais como:

- 1) Identificação de fases e marcos da obra
- 2) Definição de “entregáveis” no tempo
- 3) Identificação das restrições
- 4) Análise de Cenário da obra no tempo
- 5) Análise Logística (Material, M.O., Máquinas)

Assim, ferramentas como o *Last Planner System*, que permitem a identificação de etapas críticas e fatores determinantes são essencialmente parte dos cronogramas e planejamentos de modo a se realizar uma previsão inteligente que garantirá menos desperdícios tais como espera e retrabalho, por possuir sincronia cronológica com etapas concomitantes e garantir o melhor aproveitamento de força de trabalho de homens e máquinas (OLIVEIRA, 2018).

#### 2.4.3 LEAN THINKING

A principal ferramenta de aplicação, porém, do Lean Construction é o ensinamento de metodologias de pensamento mais eficazes que são aplicáveis a todas as etapas de obras, desde limpeza de canteiro, a definição de fluxos de valor, materiais e mão de obra ao longo das etapas construtivas (PONTELLO, 2020).

Todavia, a difusão do Lean Thinking dentro de uma empresa necessita de um programa eficaz de treinamento de demonstração de ferramentas comumente aplicadas no Lean bem como a abstração de seus princípios de pensamento de modo que, conhecendo as ferramentas e objetivos do Lean, todos os colaboradores consigam nutrir os ideais de melhoria contínua, o *Kaizen*. (OLIVEIRA, 2018).

### 2.5 FERRAMENTAS DO LEAN CONSTRUCTION

#### 2.5.1 5S

Conforme WOMACK, 2004 a padronização dos fluxos e contexto de trabalho permite o sufrágio da qualidade ao garantir que sejam identificadas variações e falhas na linha de produção ao permitir a rápida identificação de anomalias e a conseguinte rápida correção das mesmas.

Assim como os produtos da linha de produção devem seguir uma padronização para assegurar a qualidade e o valor entregue ao cliente, os ambientes de trabalho devem seguir os mesmos preceitos. O sistema Toyota de produção tem como base de que um ambiente de trabalho limpo e organizado é a base para a melhoria (DENNIS, 2003).

#### 2.5.2 DIAGRAMA DE SPAGHETTI

Outra importante ferramenta para diagnosticar o layout e o gerenciamento espacial das atividades em canteiro de obras é a aplicação do diagrama de Spaghetti. Permitindo o aprimoramento de métodos e técnicas construtivas, em conjunto com o planejamento

de canteiro de obras, o diagrama de Spaghetti é uma ferramenta que pode ser utilizada como diagnóstico de canteiros de obras bem como uma importante ferramenta na etapa de planejamento e concepção de canteiros/etapas de obra de forma a proporcionar uma otimização energética e operacional nas etapas construtivas, garantindo mais tempo investido em atividades de conversão, ante a redução das atividades de movimentação, transporte e espera, tidas como atividades de fluxo (AMARAL, 2020).

O diagrama de Spaghetti é uma ferramenta que consiste em mapear e quantificar de forma gráfica e ilustrada toda a movimentação realizada por uma máquina ou operador pelo período de um ciclo de trabalho, demonstrando sua distância percorrida, trajetória, interação com máquinas/insumos de forma cíclica e periódica ao longo de seu turno de trabalho (SULE, 2008).

### 2.5.3 ISHIKAWA

Kaoru Ishikawa foi um estudioso japonês que dedicou sua obra à gestão organizacional de processos e qualidade total nas corporações. E sua obra, definiu o diagrama da espinha de peixe, alcunhado de seu nome Ishikawa, como um diagrama de causa e efeito que, a partir dos outcomes (sintomas) traçaria diversas possibilidades de incoerências (causas-raiz) através da enumeração de cenários de origem dessa causa e as possibilidades de falha, sugerida pelas partes envolvidas no processo, sendo operadores, encarregados e setor técnico-administrativo. Desta forma, busca-se “esgotar” as possibilidades de falhas nos incoerências de modo a eleger as combinações mais prováveis de falha e determinar soluções efetivas (STEFANOVIC, 2014).

### 2.5.4 MIZUSUMASHI

Termo do japonês que pode ser traduzido como *aranha d'água*, em função da agilidade do animal, o Mizusumashi é uma ferramenta do Lean a qual um operador logístico único torna-se responsável pelo transporte de peças e insumos ao longo de uma linha de produção (DE ARAÚJO BARROS, 2020).

Aplicado em função da necessidade cíclica por materiais e ferramentas dada em função do Takt time de uma linha construtiva, a ferramenta Mizusumashi tem como objetivo a concentração da MUDA do transporte em um único operador, o MIZU, visando eliminar desperdícios de logística interna, reduzir a espera por materiais e insumos nas estações de conversão, reduzindo estoques intermediários, concentrar o desperdício

logística de forma a reduzir custos, garantir a criação de fluxo logístico no processo construtivo (FIGUEIREDO, 2015).

#### 2.5.5 POKA YOKE

Sem tradução direta para o português, o Poka Yoke é uma ferramenta do Lean que tem como significado “prevenção de erro inadvertido”. Sendo uma ferramenta concebida para reduzir a sobrecarga física e mental do colaborador ao passo que permite a identificação de anomalias operacionais através de ferramentas simples, o Poka Yoke é de suma importância para evitar erros de processo, etapas fora de ordem, peças faltantes/fora de lugar devido, erro de ajuste de máquina e produto, ferramentas e gabaritos (DENNIS, 2008).

#### 2.5.6 ANDONS

Traduzida do japonês como “lanterna”, a ferramenta Andon assume na indústria Lean o papel de uma ferramenta de rápida comunicação visual entre diferentes setores (GREENFIELD, 2008). De acordo a PFAFFENZELLER et al., 2015, a ferramenta tem como objetivo agilizar a comunicação interna em ambiente construtivo através de mensagens luminosas com significados previamente definidos entre operários de linha de frente e seus encarregados.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DO LEAN

A introdução do Lean Construction na construtora do escopo do presente trabalho se deu de forma mais fluida em função do cenário existente dentro do canteiro dado pela filosofia nutrida pela diretoria e repassada para todo corpo técnico, administrativo e operacional do canteiro.

Com 29 anos de atuação no mercado imobiliário, a construtora sempre buscou garantir a qualidade total em canteiro, reduzindo a quantidade de desperdícios, retrabalho, alcançando o máximo de produtividade, qualidade, segurança e organização dentro do canteiro de obras. Por trabalhar com obras operando sob o regime de patrimônio de afetação com alienação fiduciária junto a instituições bancária como a Caixa Econômica Federal, a construtora já possuía selos de qualidade da ISSO 9001 e PBQP-H, possuindo

então política de qualidade e parâmetros operacionais e administrativos ancorados na NBR 15575 - Edificações Habitacionais – Desempenho.

Ante o fato citado, alguns preceitos Lean já eram aplicados na empresa, tais como CICLO PDCA, Last Planner System, 5W2H, matriz SWOT, que, possuíam alta eficácia na gestão de tarefas de cunho organizacional na esfera administrativa e central. Não obstante, muitas das ferramentas utilizadas no escritório central não eram 100% reverberadas para o chão de fábrica devido, muitas vezes, à falta de compatibilização de metodologias de entendimento das ferramentas por parte dos encarregados e funcionários.

A sequência de aplicação das ferramentas seguiu, assim como o ciclo PDCA, quatro etapas, elucidadas abaixo em resultados.

#### 4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

##### 4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS GARGALOS E OPORTUNIDADES: APRENDENDO A ENXERGAR

Para a aplicação assertiva das ferramentas e a realização de um diagnóstico preciso, foi realizada a Análise de Valor Agregado, ferramenta base de todo e qualquer processo de aplicação de ferramentas LEAN, a qual consiste em analisar o tempo investido em cada atividade realizada pelo operador, classificando-a em diferentes categorias de modo a obter um diagnóstico preciso de quanto tempo o operador investe em cada parcela da execução de sua atividade (ROTHER & SHOCK, 2003).

Desta forma, é possível que se analise o quanto do tempo do operador é investido em atividades de conversão e em atividades de fluxo, sendo as atividades de fluxo ou *muda*, destrinchadas em suas diferentes categorias, de forma que seja possível analisar e propor melhorias para a otimização do valor agregado e uma otimização operacional que promova melhoria do trabalho e redução de custos (CÂNDIDO et al., 2014).

A aplicação de todas as ferramentas subsequentemente apontadas neste trabalho foi oriunda de análise de valor agregado que permitiram uma análise mais precisa de gargalos e proposição de pontos de melhoria para otimização operacional. Conforme análise de valor agregado apontada abaixo, aplicada na concretagem de lajes içadas e lajes radier, percebeu-se que boa parte do tempo gasto pelos armadores se dava em conferir medidas de projeto, o que ocasionava um excesso de espera por parte da equipe de

concretagem, o que motivou a aplicação da ferramenta *poka-yoke*, posteriormente explanada. Conforme Figura 1 abaixo, percebe-se a divisão de tempo agregado do operador das lajes.

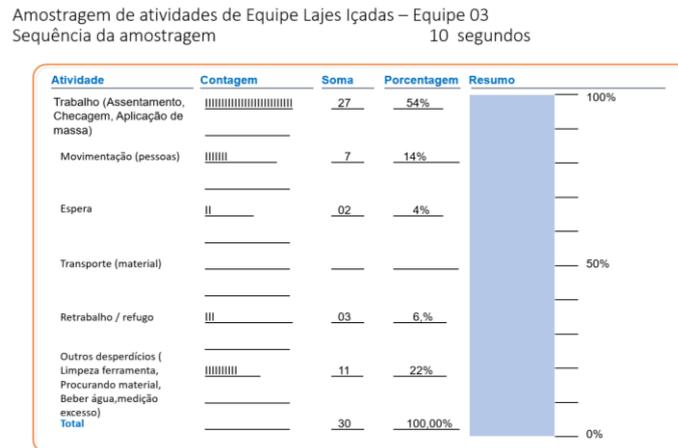


Figura 1 – análise valor agregado equipe içamento de lajes.

Fonte: acervo pessoal

#### 4.1.2 APLICAÇÃO DO 5S

Diferentemente da indústria convencional, a construção civil, por possuir seus produtos fixos e seus operadores móveis, muda seu ambiente de trabalho a cada segundo, bem como não detém de padrões fixos de máquinas e ferramentas, desta forma, de modo a aplicar de forma assertiva o 5S na obra, prosseguiu-se com a determinação de padrões de organização sequenciais ao longo das etapas construtivas das unidades habitacionais, bem, como aplicou-se semanalmente, uma auditoria de 5S em todas as estações de trabalho de forma a incentivar uma competição saudável entre as equipes e manter o canteiro limpo e organizado.

O 5S é, de forma objetiva, um sistema que busca separar, classificar, limpar (inspecionar), padronizar e manter os ambientes de trabalho conforme o padrão estabelecido, desta forma, se garante que a repetibilidade de organização das estações de trabalho permita uma identificação rápida e até subconsciente de anomalias presentes nos locais e o subsequente reparo imediato destas, de modo que as falhas nos processos não reverberem para desperdícios (Muda) e consequentes falhas no produto, gerando retrabalho e ônus financeiro e material.

A aplicação da ferramentas de 5S surtiu efeito positivo na obra ao manter o canteiro mais limpo e organizado, assegurando uma melhor avaliação da qualidade construtiva e também surtiu um efeito objetivo específico, ao permitir uma visualização mais clara de desperdícios materiais oriundas da etapa de levante, uma vez que todos os blocos de concreto de “refugo” ficavam dispostos no mesmo pallet, permitindo que a construtora quantificasse melhor o desperdício e propusesse ações de melhoria na etapa (FIGURA 2).



Figura 2 – blocos de refugo segregados dos blocos aprovados.

Fonte: acervo pessoal

#### 4.1.3 DIAGRAMA DE SPAGHETTI

No canteiro de obras do estudo de caso em questão, um dos desperdícios percebidos foi notificado através da excessiva espera do betoneiro pelos ajudantes para trazerem os agregados para o preparo do concreto bem como o excesso de manutenção dos rolamentos de carrinhos de mão, indicando uma grande distância percorrida pelos mesmos.

Conforme imagem abaixo, notificou-se que o layout de organização da baía das betoneiras proporcionava um deslocamento excessivo por parte dos ajudantes do betoneiro no que se refere à coleta e deposição dos agregados miúdos e graúdos (brita e areia) para a confecção do concreto. Destarte, foi proposta, conforme Figura 3 uma nova configuração das baias de agregado de forma que se reduzisse os deslocamentos dos ajudantes bem como permitisse que o caminhão basculante (caçamba) depusesse o material apropriadamente.



Com a análise de gargalos e oportunidades dentro do canteiro, a etapa subsequente se deu através da avaliação de possibilidades de melhoria de produtividade e qualidade através da redução do tempo investido em atividades de fluxo visando alcançar mais tempo em atividades de conversão de forma a reduzir a quantidade de Muda de modo a otimizar a produtividade, qualidade, reduzir a variabilidade e alcançar a padronização operacional e produtiva, objetivo maior da produção Lean .

Nas ferramentas seguintes, serão apresentados os desperdícios encontrados mais recorrentes na atividade, juntamente com a causa-raiz analisada, acompanhado da ferramenta do STP utilizada para sanar o problema identificado.

#### 4.3.1 MIZUSUMASHI

Notificado através do excesso de espera por parte da equipe de levante de platibanda, bem como a necessidade de ajudantes de pedreiro para levar argamassa para os pavimentos superiores com andaimes, gerando desperdício de material pelo processo artesanal de elevação de argamassa com uso de pás e padiolas, buscou-se implementar o Mizusumashi para a otimização da produtividade da equipe de alvenaria de platibanda.

Através do uso de silos estacionários e máquinas manipuladoras, em consonância com as estações betoneiras, eram “batidos” traços de argamassa juntamente com aditivos retardadores de pega e plastificantes a cada turno com quantidade dada em função das equipes de trabalho vigentes. A manipuladora por sua vez, acoplava o silo estacionário carregado com argamassa que, através de um sistema de válvulas manuais, depunha a argamassa no pavimento superior para a equipe de platibanda de forma célere e somente uma vez por turno, ante a antiga metodologia com andaimes e ajudantes, reduzindo assim a quantidade de operadores necessários no processo e elevando a produtividade da equipe através da redução do desperdício de espera, conforme Figura 5 com demonstrativo da atividade.



Figura 5 – manipuladora levando material conforme rota estabelecida.

Fonte: acervo pessoal

#### 4.3.2 POKA YOKE

O Poka Yoke trata-se de uma ferramenta simples, barata e eficaz que, em seu princípio de criação, tinha como objetivo instaurar mecanismos simples de controle de zona e inspeção. Não obstante, com o avanço de tecnologias produtivas e do pensamento Lean na cadeia construtiva, a ferramenta do Poka Yoke transcendeu o seu conceito inicial e pode ser considerada como uma das ferramentas mais modernas do Lean Construction.

Como mencionado outrora, o objetivo principal do Lean Construction é o aumento do valor agregado das atividades com a redução das atividades de fluxo e aumento das atividades de conversão. Não obstante, por seu caráter mais específico de produção, cadeias construtivas da construção civil mudam com muito mais frequência do que a indústria convencional, a cada ano, lança-se um novo empreendimento com diferente planta, fachada, detalhes construtivos que diferenciam o produto de cadeias produtivas convencionais como a indústria comum, a Toyota, por exemplo, produz carros com chassi semelhante em diversos modelos por diversos anos.

Na obra do estudo de caso em questão, esta foi a ferramenta que promoveu maiores ganhos de produtividade, qualidade e retorno financeiro ao empreendimento. Começando com a instrução a diversas equipes do funcionamento da ferramenta, foram propostas diversas ferramentas/gabaritos para etapas construtivas visando dirimir a necessidade de checagem constante de medidas de modo a garantir um processo construtivo mais célere e assertivo.

Executado na concretagem dos padrões de energia elétrica, instalação de caixas de passagem de tubulação de drenagem pluvial, fôrmas de lajes radier e marcação de fiadas de alvenaria, as ferramentas tiveram grande valia para a eliminação e diminuição de etapas de checagem e inspeção excessiva, permitindo uma operação mais fluida das etapas de conversão.

Não obstante, o grande ganho operacional do poka yoke foi obtido na paginação de telas eletrosoldadas e alvenaria das unidades habitacionais. Em parceria com indústrias, através de contrato de fornecimento para a obra, a empresa, após análise de tempo despendido nas etapas de alvenaria e concretagem de lajes superiores e radier, optou pela paginação e telas e alvenaria visando ganhos de produtividades.

Nas telas em relação às telas, foi feita uma paginação dos vãos das lajes da concretagem, com como uma adequação do espaçamento e bitolas da tela, criando telas específicas para lajes específicas, tendo uma área de aço/metro mais assertiva, eliminando desperdícios oriundo do corte de telas padrão (2,45 x 6,00 m) e do traspasse de telas e evitando checagem excessiva da localidade das telas. Além disso, a construtora adotou o modelo de lajes pré fabricadas maciças, utilizando fôrmas metálicas e caminhão Munck para o içamento, assim, o processo de concretagem de lajes tornou-se mais enxuto em suas etapas, evitando montagem de formas de madeira in loco, escoramento e, imediatamente após o içamento, a laje já estava pronta para receber esforços e permitia o trabalho imediato em platibanda. Desta forma, economizou-se mais de 10.000 kg de aço e a produtividade da concretagem foi elevada devido à autonomação das etapas.

No que tange à paginação de alvenaria, o processo se deu de forma semelhante. Com a disponibilidade de 8 tipos de blocos de concreto estruturais, o processo de levante de alvenaria teve ganhos substanciais de qualidade e produtividade. Em posse dos “panos” de alvenaria já paginados, os operadores de levante tiveram seu processo assemelhado a um processo de encaixe, ao passo que se eliminou a necessidade de corte de blocos de concreto para se encaixar nos vãos de levante.

Além disso, a utilização de 8 tipos de bloco garantiu também a melhoria de qualidade ao reduzir a variabilidade de processo uma vez que a variação dimensional dos blocos já vinha parametrizado de indústria e não oscilava a cada operador (erro humano inerente). O ganho de produtividade ocorreu devido à não necessidade de corte e adequação dos blocos em relação aos vãos, poupando tempo e necessidade do operador de interpretar a função mentalmente, reduzindo sua sobrecarga física e mental. Além dos fatores acima citados, a paginação de blocos de alvenaria garantiu também uma substancial redução na geração de desperdício de material com resíduos sólidos não utilizados, tendo assim impacto ambiental reduzido e assegurando maiores ganhos financeiros á construtora. A Figura 6 exemplifica um pano de alvenaria com a paginação dos blocos sob encomenda.

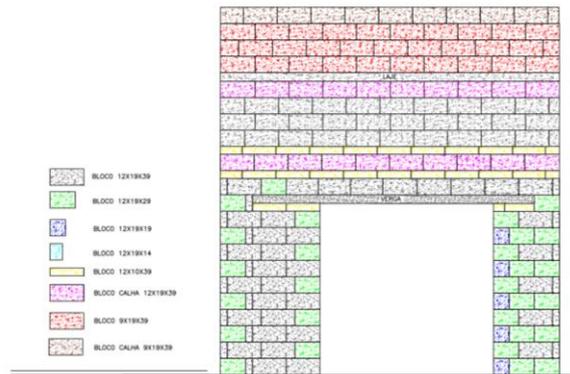


Figura 6 – paginação de blocos de concreto.

Fonte: acervo pessoal

Ademais, houve também grandes ganhos qualitativos tangentes à saúde e qualidade de vida dos operadores. A silicose é uma doença ocupacional que pode ser causada com o contato constante com sílica livre e cristalina em formato de pó asperso no ambiente, vindouro de cortes de peças de concreto, areia e atividades de mineração (BON, 2006). Ante o fato exposto, a redução da necessidade de cortes de blocos de concreto dirime os riscos de doenças ocupacionais e galga o caminho para melhorias na qualidade de vida dos operários de levante.

#### 4.3.3 ANDONS

A aplicação da ferramenta Andon em obra teve seu emprego relacionado a verificações técnicas de qualidade das equipes que atuavam nas unidades habitacionais, ao passo que, em frente às estações de trabalho, eram inseridos Andons das cores verde, amarelo e vermelho, que tinham seu significado correlacionado à detecção de não conformidades identificadas nas unidades habitacionais.

A cor verde significava que nenhuma inconformidade havia sido notificada, a cor amarela demonstrava que havia uma não conformidade identificada, todavia, com sua solução já dada e em tramitação; a cor azul, significava que a unidade já havia solucionado a não conformidade; o sinal vermelho, por sua vez, tinha como significado que uma não conformidade tivera sido identificada e sua solução ainda não estava em andamento ou não fora dada pelo encarregado, identificando uma linha de produção parada e a necessidade pujante de resolução do problema.

#### 4.3.4 MODELO KAIZEN

Tida como a principal ferramenta do Lean, o Kaizen, que tem por significado “melhoria contínua”, pode ser considerada a ferramenta que representa o sufrágio da linha construtiva analisando seus processos sob uma nova ótica. De acordo a IMAI, 1997, o êxito do gerenciamento se encontra na manutenção sustentável e constante aprimoramento dos padrões (PERDIGÃO, 2022).

Assim, a aplicação da ferramenta de Kaizen na obra tem a sua aplicação dada de forma muito mais crônica do que pontual, envolvendo reuniões semanais de identificação de oportunidades de melhoria, revisão da aplicação das ferramentas, resolução ágil de problemas, manutenção de padrões organizacionais das linhas de produção/construção bem como a garantia da sustentabilidade de modelos implantados feitos por checagens periódicas.

Ainda segundo IMAI, 1997, a melhoria contínua consiste na aplicação sucessiva de ciclos de planejamento (PDCA) e padronização (SDCA - Standardize-Do-Check-Act) de modo que a aplicabilidade de toda e qualquer ferramenta ou método seja revisada, padronizada, implementada de forma consistente e contínua para, periodicamente, ao encontrarem-se novos métodos e/ou oportunidades, ser revista de modo a se gerar aprimoramento na atividade, conforme disposto na Figura 7 abaixo.

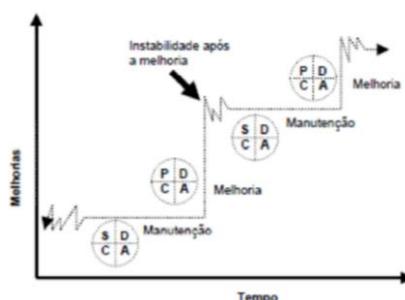


Figura 7 – processo de melhoria contínua

Fonte: IMAI (1997)

## 5.0 CONCLUSÃO

Ao final da aplicação das ferramentas do Lean Construction, podemos concluir que a industrialização da construção civil é completamente viável, replicável e altamente rentável. Não obstante, a aplicação de ferramentas no GEMBA é apenas o início de um processo que envolve não só uma mudança no *modus operandi*, mas uma mudança de mentalidade em todos os setores da empresa, ao enxergar processos produtivos sob um novo filtro Lean

A indústria da construção civil, bem como a indústria convencional, deve, por sua vez, investir na padronização de modelos de qualidade e replicabilidade metodológica construtiva, de modo que, ainda que em empreendimentos de diferentes configurações de planta e implantação, se consiga agregar mais valor e converter as atividades de forma mais assertiva para o cliente final, eliminando dirimindo desperdícios, focando na geração de valor em todas as etapas de processos construtivos

Percebe-se que, pela alta complexidade da cadeia construtiva e pelo pouco contato dos operadores com ferramentas industriais de otimização, ainda há muita margem para crescimento e aplicação do pensamento Lean, identificando, a longo prazo, cada vez mais oportunidades, enxergando novos gargalos e propondo cada vez mais soluções inovadoras que tendem a elevar o valor agregado das soluções vendidas pela empresa, aumentando sua rentabilidade e competitividade em mercado.

Por fim, a aplicação do Lean Construction e suas ferramentas deve ser feita em todos os setores da empresa, bem como a difusão do pensamento Lean, elevando cada vez mais os resultados obtidos e permitindo integrações com todos os setores da empresa, promovendo interligações entre diferentes níveis de cadeia produtiva e organizacional, disseminando a geração de valor agregado e a melhoria contínua por todos os processos da malha institucional da empresa.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, Camila Marcantônio. **Análise dos fluxos do canteiro de obras pelo uso do diagrama espaguete.** 2020.

BON, Ana MT. **Exposição ocupacional à sílica e silicose entre trabalhadores de marmorarias, no município de São Paulo.** *São Paulo*, 2006.

CÂNDIDO, Luis Felipe; CARNEIRO, Juliana Quinderé; HEINECK, Luiz Fernando Mählmann. **Uma visão lean do gerenciamento do valor agregado aplicado a projetos de construção.** 2014.

DE ARAÚJO BARROS, Bernardo Gonçalves. **Implementação de um comboio logístico no abastecimento de matérias-primas às secções produtivas.** 2020.

DENNIS, Pascal. **Produção lean simplificada.** Bookman Editora, 2009.

FIGUEIREDO, Luís António de Jesus Coelho Pereira de. **Implementação da filosofia lean em empresas de construção civil.** 2015. Tese de Doutorado.

GREENFIELD, Ricardo de Araújo Barros et al. **Desenvolvimento de um sistema Andon para sistemas de produção Lean.** 2009.

KOSKELA, Lauri, et al. **Lean production in construction.** *Lean construction*, 1993, 1-9.

- LOMBARDI, Raphael Blanco. **Planejamento e controle de obras utilizando os conceitos do Lean construction: estudo de caso Hotel das Nações**. 2014.
- MATTOS, Aldo Dórea. **Planejamento e controle de obras**. Oficina de Textos, 2019.
- NASCIMENTO, José Marcos do. **A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil**. *Revista Especialize On-line IPOG*, 2014, 1.7: 1-11.
- OLIVEIRA, Eduardo Henrique de. **Lean Construction: O Princípio do Takt**. *Mogi das Cruzes: edição independente*, 2018.
- OLIVEIRA, Osmar Faustino de; MEDEIROS, Pollyanna Neves de; PEREIRA, William Eufrásio Nunes. **Uma breve descrição da construção civil no Brasil, destacando o emprego formal e os estabelecimentos no nordeste**. *Seminário de Pesquisa do Centro de Ciências Sociais Aplicadas*, 2015, 20.
- PERDIGÃO, Leandro. REINERT JUNIOR, Adival José. **Lean Construction: como os princípios da manufatura enxuta podem contribuir na gestão dos processos construtivos da construção civil**. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano. 07, Ed. 02, Vol. 03, pp. 165-185. Fevereiro de 2022.
- PFÄFFENZELLER, Marta Schmidt, et al. **Lean Thinking na Construção Civil: Estudo da Utilização de ferramentas da filosofia Lean em diferentes fluxos da construção civil**. *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 2015, 7.14: 86-107.
- PONTELLO, Kaliane; OLIVEIRA, Victor Luiz Ferreira. **Lean Construction aplicação das ferramentas na construção de casas 1.0**. 2020.
- QUEIROZ, Rudney C. **Introdução à engenharia civil: História, principais áreas e atribuições da profissão**. Editora Blucher, 2019.
- STEFANOVIC, Slobodan, et al. **Analysis of technological process of cutting logs using Ishikawa diagram**. *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering*, 2014, 7.4: 93.
- SULE, Dileep R. **Manufacturing facilities: location, planning, and design**. CRC press, 2008.
- VILLA, A. O., et al. **Utilização da lean construction e das ferramentas da qualidade na construção de casas populares**. *Revista de Trabalhos Acadêmicos Universo Recife*, 2014, 1.2.
- WATANABE, Paulo Daniel. **A reinserção internacional do Japão no pós-segunda guerra mundial**. *Proceedings of the 3rd ENABRI 2011 3 Encontro Nacional ABRI 2011*, 2011.
- WOMACK, James P. **A máquina que mudou o mundo**. Gulf Professional Publishing, 2004.