



Aplicação de Ferramentas do Lean Construction no Gerenciamento de Empreendimento da Construção Civil

Application of Lean Construction Tools in Civil Construction Project Management

RODRIGUES, Renan¹; CONFORTE, Márcio²

renanbrodrigues@gmail.com¹; marcioconforte@gmail.com²

Especialização em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Civis, NPPG/Poli/UFRJ

Informações do Artigo

Palavras-chave:
Gerenciamento de Obras
Lean Construction
Ferramentas Enxutas

Key words:
Construction management
Lean Construction
Lean Tools

Resumo:

O presente artigo tem como objetivo a apresentação e proposição das melhorias e benefícios que podem ser desenvolvidos através da utilização das ferramentas da construção enxuta ("Lean Construction"), no gerenciamento dos serviços críticos de um empreendimento unifamiliar. A metodologia proposta para obtenção de tais resultados foi pautada primeiramente em pesquisas bibliográficas, a fim de compor todo o embasamento teórico e em seguidas pesquisas documentais para se obter as informações necessárias para realizar um estudo de caso e aplicar os conhecimentos adquiridos inicialmente. O desenvolvimento do trabalho mostrou o quão vantajoso pode ser o conhecimento e utilização de novas filosofias na construção civil, deixando de lado o padrão que sempre foi imposto no setor. A abordagem do artigo sucedeu no estudo da filosofia da construção enxuta, que por meio da implementação de suas ferramentas no gerenciamento dos serviços críticos de um empreendimento unifamiliar, mostrou-se fundamental para a otimização dos processos.

Abstract:

This article aims to present and propose improvements and benefits that can be developed through the use of lean construction tools in the management of critical services in a single-family development. The methodology proposed to obtain such results was based first on bibliographical research, in order to compose the entire theoretical basis and then documentary research to obtain the necessary information to carry out a case study and apply the knowledge initially acquired. The development of the work showed how advantageous the knowledge and use of new philosophies in civil construction can be, leaving aside the standard that has always been imposed in the sector. The article's approach followed the study of the philosophy of lean construction, which, through the implementation of its tools in the management of critical services in a single-family project, proved to be fundamental for optimizing processes.

1. Introdução

No âmbito da construção civil, o gerenciamento de obras, apesar de muitas vezes ser deixado de lado, consiste em uma das etapas de maior relevância dentro do sistema construtivo, o gerenciamento engloba tanto a elaboração do planejamento do empreendimento quanto o controle das atividades planejadas ao longo da execução, sendo responsável pela estruturação e organização de todos os processos construtivos.

Sendo assim torna-se perceptível que a chave para o sucesso de qualquer empreendimento consiste principalmente na realização de um gerenciamento adequado.

Em razão da importância da etapa de gerenciamento na construção civil, cada vez mais são estudadas e desenvolvidas metodologias e filosofias com o intuito de auxiliar e aperfeiçoar o planejamento e controle dos sistemas produtivos, dentre as quais se destaca a filosofia *Lean*.

A *Lean Production* surge no século XX no Japão através do Sistema Toyota de produção, que foi criado como alternativa para o setor automobilístico japonês, uma vez que o país se encontrava muito deficiente após a Segunda Guerra Mundial, com elevada escassez de recursos e uma economia bastante fragilizada. Dentro desse contexto, surge uma nova filosofia produtiva pautada na supressão dos desperdícios do processo produtivo, com o intuito de aumentar a eficiência da sua produção, produzindo exclusivamente o que era exigido pelo cliente final.

Com o sucesso do Sistema Toyota de Produção, profissionais de outras áreas de conhecimento passaram a se interessar pela filosofia *Lean Production*, entre elas a construção civil. Em 1992 Lauri Koskela realizou a publicação do trabalho “*Application of the new production philosophy to construction*”, essa publicação é considerada o marco do nascimento da *Lean Construction*, ou Construção Enxuta e o autor é considerado o precursor dessa filosofia.

Para o desenvolvimento da Construção Enxuta, Arantes [1] cita que foi necessário ter em mente as técnicas, conceitos e os princípios da filosofia *Lean*, de forma a identificar e realizar as transformações necessárias para sua utilização na indústria da construção civil.

De acordo com Howell [2], a construção enxuta é resultado da aplicação de uma nova forma de gerenciamento da construção, no qual o objetivo principal é alcançar as necessidades do cliente com o máximo de economia possível, realizando em paralelo a construção o controle sobre toda a vida útil da obra, desde o projeto até a entrega.

A Construção Enxuta é baseada em onze princípios básicos e contempla uma série técnicas e ferramentas elaboradas com a finalidade de facilitar a aplicação dos conceitos e princípios dentro dos processos.

Segundo Venturini [3], essa metodologia resulta em melhorias tanto na produção final, como também no planejamento de metas e na rotina diária de cada trabalhador, sendo possível a realização do controle e da organização individualmente.

Com base no exposto, a presente pesquisa possui o intuito de realizar um estudo aprofundado sobre os princípios e as ferramentas apresentadas pela Construção Enxuta, passando desde os conceitos iniciais da *Lean Production* até a sua adaptação a engenharia civil, e por meio dessa análise apresentar as melhorias que podem ser obtidas no gerenciamento dos serviços críticos de uma obra unifamiliar, revelando a capacidade das ferramentas apresentadas de incrementar e otimizar a execução dos serviços presentes no sistema construtivo.

2. Desenvolvimento do Texto

2.1 Metodologia

A sequência utilizada para o desenvolvimento e estruturação da pesquisa está esquematizada na figura 1.

Figura 1 – Metodologia de pesquisa



Fonte: Autor

O embasamento teórico da pesquisa foi realizado por meio da revisão bibliográfica, nesta etapa foram levantadas informações principalmente sobre os conceitos inerentes ao Gerenciamento de Obras, a origem e adaptação a engenharia da Filosofia *Lean* e os princípios e ferramentas da Construção Enxuta, todo o conhecimento foi obtido por meio de pesquisas bibliográfica, as quais foram realizadas por meio de artigos, trabalhos de conclusão de curso publicados, livros e dissertações.

Na sequência do estudo foi desenvolvida uma pesquisa documental, na qual se obteve todo material e informações necessárias para a realização do estudo de caso apresentado no capítulo 3.

2.2 Revisão bibliográfica

2.2.1 Origem da filosofia *Lean*

No início do século XX, Henry Ford chegou à conclusão de que o método de produção artesanal estava longe de ser o método ideal para produção automotiva, sendo assim ele elaborou um novo sistema de Produção em massa. Esse sistema foi inovador e se baseava na implantação de um movimento contínuo nas indústrias através de linhas de montagem, o processo era pautado na produção da maior quantidade possível do produto, objetivando a redução do preço final unitário, ou seja, buscava o aumento da qualidade e da produtividade aliada à redução do custo [1].

Em meados do século XX o Japão estava se recuperando da Segunda Guerra Mundial, por esse motivo apresentava uma economia muito fragilizada. Sendo assim, a implantação da metodologia utilizada pela Ford Motor nos Estados Unidos se tornava completamente inviável para o país. Foi nesse momento que surgiu um novo sistema, cuja filosofia era baseada na supressão dos desperdícios do processo produtivo visando o aumento da eficiência da produção, uma vez que a escassez de recursos era uma realidade. Esse sistema ficou conhecido como, Sistema Toyota de Produção e se pautava nas exigências do cliente final, realizando apenas a produção do que tinha sido solicitado pelo cliente [1].

De acordo com Lombardi [4], a filosofia *Lean Production* surge nesse contexto dando respaldo para esse novo sistema, que tem como foco principal a eliminação dos desperdícios do processo produtivo.

Arantes [1] ressalta que o grande arquiteto e impulsionador do Sistema Toyota de Produção, Taiichi Ohno, realizou a classificação dos desperdícios em sete categorias:

1 - Movimentos desnecessários

É por definição qualquer movimento realizado por um operário que não acrescente valor. Como exemplos desses movimentos podem ser citados a procura por ferramentas de trabalho e a contagem de peças.

2 - Defeitos

Quando são produzidos produtos com defeitos, são necessárias medidas corretivas ou até mesmo o retrabalho, com isso ocorre a necessidade de mais tempo de trabalho, assim como de mais mão de obra para refazer o serviço que era para estar pronto inicialmente. Nessa situação existe o desperdício de material, podendo haver reclamação do cliente que recebe o produto em estado defeituoso.

3 - Desperdícios de transporte

Todos os meios de transporte utilizados no sistema devem ser adequados à carga em questão.

4 - Superprodução

O excesso de produção, ou seja, realizar a produção em desacordo com a demanda do cliente caracteriza um grande desperdício. São gerados custos administrativos, custos com transportes, gasto de matérias primas sem necessidade e necessidade de espaço físico para armazenar o produto.

5 - Espera

A espera deve ser eliminada do processo, seja ela por equipamentos, por materiais, entre outros. Como exemplo pode ser citado um trabalhador espera que outro serviço termine para que ele possa realizar o seu.

6 - Estoque

Possui relação direta com a superprodução, o excesso de produtos produzidos necessita ser armazenado em algum local, o que soma custos de espaço, equipamentos adicionais, tempo e transporte.

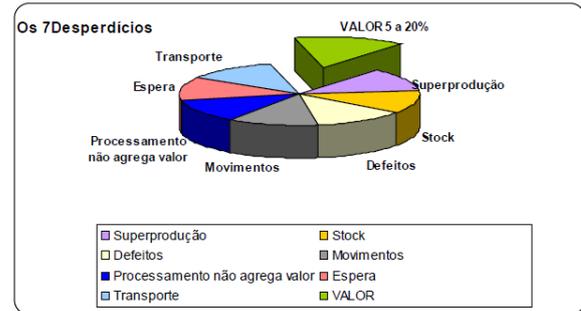
7 - Processamento que não agrega valor

A tecnologia aplicada de maneira errada ou um layout pobre de espaço podem representar desperdícios inseridos no processamento do próprio serviço. A realização de inspeções e manutenções são exemplos de desperdícios.

Arantes [1] afirma ainda que de acordo com Taiichi Ohno, englobando todos os desperdícios existentes no sistema de produção representam um valor de 80% a 95% dos custos e tempo de um processo produtivo. Essa afirmação é resumida e ilustrada em um gráfico, onde também se encontra a representação das atividades que agregam valor no sistema produtivo, possuindo uma porcentagem entre 5% e 20%.

A figura 2 exemplifica, por meio de um gráfico circular, a porcentagem de cada um dos sete desperdícios vigentes dentro do processo produtivo.

Figura 2 - Os desperdícios do sistema produtivo



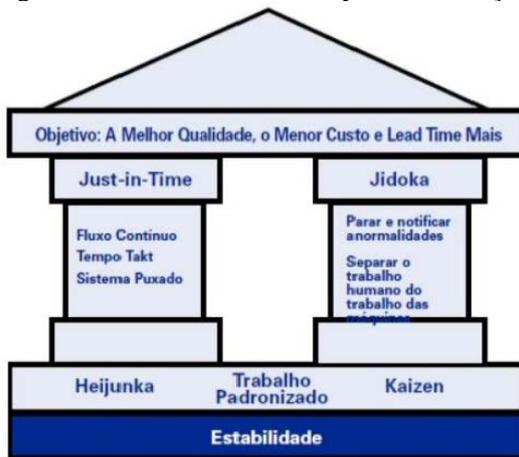
Fonte: Arantes [1]

Segundo Lombardi [4] para que os desperdícios fossem evitados, foram definidos dois conceitos básicos: o de Automação e o Just in time. O primeiro conceito foi elaborado objetivando eliminar a produção de produtos defeituosos, para isto foram instalados dispositivos ditos inteligentes nas máquinas, denominados “poka yoke”, cuja função era interromper a produção assim que fosse identificado algum problema de fabricação, assegurando a qualidade dos produtos produzidos. Além de eliminar a produção de produtos defeituosos, esse conceito resultou em duas principais melhorias para o processo: na possibilidade da identificação do erro cometido para que o mesmo seja retificado e também possibilitou o aumento da produtividade da mão de obra, permitindo que um trabalhador que era responsável pela operação de uma máquina ficasse responsável por diversas, necessitando dar atenção apenas para as que acusassem problemas.

Já o conceito de Just in time de acordo com Lombardi [4], foi elaborado com base na inversão do processo produtivo. De modo que a produção só era iniciada após a solicitação do cliente, sendo o processo caracterizado pelo fluxo contínuo, sem interrupção e produção para estoque. Foi realizado também um rearranjo físico na fábrica, fazendo com que a disposição das máquinas fosse realizada de acordo com o fluxo de produto, com o intuito de otimizar todo o processo e não cada etapa individualmente. Foi desenvolvido um método para fornecer operacionalidade ao sistema, o método kanban (quadro de sinalização), onde era indicado o quanto e

quando era necessário produzir. A figura 3 exemplifica os dois pilares do sistema Toyota.

Figura 3 - Pilares do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Lean Institute Brasil [5]

2.2.2 Adaptação da filosofia *Lean* à engenharia

A indústria da construção é um ramo que perdura há muitos séculos, suas técnicas e procedimentos estão radicados desde períodos anteriores a análise científica [6].

Ainda segundo a explicação de Koskela [6], no cenário pós Segunda Guerra, uma grande quantidade de países se encontrava em situações de calamidade e com a economia em profundas crises, por esse motivo buscou-se o melhor entendimento sobre diversos setores de produção e entre eles estava o setor construtivo, esse setor foi analisado de modo a compreender os principais problemas existentes, visando à evolução no processo e consequentemente a redução dos custos.

Nesse contexto de acordo com Arantes [1], surge no Japão uma solução inovadora no setor automobilístico, o Sistema Toyota de Produção baseado na filosofia *Lean Production*. Os resultados obtidos através da aplicação dessa nova filosofia foram tão surpreendentes e eficientes que despertou o interesse de outras áreas produtivas, como por exemplo, a área construtiva.

Arantes [1] ainda ressalta que por se tratar de uma filosofia, a *Lean Production* era fundamentada em bases culturais e não em

normas que restringissem sua utilização ao setor automobilístico. Sendo assim foi sendo estudada a aplicação das suas características em outros setores de produção, uma vez que os processos possuem distinções e peculiaridades. Foi necessário ter em mente as técnicas, conceitos e os princípios da filosofia, de forma a identificar e realizar as transformações necessárias para sua utilização na indústria da construção civil.

Após uma série de pesquisas, análises e reflexões surgiu a *Lean Construction*, que foi um modelo proveniente dos estudos e adaptações da *Lean Production* para o âmbito da construção civil. O marco fundamental dessa nova ideologia ocorreu na publicação do trabalho de Koskela em 1992 – *Applications of the new production philosophy to construction* [1].

De acordo com Moura [7], a *Lean Construction* apareceu em território brasileiro na década de 90, com sua ideologia sendo disseminada pelos professores Formoso e Heineck em duas reuniões do *International Group for Lean Construction (IGLC)*, uma em São Paulo e outra no Rio Grande do Sul.

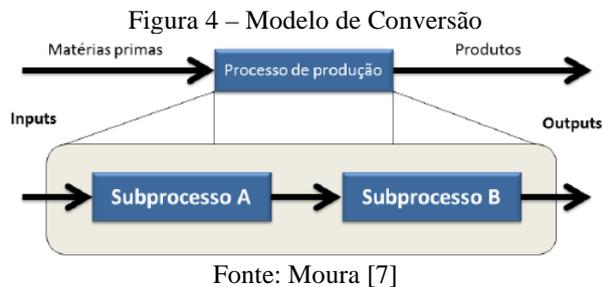
2.3 Construção enxuta

2.3.1 Princípios

Segundo Howell [2], a construção enxuta é resultado da aplicação de uma nova forma de gerenciamento da construção, no qual o objetivo principal é alcançar as necessidades do cliente com o máximo de economia possível, realizando em paralelo a construção o controle sobre toda a vida útil da obra, desde o projeto até a entrega.

O modelo tradicional e dominante na construção civil é caracterizado por Arantes [1], como modelo de conversão e elucida a produção como uma série de atividades que realizam a conversão das matérias primas existentes em produtos intermediários ou finais. O mesmo cita como exemplo de matérias-primas os materiais utilizados em uma construção, como a areia e a brita, os produtos intermediários seriam as alvenarias e estruturas e os produtos finais seriam as edificações finalizadas.

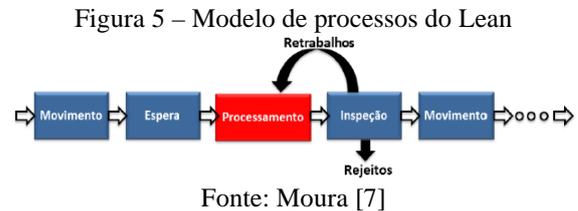
O modelo de conversão também é denominado por Koskela [6] como o modelo tradicional de produção que se baseia na transformação de *inputs* (matéria prima) em *outputs* (produtos), esse modelo é representado esquematicamente pela figura 4.



Koskela [6] considera esse modelo falho e insuficiente para a construção, e por isso realiza algumas considerações para destacar algumas falhas cometidas pelo sistema. Segundo ele o primeiro equívoco ocorre no não atendimento dos requisitos do cliente, fazendo com que sejam produzidos produtos em excesso e inadequados. Outro equívoco destacado é o foco exclusivo no controle e busca de melhorias apenas para os subprocessos (atividades de conversão), deixando de lado as atividades de não conversão, as quais na maioria dos processos geram grandes perdas e limitam a melhoria da eficiência global. E o último equívoco destacado é a não consideração de atividades quem fazem parte do fluxo-físico, entre as atividades de conversão, por mais que elas não agreguem valor ao sistema de produção, em determinados casos são responsáveis por uma grande parcela de custos para o sistema, como por exemplo, o fluxo de materiais e de trabalhadores.

Visto isso, Koskela [6] propõem um novo modelo de processo para a *Lean Construction*, no qual se consideram as atividades que geram valor ao processo, as atividades de conversão, e também são consideradas as atividades de fluxo (movimento, inspeção e espera) que não agregam valor ao processo, mas por sua vez são de suma importância para a melhoria dos índices de desempenho dos mesmos, na figura

5 esse novo modelo proposto por Koskela é exposto onde as atividades de fluxo se encontram em azul e as de conversão em vermelho.



Assim realizando um planejamento pautado no processo de fluxos, será possível identificar os motivos que originam problemas para o sistema, permitindo a execução mais eficiente de planos de melhoria [1].

Na figura 5 é apresentado um quadro aonde segundo Moura [7], Koskela realiza comparações entre a filosofia convencional da construção civil (Modelo de conversão) e a nova filosofia apresentada (Modelo de processo da Construção Enxuta).

Figura 6 – Comparação modelos

	Filosofia Convencional de Produção	Nova Filosofia de Produção
Conceito de Produção	Produção consiste em conversões de atividades; todas atividades agregam valor	Produção consiste em conversão e fluxo; existem atividades que agregam valor e que não agregam valor
Foco de Controle	Custo das atividades	Custo, tempo e fluxo de valor
Foco de Melhorias	Aumentar a eficiência pela implementação de novas tecnologias	Eliminação ou supressão das atividades que não agregam valor, aumento da eficiência das atividades que agregam valor através de melhorias contínuas e novas tecnologias

Fonte: Moura [7]

Segundo Botelho [8], essa nova filosofia foi elaborada com o intuito de aperfeiçoar um modelo ultrapassado de construção, fazendo com que sua implementação esteja ligada diretamente com a aplicação de novos conceitos, técnicas inovadoras e seus próprios princípios.

Moreira e Bernardes [9] ainda complementam o pensamento sobre a *Lean Construction* citando que através da aplicação dos princípios definidos por Koskela em 1922, esse modelo possui um grande potencial de melhora na eficácia e eficiência

de todos os processos dentro de um sistema de produção.

Os onze princípios propostos para reger o gerenciamento do processo construtivo desse novo modelo, de acordo com Koskela [6]:

I. A redução das atividades do processo construtivo que não agregam valor

Existem as atividades que agregam valor, que são as de conversão de material ou de informação, e as que não agregam valor, que são atividades que necessitam de espaço, recursos e tempo, porém não acrescentam valor ao produto. Com base na experiência Koskela conclui que as atividades que agregam valor ao produto representam apenas de 3 a 20% dos processos, o restante da contribuição remete as atividades que não agregam valor. Com essa análise Koskela salienta que a redução das atividades que não acrescentam valor ao produto não pode ser realizada sem que antes seja analisada a relação dessas atividades com as demais etapas do processo, uma vez que existem algumas atividades que não agregam valor ao cliente, porém geram valor para os clientes internos, como por exemplo, a prevenção de acidentes, a parte contábil e o planejamento.

Arantes [1] reforça a importância de não seguir o princípio de maneira simplista, devido ao fato de existirem atividades que a princípio não acrescentam valor ao cliente final, contudo possuem grande importância para a eficiência global do conjunto, tendo como exemplo a formação dos trabalhadores.

II. O aumento do valor do produto final por meio da consideração sistemática das exigências dos clientes

Koskela ressalta que para cada processo existem dois tipos de clientes, o cliente final e as próximas atividades. Ao se realizar um projeto devem ser identificados os tipos de clientes referentes a cada etapa do processo e em seguida devem ser levantadas suas exigências de maneira a considerá-las no projeto do produto e também no gerenciamento dos processos, agregando valor ao produto final e evitando retrabalhos.

III. A redução da variabilidade

De acordo com Koskela existem dois motivos para realizar a diminuição da variabilidade do processo, primeiro na visão do cliente um produto uniforme é melhor, uma vez que a qualidade final do produto corresponderá a padrões previamente estabelecidos. O segundo motivo fundamenta-se no fato da variabilidade do processo tende a aumentar o volume de atividades que não agregam valor e também o tempo necessário para a execução do produto final.

IV. A redução do tempo de ciclo

Formoso [10] define esse princípio como sendo proveniente da filosofia *Just in time*, onde o tempo de ciclo é obtido por meio da soma dos tempos decorridos durante produção de determinado produto, são eles os tempos de inspeção, transporte, espera e processamento. Sua aplicação está ligada diretamente com a necessidade de redução do tempo disponível, como meio de forçar a eliminação das atividades de fluxo.

V. A simplificação do processo através da diminuição do número de passos ou etapas

Para Formoso [10] esse princípio se baseia na correlação entre o número de etapas e atividades realizadas durante um processo e a existência de atividades que não acrescentam valor, de maneira que quanto maior for o número de etapas do processo, maior será a tendência de se encontrar atividades que não acrescentam valor. Esse aumento de atividades que não agregam valor decorre do aumento da variabilidade existente fazendo com que a possibilidade de interferência entre a mão de obra seja elevada e também na existência de tarefas auxiliares indispensáveis em cada processo.

VI. O aumento da flexibilidade de saída

Esse princípio relaciona a geração de valor a partir do processo, está vinculado com a possibilidade de modificar características dos produtos destinados aos clientes finais, sem que ocorra um considerável aumento sobre o valor dos mesmos [10].

Segundo Venturini [3] esse princípio pode ser aplicado com a diminuição do tamanho dos lotes, na utilização de mão de obra versátil e multifuncional, na personalização do produto e no emprego da flexibilidade permitida e planejada, através da utilização de sistemas construtivos que tornem possíveis a flexibilidade do produto sem grandes perdas produtivas.

VII. O aumento da transparência do processo

Arantes [1] e Formoso [10] concordam na necessidade do aumento da transparência do processo, que faz com que fique mais clara a identificação de erros na produção, possibilitando um aumento na disponibilidade de informações referentes a realização das atividades, tornando-o mais fácil de ser executado. Formoso [10] ainda complementa citando que esse ponto também pode ser utilizado como um modo de aumentar a integração e envolvimento dos trabalhadores no incremento de melhorias para o sistema.

VIII. O controle de foco no processo com um todo

Koskela [6] exprime que quando se utiliza o controle do processo de forma convencional, com foco nas etapas individuais de um processo, pode ocorrer a subotimização do sistema produtivo, uma vez que o sistema não está sendo considerado como um todo. É de extrema importância realizar a definição dos responsáveis pelo controle de cada serviço existente no processo.

IX. A introdução de melhorias contínuas no processo

Koskela [6] define os esforços realizados para diminuir o desperdício e gerar um aumento do valor do produto, como um processo iterativo, incremental e interno. O autor também cita que para atender esse princípio se torna essencial o trabalho em equipe aliado a um gerenciamento presente e participativo. O mesmo ainda propõe métodos para a institucionalização das melhorias contínuas, como por exemplo, a adoção de indicadores de desempenho, a definição de

objetivos a serem conquistados e a concessão de recompensas para equipes que demonstrarem merecimento.

X. A manutenção de um equilíbrio entre a melhoria nas conversões e no fluxo

Para Koskela [6] deve haver um equilíbrio entre as atividades de fluxo e de conversão, uma vez que as atividades estão relacionadas de forma intrínseca. As melhorias idealizadas nas atividades de conversão dependem do impacto que será gerado nas atividades de fluxo para serem implementadas, da mesma forma as melhorias visadas nas atividades de fluxo dependem do seu reflexo nas atividades de conversão.

XI. A realização do benchmarking

O último princípio é definido por Arantes [1] como sendo o método mais simples dentre os expostos, uma vez que a empresa não necessita realizar investimento interno. O Benchmarking se caracteriza por ser um procedimento de aprendizagem sobre os métodos e técnicas utilizadas nos processos por outra empresa, que possua destaque positivo no mercado. Aliando as boas práticas desenvolvida pela própria, obtidas principalmente através do princípio da melhoria continua do processo, com os pontos de destaque positivo de outra empresa é que se obtêm a competitividade da empresa.

2.3.2 Ferramentas

De acordo com Lombardi [11], as ferramentas foram elaboradas com o intuito facilitar a aplicação de conceitos e princípios referentes à Construção Enxuta.

Complementando a colocação anterior, Venturini [3] cita que o sistema *Lean* se apresenta muito flexível ao emprego de técnicas e ferramentas auxiliares. O resultado da utilização dessas ferramentas resulta em melhorias tanto na produção final, como também no planejamento de metas e na rotina diária de cada trabalhador, sendo possível a realização do controle e da organização de maneira individualizada.

Alguns exemplos das ferramentas mais difundidas são:

- Programa Cinco S (5S)

Por Mesquita [12] a ferramenta 5S foi desenvolvida com base em cinco palavras de origem japonesa: *seiri*, *seiton*, *seisou*, *seiketsu* e *shitsuke*. Essas palavras estão relacionadas ao bom senso que deve ser desenvolvido e aprimorado tanto para o crescimento pessoal do indivíduo como para o crescimento profissional. A implantação dessa metodologia está ligada diretamente com o aumento da produtividade através da adoção de medidas que zelam pela manutenção e melhoria dos processos do sistema de trabalho.

Venturini [3] define esse instrumento como sendo um programa pautado em cinco sentidos ou ações que traduzidas para a língua portuguesa, são denominadas: manter (remete a autodisciplina), classificar (remete a ordenação), padronizar (remete a saúde), separar (remete a utilização) e inspecionar (remete a limpeza).

Figura 7 – Programa 5S



<i>Seiri</i>	Senso de Utilização
<i>Seiton</i>	Senso de Ordenação
<i>Seisou</i>	Senso de Limpeza
<i>Seiketsu</i>	Senso de Saúde
<i>Shitsuke</i>	Senso de Autodisciplina

Fonte: Mesquita [12]

Na figura 7 é apresentada a correlação entre os sentidos na língua japonesa com o significado em português, e em seguida será apresentada a definição de cada uma das etapas, realizada por Arantes [1].

1. *Seiri* – para iniciar a aplicação do programa deve ser realizada a classificação dos materiais em dois grupos, os desnecessários e os necessários, de maneira a eliminar os materiais desnecessários.

2. *Seiton* – segundo passo da metodologia consiste na organização dos materiais classificados no primeiro passo,

fazendo com que ocorra a diminuição do tempo de procura aos materiais.

3. *Seisou* – em seguida deve se realizar a limpeza de tudo relacionado ao trabalho, locais, equipamentos e ferramentas. Com a limpeza se torna mais fácil de identificar os problemas existentes, permitindo a reparação imediata dos mesmos.

4. *Seiketsu* – nessa etapa devem ser explicados todos os passos anteriores para a mão de obra existente e continuar com a execução do mesmo. Dessa forma com um ambiente limpo e em constantes melhorias, os trabalhadores vão se sentir motivados a se cuidar e também a aumentar o seu desempenho.

5. *Shitsuke* – por fim na última etapa devem ser estabelecidos padrões para que os funcionários desenvolvam a autodisciplina.

- Células de produção

Conforme Arantes [1] existem processos e atividades que necessitam ser realizados por uma equipe específica de trabalhadores que possui a responsabilidade de executar corretamente a tarefa do início ao fim, evitando a interferência de outra equipe para realizar o seu serviço.

Essa ferramenta constitui-se de um arranjo onde o produto é iniciado e finalizado, sendo fundamental o trabalho em equipe. A mão de obra deve ter senso de responsabilidade obtido através da autonomia que lhes foi concedida, mantendo uma sequência produtiva ideal, evitando retrabalhos e principalmente propondo adaptações e melhorias para a otimização do processo executivo daquele serviço [1].

- TPM – *Total Productivity Maintenance*

Segundo Arantes [1], essa ferramenta foi elaborada e instituída no Japão por um fornecedor da Toyota na década de 60, basicamente a TPM (Manutenção Produtiva Total) trata a supressão dos desperdícios ocasionados pela utilização de todos os equipamentos e máquinas no processo construtivo.

Para complementar a citação Arantes [1] coloca a Manutenção Produtiva Total como sendo a ferramenta responsável pela identificação das ações que visam à conservação e a manutenção dos equipamentos e máquinas utilizados no sistema, tendo como resultado processos produtivos mais eficientes, isentos de interrupções provenientes de problemas no maquinário.

- *Jidoka*

De acordo com Arantes [1] *Jidoka* é uma das bases do Sistema Toyota de Produção e se caracteriza principalmente pelo controle de qualidade do produto. A ferramenta concede ao trabalhador responsável pelo controle das máquinas ou a própria máquina, dependendo do sistema tecnológico utilizado na produção, a autonomia suficiente para interromper o sistema produtivo assim que for identificada alguma falha.

Ao se interromper a produção consegue-se evitar a propagação de erros para o sistema produtivo, tornando o defeito visível para todos os trabalhadores que compõem a linha de produção, fazendo com que seja possível identificar a causa do problema e de maneira a evitar a sua propagação para o sistema [1].

- *Poka-Yoke*

Ferramenta ligada diretamente a *Jidoka* é pautada na ideia de que sempre existe a possibilidade da mão de obra cometer erros nos processos, sendo assim a ferramenta é responsável pela identificação e detecção de problemas vigentes dentro de atividades repetitivas dentro do sistema que dependem do armazenamento de dados. É um dispositivo que atua na identificação de defeitos nos processos existentes que irão comprometer a execução do serviço, sua utilização ideal ocorre na identificação e eliminação das falhas existentes antes que elas comprometam a qualidade do produto final, idealizando um sistema de produção perfeito, onde não existam defeitos [1].

- Operações Padronizadas

Arantes [1] menciona que visando uma padronização dos processos produtivos, devem ser realizadas modificações na parte executiva do processo. Implantando a diminuição da variabilidade e das improvisações do processo, obtendo como resultado a supressão dos desperdícios e a maior qualidade dos produtos.

- *Takt time*

Arantes [1] cita que através da execução de uma análise matemática, essa ferramenta consiste na razão entre a quantidade de tempo possível para se produzir o produto e a quantidade de produtos que será realizada. Já em uma análise conceitual pode ser entendido como o ritmo produtivo imprescindível para o atendimento da vontade do cliente. Sendo assim, o autor cita que com a utilização do *takt time* é produzido apenas o necessário para atender as necessidades impostas pelo cliente, eliminando o desperdício de tempo e de material, formando ritmos produtivos.

- *Kanban*

Segundo Alencar [13] a palavra possui origem japonesa e significa cartão. É uma técnica que funciona executando o controle das trocas de materiais entre as diferentes etapas da produção, o que torna viável a utilização do método de produção *Just-in-time*, fazendo com que a sequência produtiva seja determinada a partir do fluxo de *kanbans*, que por sua vez são deliberados por meio da venda dos produtos. O autor ainda exemplifica dois tipos de *kanbans* existentes o de produção e o de transporte.

Para a eficiência do método Arantes [1] lista quatro regras básicas: o estoque deverá ser composto apenas por produtos isentos de problemas, os produtos do estoque só deverão ser retirados quando for necessário, os *kanbans* (cartões) devem ficar nos quadros ou contentores, o fornecedor só pode realizar a fabricação de um produto que esteja em um *kanban* de produção e no número de unidades especificado.

Arantes [1] também pontua os principais objetivos: realizar a regulação dos estoques de produção entre os postos de trabalho devido às diferenças produtivas existente entre eles; promover a regulação das flutuações da procura e quantidade da produção dos postos de trabalho, de maneira a evitar a transmissão das mesmas; realizar a produção apenas da quantidade requerida no momento requerido; reduzir as flutuações de estoque de produção visando a melhoria da gestão, tendo como meta sempre o estoque zero; promover a descentralização da gestão dos processos produtivos, com o intuito de melhorar o controle existente.

É essencial de uma série de informações em cada cartão, como por exemplo, da quantidade de peça a ser fabricada e o posto de trabalho anterior e posterior daquele serviço. A coloração de cada cartão é indicativa ao nível de urgência daquele produto para o sistema produtivo [1], a figura 8 ilustra o *kanban* (quadro) deve ser posicionado em um local de fácil acesso a todos os trabalhadores, cada coluna é designada para determinado produto e a cor do cartão indica o grau de urgência daquele produto para o empreendimento.

Figura 8 – Exemplo de Quadro Kanban

Peça A	Peça B	Peça C	Peça D	Peça E	Peça F
□	□	□	□	□	□
□	□	□	□	□	□
□	□	□	□	□	□
□	□	□	□	□	□
□	□	□	□	□	□

Fonte: Graeml e Peinaldo [14]

3 Estudo de caso

Nesse momento do estudo serão apresentadas as vantagens que podem ser obtidas com a minimização dos desperdícios no gerenciamento dos serviços críticos de um empreendimento da construção civil, com a

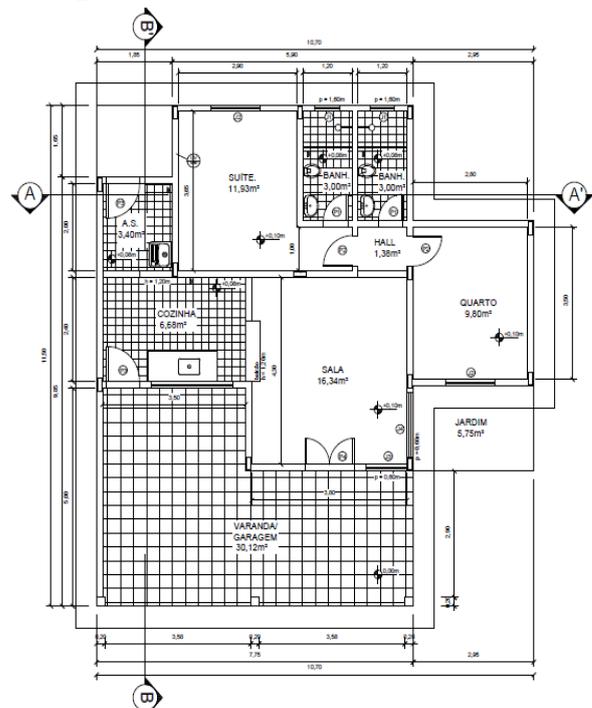
utilização das técnicas e ferramentas da construção enxuta.

Os serviços críticos do empreendimento foram selecionados por meio das informações obtidas do planejamento da obra, são elas: cronogramas, orçamento, projetos, Curva ABC, dentre outras ferramentas utilizadas. Os serviços definidos como críticos foram aqueles que dentro do processo construtivo possuem maior impacto no prazo e custo do empreendimento, dessa forma as ferramentas da construção enxuta tiveram sua aplicação direta no gerenciamento destes serviços, a fim de obter resultados mais significativos.

3.1 Residência Unifamiliar

A aplicação da metodologia proposta será na construção de uma residência unifamiliar, a planta baixa do projeto está apresentada na figura 9, o empreendimento está localizado no estado do Rio de Janeiro e possui uma área construída de 97,28 m², os cômodos são divididos da seguinte forma: sala, cozinha, área de serviço, quarto, hall, suíte, banheiro social, banheiro suíte, varanda/garagem, além de um jardim na parte externa.

Figura 9 – Planta Baixa residência uni familiar



Fonte: Autor

Conforme orçamento do empreendimento e cronogramas físico e financeiro foram identificados, dentre todas as atividades presentes em seu escopo, os serviços críticos, ou seja, aqueles serviços de maior importância da obra. Esses serviços demandam maior atenção e cuidados pois possíveis atrasos nessas atividades implicam diretamente no prazo da obra, ou seja, não existem folgas durante a sua execução, esses serviços estão listados na figura 10.

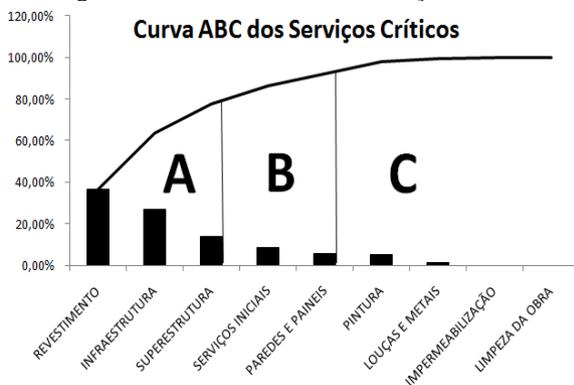
Figura 10 – Lista com os serviços críticos da obra

ITEM	DESCRIÇÃO	% SERVIÇOS	R\$
1	REVESTIMENTO	36,65%	\$45.530,05
2	INFRAESTRUTURA	27,12%	\$33.686,09
3	SUPERESTRUTURA	14,09%	\$17.498,12
4	SERVIÇOS INICIAIS	8,79%	\$10.920,45
5	PAREDES E PAINÉIS	5,80%	\$7.202,46
6	PINTURA	5,56%	\$6.903,64
7	LOUÇAS E METAIS	1,76%	\$2.185,79
8	IMPERMEABILIZAÇÃO	0,23%	\$287,53
9	LIMPEZA DA OBRA	0,15%	\$184,96
TOTAL		100%	R\$ 124.214,13

Fonte: Autor

Com o conhecimento dos serviços críticos do empreendimento, apresentado na figura 10 foi elaborada e desenvolvida a Curva ABC, representada na figura 11, a fim de identificar dentre os serviços críticos, aqueles que possuem maior relevância financeira dentro do empreendimento em análise, para que dessa forma seja possível um resultado mais significativo com a aplicação das ferramentas enxutas, uma vez que elas visam minimizar os desperdícios dos processos e conseqüentemente reduzir o tempo e custo dos serviços.

Figura 11 – Curva ABC dos serviços críticos



Fonte: Autor

Os serviços pertencentes ao quadrante A totalizaram aproximadamente 80% de importância dentro dos serviços críticos, com base nessas informações torna-se necessário um maior entendimento sobre os serviços de maior importância dentro dos serviços críticos, para que seja possível elaborar um estudo demonstrativo de como as ferramentas da Construção Enxuta podem ser aplicadas. Os serviços analisados serão os dois de maior relevância no quadrante A:

- **Revestimentos**

Esse serviço possui maior tempo de execução no empreendimento, representa aproximadamente 26% e 36% dos serviços críticos do empreendimento, totalizando um custo de R\$ 45.530,05. Eles são divididos em três tipos:

Paredes Internas e Externas: Em todas as paredes está prevista a execução de chapisco, emboço e reboco. Nas áreas molhadas será colocado revestimento cerâmico.

Pisos: Consiste na execução de contrapiso em toda construção, sendo nas áreas molhadas aplicado o revestimento cerâmico e nas áreas secas com piso porcelanato.

Tetos: Em todos os tetos está prevista a execução de chapisco, emboço e reboco.

- **Infraestrutura**

Esse serviço representa aproximadamente 19,50% da obra e 27% dos serviços críticos do empreendimento, totalizando um custo de R\$33.686,09.

Com o terreno preparado e o gabarito realizado, pode ser iniciada a parte referente a fundação da obra que será radier, a execução tem seu início com a escavação abaixo do nível do terreno para a viabilização da concretagem. Em seguida, será realizado o apiloamento das valas visando à compactação, uniformização e regularização da superfície. Posteriormente deverá ser executado um lastro de concreto sem função estrutural, servindo apenas para regularizar e proteger a superfície. Por fim, podem ser iniciadas a montagem das formas e o

posicionamento das armaduras, para que posteriormente ocorra a concretagem.

3.2 Aplicação da ferramenta

Com posse das informações fornecidas sobre os serviços críticos, tornou-se possível realizar uma análise mais detalhada sobre como as ferramentas da Construção Enxuta podem ser aplicadas nos serviços críticos. Sendo assim, com base na análise realizada foi desenvolvida uma tabela, com o auxílio do Microsoft Office Excel 2010, para cada um dos serviços críticos escolhidos, elas estão dispostas no Anexo A.

Na primeira coluna da tabela foi apresentado o serviço crítico em análise, a segunda consta a ferramenta da Construção Enxuta que foi proposta, a terceira possui dois pontos para cada serviço, no primeiro foi definida como a ferramenta em questão deve ser aplicada em um empreendimento e no segundo foi elaborada uma exemplificação prática de aplicação da ferramenta no estudo de caso. Por último, na quarta coluna são apresentados os benefícios obtidos com a utilização da ferramenta.

4. Considerações finais

O trabalho teve seu início com uma contextualização basicamente referente a duas áreas de conhecimento: a filosofia *Lean* e a construção enxuta. Em seguida, foi executada a revisão bibliográfica, com o intuito de fornecer um embasamento teórico para o trabalho. Foram apresentados os conceitos relacionados com a filosofia *Lean* e como ocorreu a sua adaptação para a construção civil. O último assunto abordado na revisão bibliográfica foi a construção enxuta, aonde foram abordados os princípios e ferramentas que compõem essa filosofia.

Considerando os conhecimentos adquiridos, em seguida, foi apresentado um estudo de caso de uma obra unifamiliar, foram destacados e descritos os serviços críticos de maior importância no custo direto do empreendimento. Prontamente, foram analisadas dentre as ferramentas apresentadas,

quais que quando aplicadas aos serviços selecionados trariam maiores benefícios.

Com os resultados obtidos chegou-se a resolução do problema da pesquisa, uma vez que foram identificados inúmeros benefícios que podem ser obtidos com a utilização das ferramentas da construção enxuta no gerenciamento de serviços críticos, como por exemplo: a redução de custos, o aumento da integração entre as equipes no espaço de trabalho, a eliminação de erros no sistema produtivo, a facilidade de identificação de anomalias, a maior organização do espaço, a diminuição de desperdícios de tempo e material, entre outros apresentados.

O trabalho desenvolvido mostrou as vantagens e benefícios que podem ser obtidos com a utilização de uma filosofia pouco difundida no Brasil, a da construção enxuta. Mediante a situação fragilizada do setor da construção civil e aos resultados apresentados, torna-se claro que o conhecimento dessa filosofia e de suas ferramentas é um diferencial no mercado de trabalho. Possibilitando a utilização de uma nova filosofia construtiva, que é pautada fundamentalmente na organização e integração das equipes para a otimização das atividades produtivas, quebrando assim os paradigmas existentes.

5. Referências

- [1] ARANTES, P. C. *Lean Construction - Filosofia e Metodologias*. Porto, Portugal, 2008.
- [2] HOWELL, G. A. *Seventh Conference of the International Group for Lean Construction*. California, Estados Unidos, 1999.
- [3] VENTURINI, J. S. *Propostas e ações baseadas nos 11 princípios Lean Construction para implantação em um canteiro de obras de Santa Maria*. Universidade Federal de Santa Maria. Monografia. Rio Grande do Sul, 2015.
- [4] LOMBARDI, R. B. *Planejamento e Controle de Obras utilizando os*

- conceitos do Lean Construction - Estudo de Caso Hotel das Nações*. Brasília, Brasil, 2014.
- [5] LEAN INSTITUTE BRASIL. *Sistema Toyota de Produção*. <https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-%28toyota-production-system---tps%29.aspx>.
- [6] KOSKELA, L. *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Estados Unidos, 1992.
- [7] MOURA, A. *Planejamento com Lean Construction: Diretrizes para implementação da Construção Enxuta em Obras*. Natal, Rio Grande do Norte, Brasil, 2015.
- [8] BOTELHO, R. *Aplicação dos conceitos de Construção Enxuta em edifícios de Baixa Renda*. Universidade Federal Fluminense. Monografia. Rio de Janeiro, 2012.
- [9] MOREIRA, M.; BERNARDES, S. *Desenvolvimento de um modelo de planejamento de controle da produção para micro e pequenas empresas de construção*. Universidade Federal do Rio
- [10] FORMOSO, C. T. *Lean Construction: Princípios Básicos e Exemplos*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2005.
- [11] LOMBARDI, R. B. *Planejamento e Controle de Obras utilizando os conceitos do Lean Construction – Estudo de Caso Hotel das Nações*. Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas – FATECS. Brasília, 2014.
- [12] MESQUITA, L. S. *1ª Temporada de MiniCursos: Lean Construction*. Ceará, 2012.
- [13] ALENCAR, L. B. *1ª Temporada de MiniCursos: Lean Construction*. Ceará, 2012.
- [14] GRAEML R. e PEINALDO J. *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba, UnicenP, 2007.

6. Anexos e Apêndices

ANEXO A

Tabela 1 – Aplicações Ferramentas Lean na Infraestrutura

SERVIÇOS CRÍTICOS	TÉCNICAS / FERRAMENTAS	MÉTODO DE UTILIZAÇÃO	BENEFÍCIOS
INFRAESTRUTURA	5S (Seiri = Utilização)	<p>. Dentro dos passos existentes no prorama 5S, o passo da utilização deve ser implementado visando a classificação dos materiais utilizados com dois objetivos possíveis: execução da estocagem de acordo com o grau de importância ou a separação em um local para descarte.</p> <p>. Uma das possibilidades de utilização é a criação de locais específicos para a eliminação de resíduos da construção, de maneira a permitir que sejam separados os materiais que devem ser descartados e os que podem ser reutilizados. Como exemplo, algumas peças da forma utilizada para a execução do radier podem ser reaproveitada com outras finalidades.</p>	<p>. Reaproveitamento de recursos;</p> <p>. Redução de custos;</p> <p>. Organização do espaço de trabalho;</p>
	TPM (Manutenção Preventiva Total)	<p>. Previsão de manutenção imediata para os equipamentos/máquinas utilizados durante a execução da obra. Deve ser garantida a presença de um equipe de manutenção na obra assim que necessário, de forma rápida. Além da existência de um plano b imediato, no caso da necessidade de substituição do maquinário.</p> <p>. Sua utilização ocorre nas máquinas utilizadas para a realização da escavação do terreno.</p>	<p>. Garantia da Produtividade;</p> <p>. Garantia dos Prazos estabelecidos;</p> <p>. Minimização do desperdício de tempo;</p>
	JIDOKA	<p>. Realização de um treinamento de qualificação da mão de obra, englobando a explicação de como devem ser realizadas as etapas produtivas e também da qualidade exigida pela construtora. Um ponto de suma importância é a concessão de liberdade e autonomia para que os trabalhadores, assim que identificarem alguma anormalidade nos procedimentos, comunicarem o responsável pelo serviço.</p> <p>. Sua aplicação pode ser exemplificada na identificação de falhas/problemas nas armaduras e fôrmas do radier existente, antes da concretagem. Como por exemplo, algum funcionário perceber e sinalizar para o responsável o deslocamento de alguma armadura posicionada ou alguma inconformidade na forma existente.</p>	<p>. Prevenção contra a necessidade de retrabalho;</p> <p>. Aumento da qualidade dos serviços realizados;</p> <p>. Maior integração das equipes de trabalho;</p>
	TAKT TIME	<p>. Com o conhecimento do prazo estabelecido pelo cronograma da obra desenvolvido, deve ser definido e adotado um ritmo para as atividades que compoem o serviço de em questão.</p> <p>. Sua utilização sucede na imposição de um ritmo construtivo nas atividades que compoem a infraestrutura: Escavação, execução da base para o radier, execução da forma, colocação das armaduras e concretagem.</p>	<p>. Fluxo contínuo das atividades produtivas;</p> <p>. Cumprimento dos prazos fixados;</p> <p>. Minimização do desperdício de tempo;</p>

Fonte: Autor

Tabela 2 - Aplicações Ferramentas Lean no Revestimento

SERVIÇOS CRÍTICOS	TÉCNICAS / FERRAMENTAS	MÉTODO DE UTILIZAÇÃO	BENEFÍCIOS
REVESTIMENTO	KANBAN	<p>. Implantação de um sistema de cartões que informe os materiais que são necessários para a execução das atividades da obra. Deve ser previsto um quadro em um local de fácil acesso para facilitar a visualização dos pedidos realizados, aonde serão informadas pelos trabalhadores a quantidade de cada material que será necessária para a execução das atividades produtivas naquele dia.</p> <p>. Pode ser aplicada no revestimento para diversos tipos de materiais, como: No revestimento das paredes e tetos - envio da argamassa para execução do emboço das paredes e tetos, envio de azulejos para revestimento das paredes das áreas molhadas, envio de argamassa colante para fixação dos azulejos nas paredes; No revestimento de pisos - envio de argamassa para a execução do contrapiso, envio de argamassa colante para a fixação dos pisos, envio de pisos cerâmicos/porcelanatos para colocação na casa e envio de sacos de rejunte para realizar o rejuntamento dos pisos colocados.</p>	<p>. Elevação do nível de organização existente no empreendimento;</p> <p>. Eliminação do desperdício de tempo e de materiais;</p> <p>. Aumento da produtividades;</p> <p>. Manutenção de um fluxo contínuo de trabalho;</p>
	CÉLULAS DE PRODUÇÃO	<p>. Realização da definição de uma equipe para a execução de uma série de atividades sub sequentes que compõem um serviços, evitando assim a transferência de responsabilidade entre diferentes equipe e promovendo uma motivação entre os trabalhadores para realizar a sua atividade da melhor maneira possível, uma vez que a atividades seguinte será realizada por ele.</p> <p>. Um exemplificação no serviço de revestimento de piso seria a destinação para a mesma equipe de trabalho para executar do contrapiso e colocar o piso, fazendo com que a equipe execute um contrapiso bem nivelado, com o propósito de evitar problemas na hora de colocar o piso. No revestimento de parede, poderia haver a destinação das atividades de emboço e pintura para a mesma equipe, fazendo com que o emboço seja realizado da melhor maneira possível, com a finalidade de evitar problemas na pintura.</p>	<p>. Aumento da qualidade dos serviços realizados;</p> <p>. Eliminação de desperdício de tempo;</p> <p>. Aumento da motivação dos trabalhadores;</p> <p>. Aumento da produtividade do trabalho executado;</p>
	5S (Seisou = Limpeza)	<p>. Dentro dos passos existentes no prorama 5S, o passo da limpeza deve ser utilizado buscando uma limpeza contínua da obra, primando pela manutenção de um ambiente limpo e organizado, criando assim um senso de responsabilidade entre os trabalhadores em relação a limpeza do ambiente de trabalho.</p> <p>. Como exemplo de aplicação no serviço de revestimento, deve ser destinado um horário diário de expediente para a realização da limpeza do ambiente de trabalho, onde a equipe de colocação de piso, por exemplo deve realizar a limpeza dos pisos colocados e a retirada dos espaçadores utilizados, promovendo além da limpeza do ambiente de trabalho a melhor visualização do seu trabalho.</p>	<p>. Maior facilidade na identificação de anormalidades;</p> <p>. Elevação do nível de qualidade nas atividades realizadas;</p> <p>. Melhora da imagem do ambiente de trabalho;</p> <p>. Aumento do bem estar pessoal dos trabalhadores;</p>
	OPERAÇÕES PADRONIZADAS	<p>. Realização da padronização das atividades de determinado serviço que seja realizado mais de uma vez durante a execução da obra, por meio da indicação da sequencia produtiva que deve ser realizada pelos trabalhadores para execução do serviço.</p> <p>. Sua aplicação no revestimento de paredes e tetos pode ser realizada por meio da padronização das atividades de chapisco, emboço, revestimento cerâmico e pintura. Primeiramente a parede deve ser chapiscada, em seguida o emboço deve ser realizado e conferido, com o intuito de garantir o nivelamento da parede/teto. Finalizando essa etapa, nas áreas molhadas devem ser colocados e conferidos os azulejos e nas áreas seca deve ser realizad o emassamento e o acabamento final das paredes.</p>	<p>. Melhora da qualidade das atividades executadas;</p> <p>. Eliminação de erros no processo executivo;</p> <p>. Aumento da Produtividade da mão de obra;</p> <p>. Eliminação de desperdício de tempo;</p>

Fonte: Autor