

APLICAÇÃO DO MODELO *LEAN CONSTRUCTION* PARA OS SERVIÇOS DE ELEVAÇÃO DE ALVENARIA DE PAVIMENTO-TIPO E DE MONTAGEM DE FÔRMAS DE VIGAS E LAJES NO ANDAR-TIPO

Alex Gabriel Sales Pereira¹

Matheus Barros Aguiar de Lima²

Emanoell Kerony Silva Melo³

Willelberg de Sales Ramos⁴

Vanessa Limeira Azevedo Gomes⁵

Engenharia Civil



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

A construção civil é um setor que apresenta, na maioria das vezes, um baixo índice de produtividade e, nos últimos anos, vem passando por uma série de mudanças que visam uma melhor organização e execução de serviços. Nesse contexto, surge a implantação do *Lean Construction*, ou construção enxuta, definida por Koskela (1992), onde há aceleração de execução e uma redução significativa de desperdício de materiais e custos com aumento da produtividade. Assim, esse artigo tem como objetivo apresentar as operações relacionadas à elevação de alvenaria de pavimento-tipo e da montagem de fôrmas de vigas e lajes no andar-tipo aplicando o modelo de processo do *lean construction* e identificar os meios de reduzir o tempo de execução nas operações de movimentação, espera, processamento e inspeção. A metodologia é um estudo de caso baseado nos princípios do modelo. Como resultados, nos serviços de elevação de alvenaria de pavimento-tipo, as melhorias estão relacionadas aos materiais disponibilizados no local de trabalho, e na divisão de atividades pelo quadro de colaboradores, reduzindo ociosidade e retrabalhos. Já na montagem na de fôrmas de vigas e lajes no andar-tipo, a aplicação do modelo aponta o aumento de produtividade e eliminação de desperdícios como os maiores benefícios.

PALAVRAS-CHAVE

Construção enxuta. Produtividade. Alvenaria. Vigas e fôrmas.

ABSTRACT

Civil construction is a sector that, in most cases, has a low level of productivity and, in recent years, it has undergone a series of changes aimed at better organization and execution of services. In this context, comes the implementation of Lean Construction, defined by Koskela (1992), where there is acceleration of execution and a significant reduction in waste of materials and costs with increased productivity. Thus, this article aims to present the operations related to the elevation of pavement-type masonry and the assembly of beams and slabs formwork on the standard floor applying the lean construction process model and to identify ways to reduce the execution time in moving, waiting, processing and inspection operations. The methodology is a case study based on the principles of the model. As a result, in the services of masonry elevation of pavement-type, the improvements are related to the materials available in the workplace, and in the division of activities by the staff, reducing idleness and rework. As for the assembly of formwork for beams and slabs on the standard floor, the application of the model points to increased productivity and elimination of waste as the greatest benefits.

KEYWORDS

Lean Construction. Productivity. Masonry. Beams and formwork.

1 INTRODUÇÃO

Koskela (1992) definiu *lean construction* (ou construção enxuta) como um conjunto proposto de onze princípios adaptados do Sistema Toyota de Produção para a construção civil. Esses princípios referem-se: a redução das parcelas de atividades que não agregam valor; o aumento do valor do produto através da consideração das necessidades do cliente; redução da variabilidade; redução do tempo de ciclo; simplificação de processos; aumento da flexibilidade de saídas; aumento da transparência dos processos; foco no planejamento e controle de todo o processo; promover a melhoria contínua ao processo; equilibrar melhoria de fluxo com melhoria na conversão e *benchmarking* (MOREIRA; BERNARDES, 2021).

Nesse contexto, com o objetivo de maximizar o valor do projeto e reduzir o desperdício e o custo, a abordagem do *lean construction* foi formalmente e com sucesso introduzida na indústria de arquitetura, engenharia e construção (AEC) em 1993 (WEIQI *et al.*, 2021). Assim, com base nos princípios do *lean construction*, pode-se aplicá-los nos serviços de alvenaria e montagem de fôrmas para vigas e pilares, possibilitando a eficiência da aplicação em conjunto com os princípios corretos para um planejamento assertivo.

As alvenarias de vedação são aquelas destinadas a compartimentar espaços, preenchendo os vãos de estruturas de concreto armado, aço ou outras estruturas. As-

sim sendo, devem suportar tão somente o peso próprio e cargas de utilização, como armários, rede de dormir e outros (THOMAZ *et al.*, 2009). Já o sistema de fôrma refere-se ao conjunto completo dos elementos que o compõem, incluindo-se: a própria fôrma, elementos de cimbramento, de escoramento remanescente, equipamentos de transporte, de apoio e de manutenção, etc. Podemos obtê-lo confeccionando-os totalmente ou parte dele no canteiro de obras mediante um projeto específico de produção de fôrma (ASSAHI, 2005).

Desta forma, o objetivo deste trabalho consiste em apresentar as operações relacionadas à elevação de alvenaria de pavimento-tipo e da montagem de fôrmas de vigas e lajes no andar-tipo aplicando o modelo de processo do *lean construction* e identificar os meios de reduzir o tempo de execução nas operações de movimentação, espera, processamento e inspeção.

2 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho refere-se à aplicação do modelo de processo do *lean construction* na elevação de alvenaria de pavimento-tipo e na montagem de formas de vigas e lajes no andar-tipo. Para o desenvolvimento deste estudo, a metodologia empregada foi uma pesquisa bibliográfica, através de artigos, sites, publicações sobre os assuntos do *lean construction*, princípios, alvenaria, andar-tipo, vigas e lajes.

Em seguida, as operações de movimentação, espera, processamento e inspeção foram elaboradas para os serviços realizados durante a elevação de alvenaria de pavimento-tipo e a montagem de formas de vigas e lajes no andar-tipo.

Por último, os meios de reduzir o tempo de execução dessas operações, seguindo os princípios do *lean construction* foram identificados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Elevação da alvenaria de pavimento-tipo

A descrição das operações de movimentação, espera, processamento e inspeção foi baseada na norma NBR 8545/1984, que trata da alvenaria de vedação.

Dentro do processo de movimentação, algumas ações a serem realizadas vão desde a criação de orçamento e listagem de materiais a serem comprados, até a separação de atividades entre os colaboradores envolvidos na etapa. O fator de espera também pode comprometer de forma direta o padrão *lean construction* e também a produtividade dos colaboradores. Assim, deve ser analisado como os materiais estocados serão transportados até o ambiente onde será trabalhado, ou seja, até o local de marcação da alvenaria. Outro ponto a ser observado é no controle de materiais, como armazenamento de tijolos quebrados que poderão ser utilizados em outras etapas ou outros espaços da obra. Além disso, o pedreiro não poderá trabalhar sozinho, sempre precisará de um servente para que o auxílio e a etapa seja concluída o mais rápido possível.

No processamento, as etapas são descritas no Quadro 01, conforme a ordem de serviços a serem realizados pelos colaboradores.

Quadro 01: Etapas dos serviços de elevação de alvenaria de pavimento-tipo

Item	Etapas
01	Marcação do espaço onde ser executada a elevação de alvenaria.
02	Limpeza e umidificação da superfície que receberá a alvenaria.
03	Execução dos primeiros tijolos pelos cantos da primeira fiada de alvenaria para gabarito.
04	Utilização de níveis, linhas e prumos para garantir o alinhamento da alvenaria.
05	Execução da primeira fiada completa de modo que esteja alinhada e prumada.
06	Assentamento das demais fiadas executando sempre juntas desencontradas para uma melhor amarração entre a alvenaria, já que não é recomendado utilizar juntas secas.
07	Execução de ferros cabelo ou telas galvanizadas de 3 em 3 fiadas para que tenha melhor amarração entre alvenaria e o elemento estrutural (pilar).
08	Execução da passagem de eletrodutos ou conduítes sob a alvenaria, assim como a verificação da existência de rasgos para janelas e portas, segundo o projeto.
09	Realizar encunhamentos ao finalizar a elevação da alvenaria, que servirão como uma ligação entre alvenarias e esforços que vêm das lajes ou vigas
10	Limpeza dos materiais e do ambiente de trabalho, sempre prezando pela economia e por uma obra limpa.

Fonte: Dados dos Autores (2022).

Por fim, a etapa final do modelo *lean construction* é a de inspeção, que se inicia com a vistoria dos processos a serem realizados corretamente e a elaboração de *checklist* para controle e aprovação dos serviços. Além disso, é fundamental realizar uma boa medição do serviço o qual foi proposto e analisar a limpeza do local e do produto final que os colaboradores entregaram, ou seja, a alvenaria concluída. A Figura 01 apresenta uma representação do serviço de elevação de alvenaria de pavimento-tipo.

Figura 01 - Serviço de elevação de alvenaria de pavimento-tipo.



Fonte: Viva Decora (2021).

3.2 Montagem de fôrmas de vigas e lajes no andar-tipo

A etapa de movimentação no serviço de montagem de fôrmas de vigas e lajes no andar-tipo corresponde ao estudo da melhor compra de material, identificando qual o tipo de fôrma que melhor se adapta a necessidade geométrica. Os insumos básicos utilizados na fôrma são: madeira, metal (aço e alumínio), plásticos, fibra de vidro e concreto (Adaptado de ASSAHI, 2005). Os mais usuais, no entanto, são as madeiras, principalmente as chapas compensadas específicas para fôrma, produto normalizado pela ABNT NBR ISO 1098:2006 - Compensado laminado para uso geral - Requisitos gerais e ABNT NBR ISO 2074:2006 - Madeira compensada – Vocabulário.

Com base no princípio do *lean construction* sobre reduzir a variabilidade, GOMES (2006) mostra que é necessário identificar a escolha de sistema de fôrma mais viável, isso nos permite duas opções na qual pode ser de forma tradicional com o uso de pregos para fixação, confeccionadas no canteiro, tendo montagem e desforma mais trabalhosa, ou de forma racionalizada onde o processo de montagem mediante ao projeto executivo e de produção, evitam o uso de pregos na montagem, sendo produzidas em uma fábrica, permitindo o menor ou maior uso de acessórios metálicos e uma fácil montagem e desmontagem da fôrma. A Figura 02 apresenta o transporte e armazenamento de fôrmas de vigas e lajes em um galpão.

Figura 02 - Transporte e armazenamento de fôrmas de vigas e lajes.



Fonte: Sansuy (2022).

Com o intuito de evitar esperas, seguindo o princípio reduzir o tempo de ciclo, pode ser programado, com o fornecedor, o transporte e chegada de material para o dia útil do início da etapa de montagem de fôrma. Pois, enquanto o material está a caminho, o carpinteiro e o ajudante verificam as ferramentas necessárias a serem utilizadas no processo.

A etapa de processamento é apresentada a seguir. Após a chegada do material e verificação de ferramentas, o princípio de foco no planejamento e controle de todo o processo, torna-se essencial. O carpinteiro inicia o processo de montagem, com as etapas de locação, colocação de painéis de vigas entre os pilares, seguindo de verificação de medidas, conferência de prumo, correção de imperfeições e, após isto, é necessário fazer o escoramento e ancoragem das formas para receber a concretagem.

As inspeções são relativamente simples e rápidas, desde que feitas no momento correto. Existem dois tipos de inspeção, uma feita pelo engenheiro e a outra, pelo mestre de obra. As inspeções de preparo são as avaliações e julgamentos que fazem necessários no início de cada etapa do serviço, cujo objetivo é a tomada de decisão de autorizar ou não o seu início. Devem ser executadas pelo engenheiro de obra, ou na sua impossibilidade, pelo técnico ou estagiário sob sua responsabilidade, pois ela significa o aceite e recebimento dos serviços até aquele momento (ASSAHI, 2005).

Para obter uma boa inspeção é recomendado um *checklist* no qual os itens mais importantes são sequenciados e as etapas são apresentadas em ordem cronológica, facilitando a complementação de outras atividades, sendo essas citadas por Assahi (2005) como: atividade a ser inspecionada, instrumento a ser utilizado para a inspeção, tolerância admitida, visto e data do responsável pela inspeção e recebimento.

4 CONCLUSÕES

A partir dos princípios do modelo *lean construction* foi possível identificar as operações de movimentação, espera, processamento e inspeção no serviço de elevação de alvenaria de pavimento-tipo e na montagem de fôrmas de vigas e lajes no andar-tipo.

No serviço de elevação de alvenaria, as operações de movimentação, espera, processamento e inspeção, deverão obter resultados expressivos, em relação a redução de custos, retrabalhos (entre 25% e 50%), aumentando a produtividade e eficiência da equipe dos colaboradores. Além disso, no cenário da elevação de alvenaria de pavimento-tipo, as atividades possuem um planejamento melhor, desde a compra e estocagem dos materiais, até a divisão de serviços dos colaboradores, diminuindo a ociosidade, a quebra e mau uso dos materiais, uma vez que as revisões e *checklist* são rotineiros, trazendo mais economia à empresa responsável pela construção.

Com relação a montagem de fôrmas de vigas e lajes no andar-tipo, de acordo com os princípios do modelo, pode-se ter uma redução da parcela de atividades que não agregam valor, como reduzir as movimentações, assim os trabalhadores podem executar outras tarefas como a conferência de equipamentos e ferramentas. Eles podem iniciar os trabalhos no dia exato do recebimento de material, usar máquinas no transporte dos materiais até o local que irá ser montado, o que reduz também a

mão-de-obra e utilizar material já pré-fabricado para maior agilidade. Além disso, a padronização dos serviços para lajes ou vigas é primordial para diminuir os custos e ter uma maior transparência na execução do serviço, contribuindo para segurança dos colaboradores.

Concluindo assim, que a aplicação do modelo do *lean construction* reduz significativamente o tempo de ciclo, proporcionando maior flexibilidade nas próximas etapas da obra a serem realizadas.

REFERÊNCIAS

ASSAHI, Paulo Nobuyoshi. Sistema de fôrma para estrutura de concreto. **SIMPÓSIO SOBRE ESTRUTURAS DE CONCRETO**, v. 5, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8545/1984**. Alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos, Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 1098:2006** - Compensado laminado para uso geral - Requisitos gerais, Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 2074:2006** - Madeira compensada – Vocabulário, Rio de Janeiro, 2006.

GOMES, Alberto Roland. Formas de madeira para estruturas de concreto armado. **Práticas de Construção Civil I**, São Carlos, 2006.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. CIFE Technical Report. No. 72. Stanford University. Stanford. CA., 1992.

MOREIRA, Mauricio; BERNARDES, Silva. **PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO PARA EMPRESAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2. ed. [S. l.: s. n.], 2021.

SANSUY, 2022. Disponível em: <https://blog.sansuy.com.br/afinal-como-saber-a-capacidade-de-carga-de-caminhoes/>. Acesso em: 30 mar. 2022.

THOMAZ, Ercio *et al.* **Alvenaria de Vedação em Blocos Cerâmicos**. São Paulo. 2009. E-book (72p.) color.

VIVA DECORA. Disponível em: <https://br.pinterest.com/vivadecorabr/>. Acesso em: 30 mar. 2022.

WEIQI, Xing, *et al.* Implementing lean construction techniques and management methods in Chinese projects: A case study in Suzhou, China. **Journal of Cleaner Production**, Acesso em: 1 mar. 2022.

Data do recebimento: 29 de setembro de 2022

Data da avaliação: 13 de outubro de 2022

Data de aceite: 14 de outubro de 2022

1 - Discentes do curso de Engenharia Civil da Unit/AL. E-mail: alex.gabriel@souunit.com.br

2 - Discentes do curso de Engenharia Civil da Unit/AL. E-mail: matheus.baguiar@souunit.com.br

3 - Discentes do curso de Engenharia Civil da Unit/AL. E-mail: emanoell.kerony@souunit.com.br

4 - Discentes do curso de Engenharia Civil da Unit/AL. E-mail: willemberg.sales@souunit.com.br

5 - Professora Doutora dos Cursos das Engenharias da Unit/AL. E-mail: