



Gestão & Gerenciamento

MELHORIA DA PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: REVISÃO DA LITERATURA SOBRE FERRAMENTAS LEAN, INCLUINDO BALANCEAMENTO DE ATIVIDADES E DIAGRAMA YAMAZUMI

*IMPROVING PRODUCTIVITY IN CIVIL CONSTRUCTION: A LITERATURE
REVIEW ON LEAN TOOLS, INCLUDING CREW BALANCE CHART AND
YAMAZUMI DIAGRAM*

Matheus de Faria Mendonça

Bacharel em Engenharia de Produção; Pós-graduando em Planejamento, gestão e controle de Obras Civis pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

matheusdefariamendonca@gmail.com

Vania Maria Britto Cunha Lopes DuCAP

Arquiteta e urbanista, M. Sc.; Especialista em Engenharia Sanitária Ecologia e Meio Ambiente pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ, Brasil; doutoranda em Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, Brasil

vaniaducap@yahoo.com.br

Resumo

Este estudo investiga a aplicação de ferramentas *Lean* na construção civil, com foco em obras residenciais multifamiliares, visando aumentar a eficiência na gestão da mão de obra. Métodos como balanceamento de atividades, diagrama *Yamazumi*, estudos de tempos e movimentos e cartões *Kanban* foram utilizados para otimizar os processos. A metodologia consistiu em uma revisão abrangente da literatura seguida de uma análise detalhada dos estudos de caso em diferentes contextos e etapas da obra, incluindo fundação e infraestrutura, supraestrutura (alvenaria) e acabamentos (revestimentos, instalações elétricas e hidráulicas). Os resultados mostram reduções expressivas nas atividades que não agregam valor, mas necessárias, e nos desperdícios, resultando em um aumento mínimo de produtividade de 15%, melhorias na qualidade do produto final, redução nos custos operacionais e maior satisfação dos operários devido à melhor alocação de suas capacidades. Conclui-se que a adoção de práticas *Lean* – embora exija um planejamento e pré-preparo rigoroso da operação, e principalmente, uma mudança de mentalidade dos gestores para uma visão mais industrializada de seus canteiros – promove uma abordagem mais metódica, industrializada e eficiente, contrastando com as práticas tradicionais de planejamento de produção que focam apenas na sequência de atividades que de fato agregam valor.

Palavras-chave: *Lean Construction*; balanceamento de atividades; estudos de tempos e movimentos; diagrama *Yamazumi*; aumento de produtividade.

Abstract

This study investigates the application of Lean tools in civil construction, focusing on multifamily residential projects, aiming to increase efficiency in workers management. Methods such as crew balance chart, Yamazumi diagram, time and motion studies, and Kanban cards, were used to improve processes. The methodology consisted of a comprehensive literature review followed by a detailed analysis of case studies in different contexts and stages of construction, including foundation and infrastructure, superstructure (masonry), and finishes (coatings, electrical, and plumbing installations). The results show significant reductions in non-value-adding activities, auxiliary activities, and waste, resulting in a minimum productivity increase of 15%, improvements in the final product quality, reduction in operational costs, and greater satisfaction of workers due to better allocation of their capacities. It is concluded that the adoption of Lean practices, although requiring rigorous planning and preparation of the operation and, primarily, a change in the mindset of managers towards a more industrialized view of their construction sites, promotes a more methodical, industrialized, and efficient approach, contrasting with traditional production planning practices that focus only on the sequence of value-adding activities.

Keywords: *Lean Construction*; crew balance chart; time and motion studies; Yamazumi diagram; productivity increase.

1 Introdução

A construção civil está presente com o ser humano desde os primórdios, acompanhando o desenvolvimento da espécie e suas formas de interagir com o meio que habita, sempre no modelo de pessoas transformando matéria-prima para criar valor. Ao longo da história, diferentes formas e métodos de construção foram realizados empregando mão-de-obra, matéria-prima, máquina/tecnologias e tempo, em diferentes proporções na representação de cada um no resultado final.

Hoje, as empresas da cadeia da construção civil, estão em um contexto de grandes desafios, conforme indicado por Marko (2024), devido às margens de lucro espremidas pelos preços que os clientes estão dispostos e aptos a pagar e pelos altos custos de operação de toda a sua cadeia produtiva. Com clientes cada vez mais exigentes em termos de preço e qualidade, é mais urgente do que nunca para as empresas olharem com afinco para como são despendidos os recursos internos, materiais, tempo e mão de obra. E a gestão dessa última – reduzindo desperdícios e melhorando a eficiência – é, portanto, fator crucial para ter competitividade no mercado.

1.1 Lean

O método *Lean*, originalmente desenvolvido na indústria automobilística por Taiichi Ohno e sua equipe da Toyota em meados dos anos 70, tem sido amplamente aplicado em diversos setores para otimizar processos e eliminar desperdícios. Na construção civil, a aplicação do *Lean*, através do *Lean Construction* visa reduzir atividades que não agregam valor ao cliente final. No estudo de Kosaka *et al.* (2018), em uma empresa de produtos da cadeia produtiva da construção civil, foi demonstrado como a aplicação da filosofia, métodos, conceitos e ferramentas *Lean* podem levar a reduções significativas em tempos de produção e espera, de estoque entre processos e aumento da eficiência e satisfação dos operários.

Shingo (1996) também apontou como esses métodos permitem equilibrar a capacidade dos operários com a carga de trabalho demandado para o atingir as metas, permitindo aos operários atuarem com eficiência e à linha permanecer livre de gargalos.

1.2 Ferramentas Lean: Estudo de tempos e movimentos

O trabalho de estudar os tempos e movimentos relacionados aos operários durante sua rotina de trabalho passa pelo entendimento de cada ação que é realizada (seja ela produtiva ou não), o objetivo dela, como é realizada, os instrumentos e ferramentas envolvidos, os deslocamentos realizados e, inclusive, os erros e retrabalhos existentes, como aponta o próprio Taiichi Ohno (1997) no primeiro livro referência no tema, “O Sistema Toyota de Produção”. Um exemplo real dessa aplicação é encontrado no estudo de Saggin *et al.* (2017) que demonstra como uma profunda análise nos tempos e movimentos dos operários de uma empresa de construção civil no Brasil, aliado a uma subsequente padronização dos novos processos, levou a resultados expressivos no processo estudado, como a redução dos desperdícios de tempo de espera, estoque parado entre os processos dos diferentes operários, distâncias percorridas, redução da necessidade de retrabalhos e uma melhora na qualidade e segurança do ambiente de trabalho. Este estudo destaca a importância das ferramentas e os resultados que geram no ganho de eficiência dos operários.

1.3 Ferramentas Lean: Diagrama Yamazumi

De origem japonesa como os demais termos oriundos da filosofia *Lean*, *Yamazumi* significa “empilhar” tarefas, no formato de blocos de barras, de acordo com Obara (2012). O autor ainda aponta como a ferramenta auxilia tanto na identificação e eliminação de desperdícios do processo quanto no balanceamento de atividades entre operários, permitindo uma visão de cada atividade que compõe o ciclo de trabalho e categorizando-as de acordo com a agregação de valor gerada para o produto e cliente final.

Segundo o mesmo autor, no diagrama, os blocos de atividades são classificados em cores: as verdes são as atividades que “Agregam Valor”, as amarelas as que “Não Agregam

Valor, mas são necessárias” – muitas vezes necessárias devido ao contexto no qual as atividades são realizadas. E em vermelho, as atividades que seriam “Desperdício”, ou simplesmente que “Não Agregam Valor”, que comumente são o ponto de partida de ações de melhoria, por se tratar de atividades que são desperdícios puros. Pode-se ter ainda, na parte superior do diagrama, uma linha que representa o *Takt Time* do processo, que é o tempo que ele deve respeitar para conseguir entregar o produto final dentro do prazo estabelecido. No presente trabalho não será explorado a fundo esse conceito, portanto, *Takt Time*, é a meta de tempo para a conclusão do processo/atividade.

Pieńkowski (2014) destaca que, quando emparelhados os diagramas de operários que trabalham em conjunto, em um mesmo processo, fica facilitada a identificação visual dos desperdícios, gargalos e ociosidades, possibilitando a projeção de cenários mais eficientes, onde se aproveita melhor a mão de obra.

1.4 Ferramentas *Lean*: Os 7 Desperdícios

Ohno (1997) apresentou os 7 desperdícios da produção, o primeiro e mais impactante deles, por gerar outros desperdícios como sua consequência, a Superprodução, quando é produzido em maior quantidade, com antecipação, ou com maior qualidade que o necessário; a Espera, que pode ser tanto de um material esperando para ser processado, quanto dos operários esperando alguma forma de condição para iniciarem o trabalho; o Transporte de matéria-prima de um local para outro, que por si só não agrega valor ao produto final, mas que tem potencial para gerar perdas, portanto deve sempre ser minimizado com melhorias de Layout; a Movimentação dos operários, seguindo a mesma lógica do Transporte, uma vez que o operário ir de um ponto a outro não aumenta o valor do produto; o Superprocessamento são atividades que mesmo realizadas no produto final não agregam valor a ele, como uma demão extra de pintura quando não necessário; o Estoque em excesso, quando além das necessidades dos processos, se formatados de forma puxada, contínua, sem interrupções e balanceados, incluindo Estoque entre processos; e por fim os desperdícios por Retrabalho, quando o produto não atinge aos padrões de aceite e é necessário retorná-lo para algum ponto anterior na sua sequência produtiva.

1.5 Ferramentas *Lean*: Gráfico de balanceamento de atividades

Estudo como os dos autores Hemalatha e Priyanth (2018) em uma obra residencial multifamiliar ressaltam que, para aumentar a produtividade dos trabalhadores, é necessário dividir o trabalho de forma equilibrada por todos e ter em mente que trabalhos especializados devem ser realizados por trabalhadores especializados, na contramão do pensamento primário de que ao buscar aumentar a produtividade será, obrigatoriamente, aumentada a carga de trabalho gerando sobrecarga aos operários. Eles demonstram como chegar a uma nova divisão do trabalho de forma eficiente e eficaz, através do mapeamento das atividades e da sua representação em gráficos de balanceamento de atividades *Yamazumi*.

1.6 Ferramentas *Lean*: Cartão *Kanban*

De acordo com Shingo (1996), o sistema *Kanban* foi inspirado pelo sistema dos supermercados varejistas, já que eles têm várias características particulares que também são evidentes no sistema *Kanban*, uma delas é que ao invés de utilizar um sistema de reabastecimento estimado, o estabelecimento repõe somente o que foi vendido, reduzindo, dessa forma, os estoques.

O *Kanban*, segundo Narusawa e Shook (2016) é um dispositivo sinalizador que dá autorização e instrução para a produção ou retirada de itens em processos anteriores. “Retirada” significa a movimentação requerida pela operação fluxo abaixo (processos anteriores), ou seja, ao movimentar um cartão *Kanban* os processos anteriores são sinalizados para que reponham o produto “retirado”, ou consumido.

1.7 Objetivos do Estudo

Em resumo, o objetivo principal deste estudo é revisar e analisar ferramentas, métodos e práticas para aumentar a eficiência da gestão da mão de obra aplicada em obras residenciais multifamiliares, focando no balanceamento de atividades entre os operários e na redução dos desperdícios na rotina. Após a apresentação da revisão da literatura sobre o método *Lean* e sua relação com a construção civil, será detalhada a metodologia do estudo. Em seguida, será realizada uma análise de casos de sucessos e boas práticas replicáveis, passando pelas dificuldades existentes na implementação da filosofia *Lean* no dia a dia. Por fim, algumas recomendações serão consolidadas para a implementação eficaz em obras residenciais multifamiliares.

2 Metodologia

A metodologia para a elaboração do estudo foi uma revisão da literatura sobre o tema central do trabalho, ganho de eficiência na mão de obra na construção civil. Diferentes formatos de trabalhos foram coletados (artigos, teses, textos on-line, periódicos) a fim de gerar robustez nas análises e conclusões, uma vez que estudos individuais são de extrema valia para o aprofundamento em determinados cenários e conhecimentos, porém não permitem a consolidação e síntese dos conhecimentos.

Siddaway *et al.* (2018) apontam como nos dias atuais, trabalhos de revisão da literatura são ainda mais valiosos, pois, permitem a consolidação e síntese dos conhecimentos gerados pelos inúmeros trabalhos individuais que são publicados com velocidade e em quantidade cada vez maiores, através da difusão da Internet. Baumeister e Leary (1997) ressaltam também o benefício dos estudos de revisão bibliográfica por facilitarem o entendimento sobre possíveis falhas e necessidades de aprofundamento do tema, visto que une diferentes, e complementares, experimentos e opiniões de especialistas.

2.1 Critérios de Inclusão e Exclusão

De acordo com Dijkers (2009), uma revisão de literatura científica é por si só um método de pesquisa, onde os dados de estudo são os resultados de vários estudos, que direta ou indiretamente, tratam sobre o mesmo objeto de estudo, independentemente de cada estudo ter sido realizado seguindo diferentes metodologias, em diferentes países, em diferentes tempos e publicados em diferentes linguagens. Por isso, o autor resalta a importância de ter uma vasta coleção de estudos como base para a revisão da literatura, evitando vieses pré-determinados na interpretação e conclusão. No entanto, é irrealista esperar uma compilação extensiva de todos os estudos relevantes sobre um mesmo tema, já que os recursos e tempo necessários para tal seriam enormes e inviabilizariam a conclusão do estudo Levay *et al.* (2015).

Os trabalhos incluídos neste estudo foram selecionados a partir dos seguintes critérios:

Quadro 1: Inclusão e Exclusão de estudos

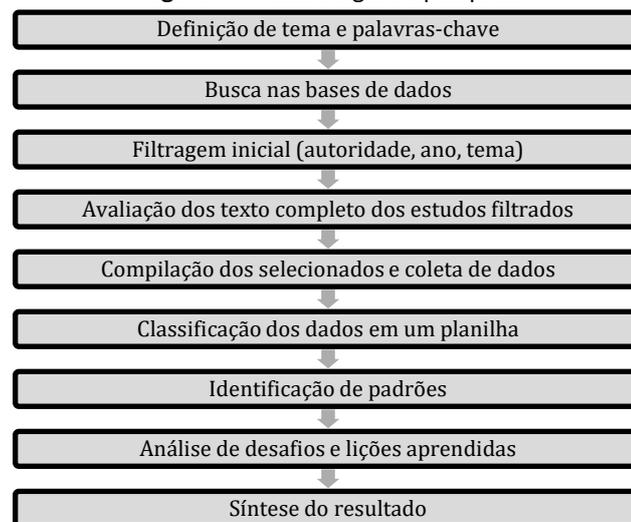
Critério	Inclusão	Exclusão
Tipo de publicação	Publicações revisadas por pares e Estudos de caso	Artigos de opinião; Relatórios técnicos e outros
Ano da publicação	2013-2024	Publicações anteriores a 2013
Relevância do tema	<i>Lean Construction</i> ; Balanceamento de atividades; Tempos e movimentos; Eficiência na mão de obra	Outros temas não relacionados

Fonte: O autor.

2.3 Estratégia de busca e análise dos dados

Para uma elaboração consistente de estudos de revisão da literatura, Fernández e Guillén (2021) apresentam fatores cruciais no desenvolvimento de trabalhos deste cunho, como a utilização de mais de uma fonte acadêmica para pesquisa; buscar extensivamente sobre o tema, particionando em questões menores que o componham; considerar também a utilização de sinônimos para os termos pesquisados. Em seguida, categorizar os trabalhos de acordo com a sua inclusão ou exclusão no cerne do estudo em questão e, por fim, inspecionar os resultados finais dos estudos escolhidos, bem como suas conclusões, para o entendimento da sinergia com o presente estudo.

Figura 1: Metodologia de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor.

As fontes de pesquisa incluíram o Google *Scholar*, repositório de sites de instituições internacionais como o *Lean Construction Institute (LCI)*, *Lean Construction Institute United Kingdom (LCI - UK)* e o *Institute for Lean Construction Excellence (ILCE – Índia)*, além de sites de organizações brasileiras referência que trabalham diretamente com o tema, como Deloitte e Climb Consulting Group. As palavras-chave utilizadas foram “*lean construction*”, “balanceamento de atividades”, “redução de desperdícios”, “eficiência da mão de obra”, “estudos de tempos e movimentos”, “construção civil” e “canteiro de obra”. As pesquisas foram realizadas combinando essas palavras-chave em inglês e português, com limite de data de publicação de 2013 a 2024. Os estudos compilados foram lidos e seus dados inseridos em uma planilha para análise, identificando quais atendem ao tema e contêm as palavra-chave

destacadas. Foram totalizados 33 trabalhos, sendo 7 publicações em plataformas digitais especializadas, 2 livros, 1 trecho de revista periódica, 1 tese de mestrado e 22 artigos científicos publicados e disponibilizados em sua íntegra na Internet.

Os experimentos e resultados foram analisados sob a ótica de semelhanças procedimentais, desafios e limitações relatados durante os trabalhos. Foram então destacadas as boas práticas e lições aprendidas, também os desafios e resultados gerados.

3 Análise e Síntese dos Resultados

A aplicação de conceitos e práticas do *Lean* na construção civil tem se mostrado eficaz em diversos estudos para melhorar a eficiência e produtividade das obras. Este trabalho visa analisar a utilização do balanceamento de atividades em diferentes etapas de uma construção multifamiliar e os ganhos obtidos com essas práticas. Serão abordados três momentos cruciais durante a construção de qualquer empreendimento, chamaremos esses momentos de etapas, são elas: Fundação & Infraestrutura, Supraestrutura (Alvenaria) e Acabamentos (revestimentos, instalações elétricas e hidráulicas).

A primeira etapa é caracterizada por agregar valor através da utilização de maquinários (operário “toma conta” do maquinário durante essa agregação, o que não agrega valor), também há constantes necessidades de pré-preparo de materiais e abastecimento das máquinas. Já a segunda etapa é caracterizada por agregar valor diretamente pela aplicação da mão de obra no produto, além de não demandar tantas atividades de pré-preparo. Quanto à última etapa, também é predominante a agregação de valor através do emprego de mão de obra diretamente no produto; porém, em diferenciação à segunda etapa, é comum necessitar de um pré-preparo mais complexo e duradouro dos subprodutos (kit de instalações, azulejos e cerâmicas dimensionados...) que serão aplicados ao produto final (empreendimento), apresentando recorrentes atividades que não agregam valor, mas são necessárias.

3.1 Etapa de Fundação & Infraestrutura

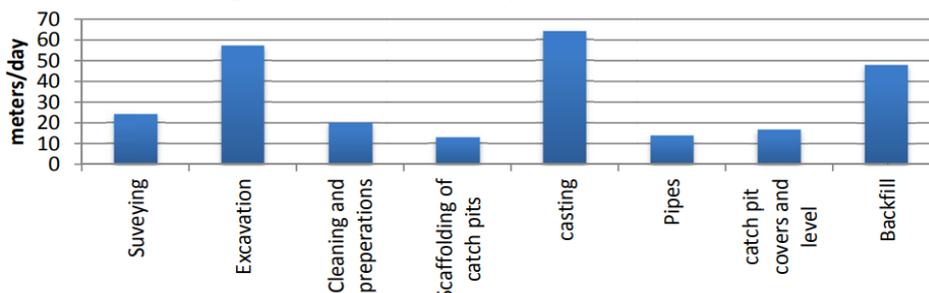
3.1.1 Divisão de Tarefas Inicial e Dificuldades Existentes:

O processo de fundação descrito por Mariz *et al.* (2013) envolvia, no estado atual, um total de 11 máquinas: 3 betoneiras, 3 pás-carregadeiras para concreto, 1 pá-carregadeira para agregados e 4 bate-estacas. Todas as máquinas eram alugadas, portanto, qualquer redução de tempo empregado do maquinário representaria uma economia imediata para o projeto. Quanto aos operadores, eram 7 os envolvidos (3 operadores de betoneira, 3 ajudantes e 1 operador de bate-estaca). As tarefas eram distribuídas de forma desigual, levando a frequentes períodos de ociosidade dos operadores enquanto aguardavam a conclusão das atividades manuais necessárias para abastecer as máquinas. Além disso, o layout do trabalho era desorganizado, o que causava desperdício de tempo com deslocamentos desnecessários e retrabalhos frequentes.

Já o projeto de reforma de infraestrutura (tubulação) urbana estudado por Yassine *et al.* (2014) possuía, no cenário atual, 8 etapas (topografia, escavação, limpeza e preparo do terreno, montagem de andaimes para poços de captura, instalação dos tubos, fundição, elevar e fechar a tampa do poço, enchimento) realizadas por 32 operários com previsão de conclusão em 105 dias. Dessas etapas a montagem dos andaimes e a instalação dos tubos eram as com

menor produção absoluta por dia, enquanto escavação, fundição e enchimento eram as mais produtivas (quase 6x mais produtivas que as anteriormente citadas) (ver Figura 2). Foi identificado ainda que a metodologia de planejamento da obra era “*as soon as possible*”, ou seja, “o mais breve possível”, ao invés de retardar o início de alguma atividade para ter um balanceamento melhor delas.

Figura 2: Cenário atual dos processos mapeados



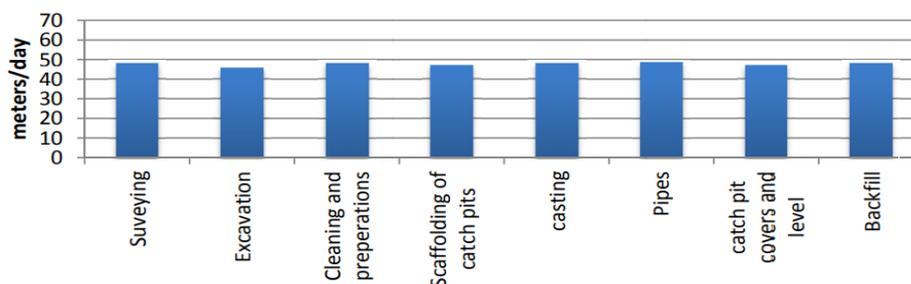
Fonte: Yassine *et al.* (2014).

3.1.2 Proposta de Melhoria e Conceitos Utilizados:

No estudo de Mariz *et al.* (2013), após uma análise profunda dos detalhes das tarefas realizadas, foram identificadas as atividades que agregavam valor e as que não agregavam, sendo necessárias ou não (desperdício). A proposta de melhoria passava pela implementação de uma nova distribuição das atividades entre os operários. Observado os ciclos de trabalho e destacando o tempo desperdiçado pelos operários ao esperarem suas máquinas trabalharem, foi possível remanejar algumas atividades entre eles. Dentre elas, principalmente as que não agregavam valor, mas eram necessárias (por exemplo, abastecer as máquinas com cimento e agregados).

Para dar suporte ao novo método de trabalho foi redefinido o layout do local de trabalho, organizando as áreas de forma a minimizar os deslocamentos e facilitar o acesso aos materiais e equipamentos. Implementou-se também um sistema de coordenação visual, como sinalização e quadros de controle, para garantir que todos os operadores estivessem cientes do progresso das tarefas e das suas próximas etapas.

Figura 3: Cenário melhorado dos processos mapeados



Fonte: Yassine *et al.* (2014).

Quanto ao estudo de Yassine *et al.* (2014), as ações vieram em um nível macro, não entrando no mérito da agregação de valor das atividades em detalhes que são realizadas, mas sim na capacidade produtiva de cada processo destacado. Com o objetivo de ter-se uma linha de produção mais eficiente e, conseqüentemente, reduzir o tempo total para a sua conclusão.

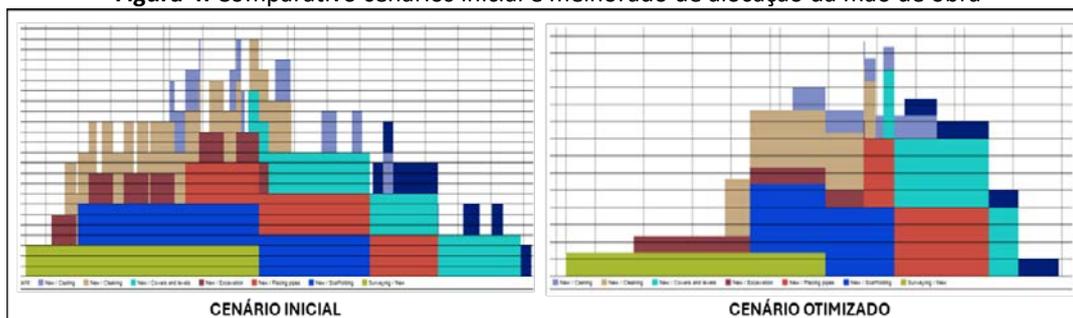
A solução proposta foi uma nova distribuição dos operários entre os processos estudados, a fim de permitir um melhor balanceamento entre eles, proporcionando uma produção contínua e sem grandes esperas entre o final de um processo e o início de outro. A capacidade produtiva dos processos com menor entrega por dia foi quase triplicada, enquanto a dos processos com alta produtividade foi reduzida cerca de 20%, através do remanejamento dos operários entre as equipes.

3.1.3 Ganhos Finais:

Mariz *et al.* (2013) apresentou, após a implementação das melhorias, que seria possível ter o mesmo desempenho com apenas 2 operários (1 na betoneira e 1 no bate-estaca), representando um ganho de 71% na produtividade da mão de obra. Além de 5 máquinas (2 betoneiras, 1 pá-carregadeira, 2 bate-estaca), apesar de que no estudo foi encontrado o fator de 1,05 betoneiras necessárias (foi sugerido pelos autores que poderia ser feito um trabalho de otimização específico na utilização das betoneiras para que não fosse necessário ter 2 exemplares em obra, ou então, manter 2 unidades e ter uma flexibilidade maior na sua utilização), representando uma redução de mais de 50% no custo de maquinário mobilizado.

Já Yassine *et al.* (2014) ressaltou como uma sequência de processos, quando balanceada, ou nivelada, entrega benefícios para todas as áreas da empresa. Como exemplo, gerou uma menor quantidade de contratações e demissões ao longo da obra (conforme comparativo Antes x Depois, ver Figura 4), visto ter um planejamento de necessidade de mão de obra constante com o passar dos meses, sem picos ou vales em momentos pontuais, mas sim com uma constância de demanda de mão de obra. Além disso, foi possível reduzir o tempo de 105 dias para conclusão da obra para 54 dias, aproximadamente 50% de redução no prazo, o que consequentemente impacta na redução de custo da obra, visto a menor duração na mobilização da mão de obra e dos equipamentos, além de possíveis multas por extrapolação ao prazo pré-acordado.

Figura 4: Comparativo cenários inicial e melhorado de alocação da mão de obra



Fonte: Adaptado de Yassine *et al.* (2014).

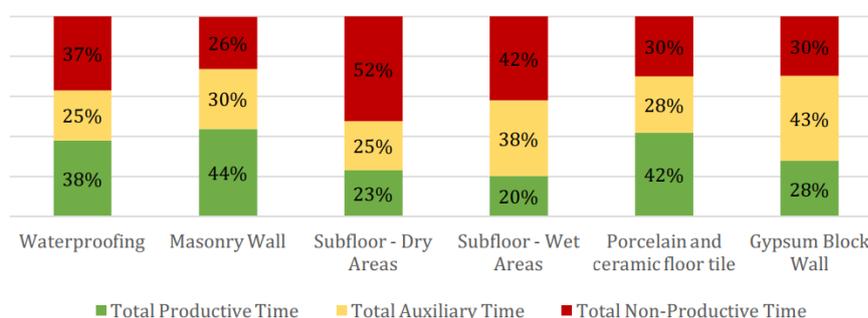
3.2. Etapa de Supraestrutura (Alvenaria)

3.2.1 Divisão de Tarefas Inicial e Dificuldades Existentes:

Na etapa de alvenaria, a maior parte das atividades envolvia trabalho manual intensivo, como a colocação de tijolos e o preparo de argamassa. Estudos como o de Saggin *et al.* (2017) destacam que, frequentemente, a falta de planejamento adequado resultava em sobrecarga de trabalho para alguns operários enquanto outros ficavam ociosos, além de

problemas com a qualidade da argamassa e a precisão da colocação dos tijolos. Neste estudo, foram analisadas em 3 canteiros diferentes as seguintes 6 atividades: Impermeabilização, Parede de alvenaria, Concretagem de piso em áreas secas, Concretagem de piso em áreas molhadas, Piso de porcelanato e cerâmico, Parede de blocos de gesso. As equipes estudadas apresentavam formações diferentes, porém de maneira geral, cada uma era composta por dois profissionais (pedreiro ou carpinteiro) e um ajudante. No estudo analisado não foi aprofundado o mapeamento nas atividades dos ajudantes, focando exclusivamente nos profissionais. Também, foi apontado pelos autores que algumas das atividades analisadas tinham seu tempo de execução restrito por questões técnicas, como a cura do concreto, tornando, portanto, necessário ações específicas de melhoria para cada atividade.

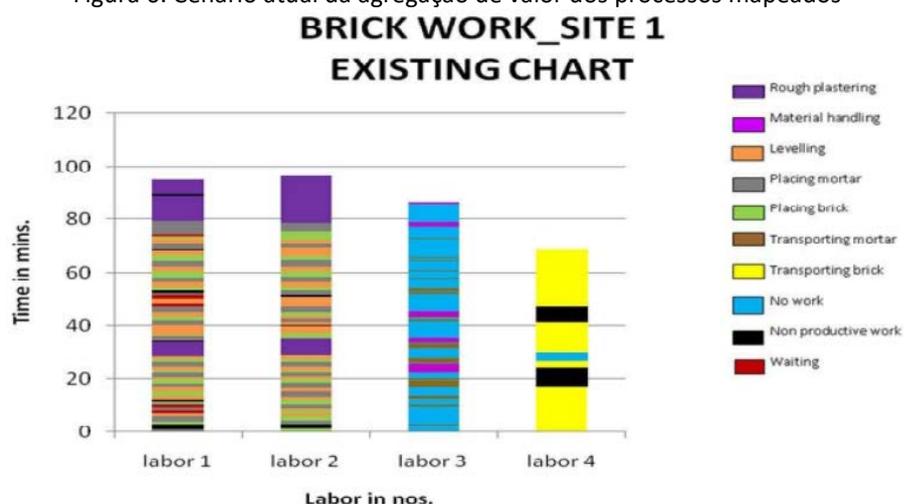
Figura 5: Distribuição do tempo de agregação de valor dos processos mapeados
Time Distribution



Fonte: Saggin *et al.* (2017).

O estudo de Hemalatha e Priyanth (2018) abordou exclusivamente a produção de alvenaria tradicional com tijolo cerâmico. Inicialmente a equipe de alvenaria era composta por 2 pedreiros e 2 ajudantes, sendo um desses pedreiros mais qualificado que o outro, um ajudante exclusivo para transporte de tijolos e o outro para transporte de argamassa e todos os demais itens necessários.

Figura 6: Cenário atual da agregação de valor dos processos mapeados



Fonte: Hemalatha & Priyanth (2018).

Foi identificado ainda que o pedreiro menos qualificado despendia mais tempo em atividades que não agregavam valor, mas eram necessárias, como o alinhamento e nivelamento dos blocos cerâmicos, atividade esta que era pouco expressiva na rotina do pedreiro mais qualificado. Além disso, foi identificado que a idade mais avançada do pedreiro menos qualificado poderia colaborar para sua menor produtividade. Também, foi identificado que não havia elevador cremalheira ou outro equipamento para transporte dos materiais entre os pavimentos, sendo todos materiais transportados manualmente. O gráfico de balanceamento elaborado pelos autores está disposto abaixo.

3.2.2 Proposta de Melhoria e Conceitos Utilizados:

A proposta de melhoria apresentada por Saggin *et al.* (2017) envolveu a implementação de estudos de tempos e movimentos para identificar e eliminar atividades não produtivas, e a padronização do trabalho utilizando gráficos de balanceamento de atividades *Yamazumi*. Após o mapeamento e de posse da duração das atividades e sua classificação, quanto à agregação de valor, algumas das melhorias propostas foram, por exemplo, redefinir o trajeto logístico da entrega de argamassa e a utilização de cartões *Kanban* para sua solicitação a cada turno. Já nas atividades relativas aos pisos de porcelanato e cerâmico, foi identificado que muitas das interrupções no trabalho ocorrem devido a espera por argamassa ou à necessidade de “buscar” o material e levar até o posto de trabalho. Portanto, foram analisados os estoques de matéria-prima de cada atividade, identificando se estão obstruindo alguma área de passagem, perturbando a execução normal das atividades e se estão disponíveis no volume correto e local adequado para as necessidades das.

Na atividade de impermeabilização foi proposta a criação de uma caixa de ferramenta para o operário carregar consigo todas as ferramentas necessárias para a conclusão da atividade em sua plenitude, reduzindo deslocamentos. Além disso, foi proposta a criação de dois modelos de banco para melhorar a postura do operário em algumas das atividades, consequentemente, aumentando sua produtividade. Já a melhoria proposta nas atividades relativas às paredes de bloco de gesso foi a substituição do equipamento utilizado (serra simples por serra circular).

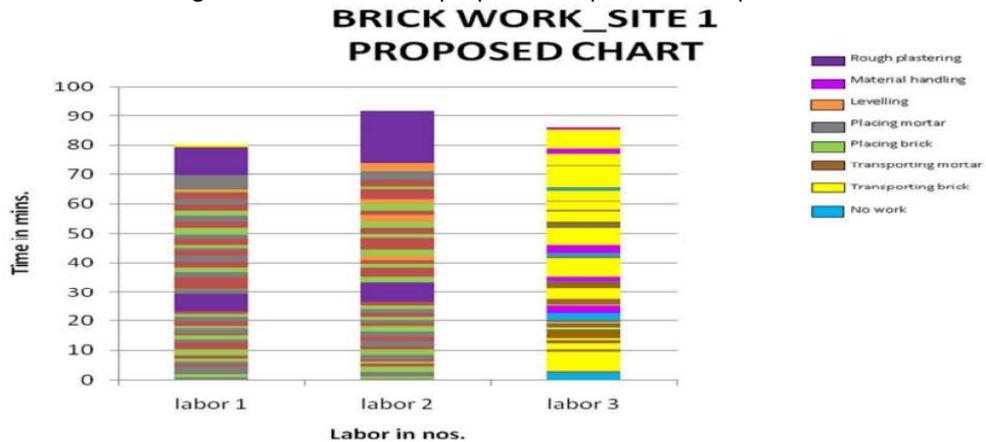
Quanto as atividades de concretagem de piso (área seca e molhada) e parede de alvenaria, foi observado pelos autores que houve, em um primeiro momento, uma piora na produtividade, visto a dificuldade na utilização eficaz dos cartões *Kanban* na solicitação de argamassa, resultado em frequentes e longos tempos de espera. Então, foi realizado um novo treinamento com os operários sobre *Kanban*, também foi redefinido o trajeto da distribuição de argamassa no canteiro e replanejada a utilização do elevador cremalheira para a entrega do material nos pavimentos desejados.

Por fim, todas as atividades, após aprimoradas, foram incluídas em cartões de rotina para auxiliar as próprias equipes a saberem suas atividades diárias e ritmos de produção que devem atender, alinhando com as solicitações de argamassa por cartões *Kanban*.

No caso das melhorias propostas pelos autores Hemalatha e Priyanth (2018), houve a eliminação dos tempos inicialmente classificados ociosos, esperas e não produtivos. Também foi sugerido que, caso necessário, poderia haver a troca do pedreiro menos qualificado por um mais novo e mais qualificado. Quanto aos ajudantes, foi proposta a necessidade de apenas um deles, que seria responsável pelo transporte e manuseio de todos os materiais (argamassa, tijolos etc.). E para dar suporte a ele, deve ser planejado no dia anterior, e se possível

executado, todas as movimentações de materiais. Ainda quanto ao planejamento no dia anterior, foi recomendado o pré-planejamento, por parte do gestor da obra, de todas as atividades que serão realizadas no dia seguinte, planejando a alocação de mão de obra e materiais que serão necessários. Além disso, foi proposto a utilização de elevador cremalheira para agilizar a movimentação vertical dos materiais.

Figura 7: Cenário futuro proposto dos processos mapeados

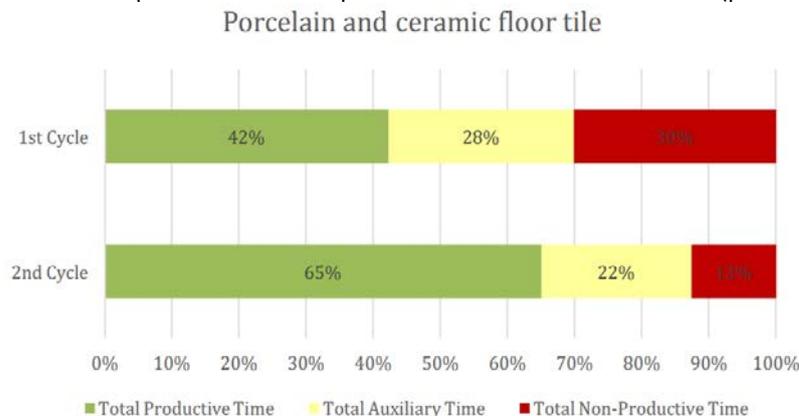


Fonte: Hemalatha e Priyanth (2018).

3.2.3 Ganhos Finais:

Após as melhorias, a produtividade dos operários aumentou significativamente. A aplicação das ferramentas de análise resultou em uma redução dos principais desperdícios segundo a ótica do *Lean*, como deslocamento, retrabalho, estoques e desperdício de material (refugo). Nas atividades de piso de porcelanato e cerâmico houve a redução do tempo que não agrega valor, mas é necessário, de 30% para 13%, enquanto o tempo de agregação de valor aumentou de 42 para 65%. Já nas atividades de parede de alvenaria e concretagem de piso (área seca e molhada) houve um ganho de 25% de produtividade e uma redução em 10% do tempo que não agregava valor (principalmente através das esperas de argamassa). Além de 25% de redução do tempo desperdiçado nas atividades de parede de bloco de gesso e 15% de aumento na produtividade dela.

Figura 8: Ganho de produtividade nos processos de acabamento de obra (pavimentação)



Fonte: Saggin et al. (2017).

Em conclusão, houve um aumento de 15 a 20% de produtividade em todas as atividades, como explicado por Saggin *et al.* (2017), que a criação de uma sequência de trabalho bem definida, utilizando os cartões Kanban e de rotina, reduz a variabilidade no trabalho e a mão de obra ociosa.

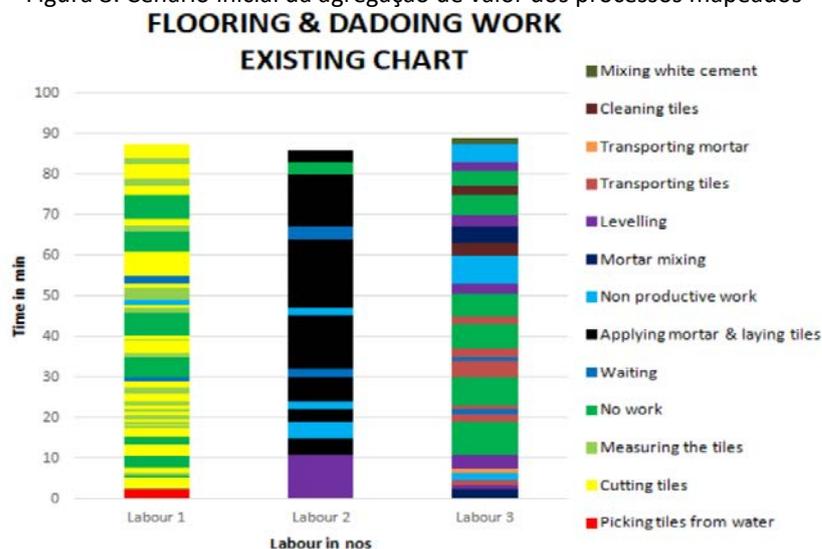
No segundo estudo, dos autores Hemalatha e Priyanth (2018), houve um ganho de cerca de 30% de produtividade na mão de obra, através de uma nova divisão de tarefas e o planejamento das atividades e disponibilização dos materiais necessários com antecedência ao dia da execução.

3.3 Etapa de Acabamentos (revestimentos, instalações elétricas e hidráulicas)

3.3.1 Divisão de Tarefas Inicial e Dificuldades Existentes:

Na etapa de acabamento e instalações, os autores Kumar e Farid (2021) apresentaram como as tarefas eram frequentemente interrompidas devido à falta de materiais ou ferramentas e problemas de coordenação das tarefas, gerando inúmeros momentos não produtivo dos funcionários. O processo estudado pelos autores era de instalação de pisos cerâmicos e a distribuição inicial de tarefas entre os 3 operários era de tal forma que apenas o operário 2 era especializado (pedreiro) e tinha muitos momentos na sua rotina de trabalho não produtivo e de espera pelos materiais que eram preparados pelos outros dois operários (ajudantes). O operário 1 ficava prioritariamente com tarefas de transporte, medição e corte dos pisos, já o operário 3 ficava com as atividades de transporte de pisos e argamassa, limpeza dos pisos e nivelamento da superfície para aplicação deles.

Figura 8: Cenário inicial da agregação de valor dos processos mapeados



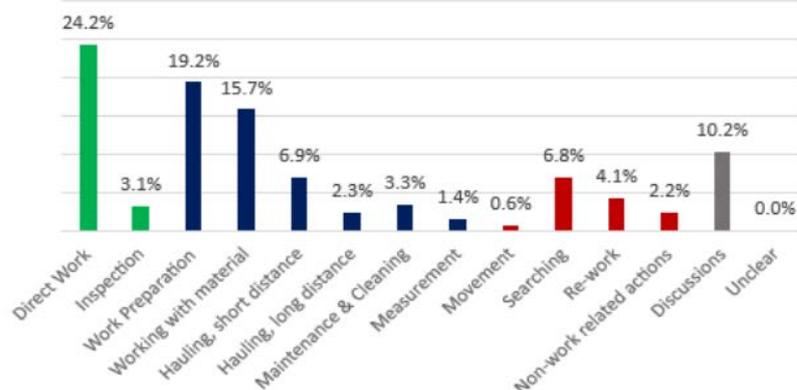
Fonte: Kumar e Farid (2021).

Quanto às atividades de instalações, no estudo de Görsch *et al.* (2022), foram acompanhadas atividades relativas a tarefas de encanamento, instalação de tubos de cobre para água fria e quente. Nesse processo, foram acompanhadas 14 tarefas diferentes, todas executadas por um mesmo operário, que foram posteriormente classificadas em 1) Agrega valor, 2) Não agrega valor, mas é necessário e 3) Desperdícios. Ficando da seguinte forma: Trabalho Direto (inclui dobrar, cortar, furar, aparafusar, nivelar e soldar) – Agrega valor; Inspeção – Agrega valor; Preparação do trabalho – Não agrega valor, mas é necessário; Pré-

preparo/Manuseio do material - Não agrega valor, mas é necessário; Mensuração - Não agrega valor, mas é necessário; Manutenção e Limpeza - Não agrega valor, mas é necessário; Transporte de material por menos de 30m - Não agrega valor, mas é necessário; Transporte de material por mais de 30m - Não agrega valor, mas é necessário; Procura - Desperdício; Deslocamento – Desperdício; Retrabalho – Desperdício; Discussões – Desperdício; Ociosidade – Desperdício; Outros não identificados – Desperdício. Após o acompanhamento e classificação das atividades realizadas foi gerado o gráfico abaixo.

Resumindo os resultados levantados, houve 27,3% do tempo classificado como “Agregação de Valor”, 48,8% como “Não agrega valor, mas é necessário” e 10,2% como “Desperdício”. Os autores Görsch *et al.* (2022) também identificaram um padrão de comportamento de realizar no posto de trabalho muitas atividades que não agregam valor, mas são necessárias como Preparação do Trabalho (19,2%) e Pré-preparo/Manuseio do material (15,7%), evidenciando que há a necessidade de expressivas preparações de materiais e equipamentos antes de realizar as atividades que agregam valor.

Figura 9: Cenário inicial da proporção quanto a agregação de valor entre os processos mapeados

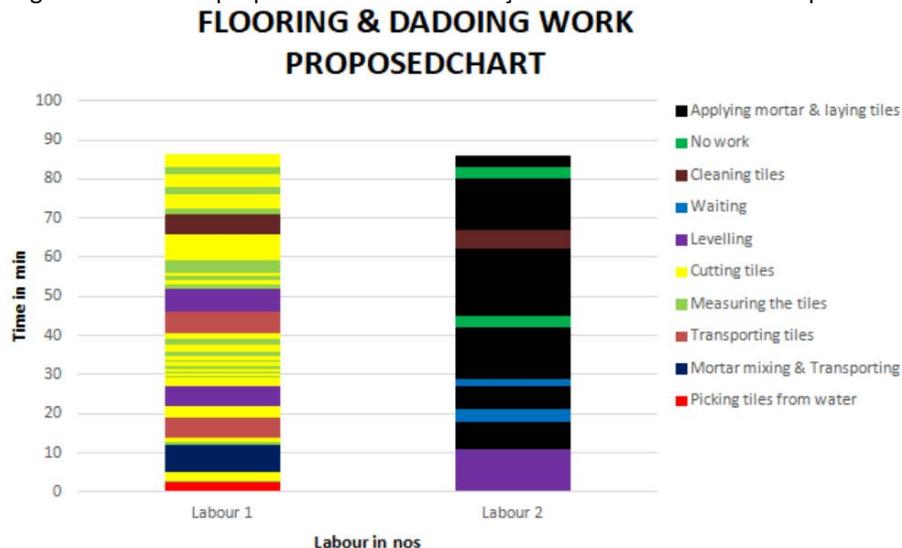


Fonte: Görsch et al. (2022).

3.3.2 Proposta de Melhoria e Conceitos Utilizados:

A melhoria proposta incluiu a aplicação de análises quantitativas de fluxo de trabalho para identificar e mitigar interrupções, conforme descrito por Kumar e Farid (2021). Esta técnica envolve a coleta e análise de dados sobre o fluxo de trabalho para identificar pontos de interrupção e desperdícios. Os autores utilizaram ferramentas como o diagrama de *Yamazumi* para visualizar a agregação de valor gerada por cada operário, identificando desperdícios e atividades que não agregavam valor, mas eram necessárias. Então, removeram tarefas classificadas como não produtivas, tempos de espera e tempos de ociosidade para então redividir as atividades do operário 3 entre os operários 1 e 2, mantendo as atividades de agregação de valor concentradas no operário 2 que é o mais especializado.

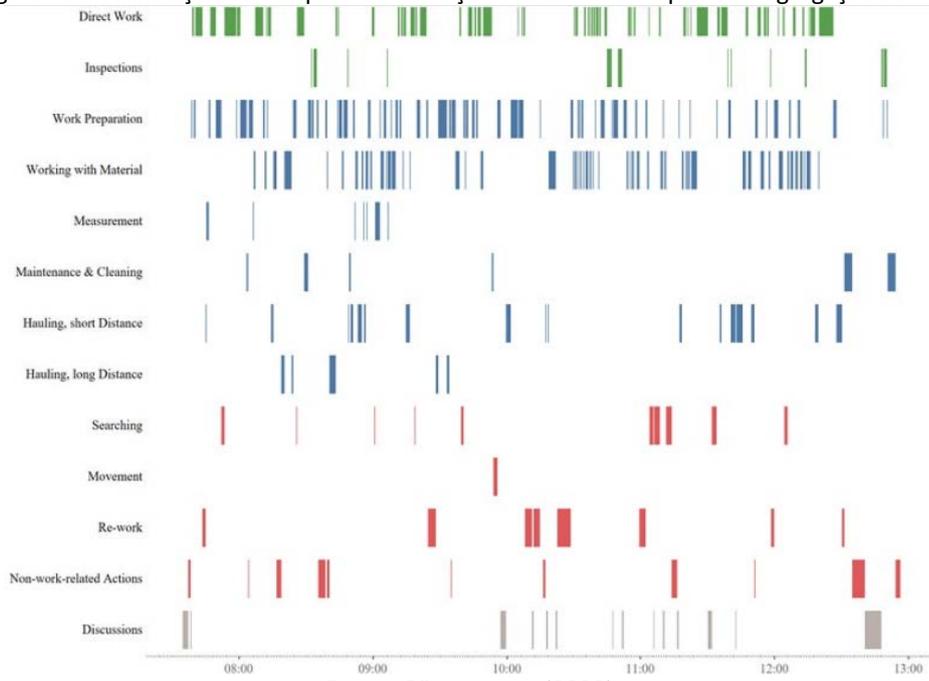
Figura 10: Cenário proposto da nova distribuição de atividades entre os operários



Fonte: Kumar e Farid (2021).

Com o mapeamento das atividades do operário de instalações hidráulicas realizado por Görsch *et al.* (2022) foi analisada a sequência com que as atividades eram realizadas ao longo do dia, gerando o gráfico abaixo.

Figura 11: Distribuição no tempo e classificação das atividades quanto a agregação de valor



Fonte: Görsch et al. (2022).

Através dela, os autores Görsch *et al.* (2022) puderam identificar que os maiores causadores de interrupções não planejadas no Trabalho direto (Agregação de Valor) eram justamente as atividades que “Não agregavam valor, mas eram necessárias” (Preparação do Material interrompeu 27 vezes e Pré-preparo/Manuseio de Material interrompeu 23 vezes. “Essas atividades de apoio eram gerenciadas pelo próprio trabalhador e os componentes

críticos tinham de ser personalizados no local, causando interrupções frequentes no fluxo de trabalho” (GORSCH *ET AL.*, 2022). Dessa forma, foi apontado que seria possível aumentar a produtividade do operário, através da divisão de suas atividades com um ajudante, deixando para este as atividades de preparação, permitindo ao instalador (profissional especializado) ocupar seu tempo com atividades de agregação de valor direta. Além disso, também seria necessária uma reorganização dos locais onde são estocados materiais e equipamentos ao longo do canteiro, para permitir menor deslocamento de todos os operários.

3.3.3 Ganhos Finais:

Com a nova distribuição e organização das tarefas proposta pelos autores Kumar e Farid (2021), foi possível ter ganhos de produtividade próximos a 33%, permitindo uma redução no custo da etapa e mantendo o atendimento ao prazo acordado. Ainda, foi apontado que para dar sustentabilidade ao novo método de trabalho, se faz necessário, pela gerência da obra, que organize com pelo menos um dia de antecedência os materiais e mão de obra que serão necessários, disponibilizando-os (os materiais) nos postos necessários antes do operário iniciar suas tarefas.

Após a conclusão do estudo e a proposição das melhorias, era esperado uma redução significativa nas interrupções de trabalho e na necessidade de retrabalhos, de acordo com Görsch *et al.* (2022). Relataram também que era esperado uma melhoria na eficiência do fluxo de trabalho e uma maior qualidade no trabalho final. A análise mostrou que a especialização do operário permite aumento na produtividade e o balanceamento de suas atividades com as de seu futuro ajudante permite um fluxo de trabalho mais contínuo e eficiente, resultando em uma conclusão mais rápida das instalações e uma redução das falhas.

4 Considerações Finais

Este estudo destacou a eficácia das ferramentas *Lean* quando aplicadas em canteiros de obra da construção civil, particularmente nas obras residenciais multifamiliares. Através de métodos como o balanceamento de atividades, diagrama *Yamazumi*, estudos de tempos e movimentos e sistema de cartões *Kanban*, foi possível observar melhorias significativas em termos de prazo, custo e qualidade, mesmo em diferentes contextos sociais, geográficos, empresariais e de serviço.

Essas ferramentas e metodologias proporcionam uma visão mais abrangente dos processos, indo além das metodologias tradicionais, considerando todas as atividades, incluindo as de suporte e preparação, como partes cruciais para a eficiência total da produção. Ao focar na agregação de valor em todas as etapas, permitem uma melhor alocação do tempo, habilidade e capacidade dos operários e máquinas, otimizando não apenas os recursos da empresa, mas também aumentando a satisfação dos trabalhadores. Como evidenciado pelos estudos, todos os casos tiveram ganhos substanciais de mais de 15% em produtividade. O principal benefício foi a redução na rotina dos operários das atividades que não agregam valor, mas são necessárias, e das atividades classificadas como desperdício, aumentando a produtividade, melhorando a qualidade do produto final, a segurança e, por fim, a rentabilidade do empreendimento para a companhia.

Sobre as etapas de obra, na Fundação e Infraestrutura, observou-se uma redução expressiva no uso de maquinário e mão de obra, através de uma melhoria na coordenação

das atividades, reduzindo os tempos de espera dos funcionários enquanto as máquinas operam. Na etapa de Supraestrutura (Alvenaria), a padronização dos processos e o planejamento e preparação antecipados resultaram em uma distribuição mais equilibrada das tarefas, reduzindo tempos ociosos e aumentando a produtividade. Já na etapa de Acabamentos, o ajuste nas atividades de preparação e a reorganização dos postos de materiais (estoque em processo) no canteiro permitiram uma execução mais fluida das tarefas, reduzindo as interrupções e aumentando a eficiência.

Para o sucesso dessas implementações, é impreterível um planejamento rigoroso e uma preparação antecipada cuidadosa da produção por parte dos gestores de obra. A implementação bem-sucedida dessas técnicas exige que as atividades sejam planejadas com antecedência, garantindo que os materiais e recursos estejam disponíveis no momento necessário. Sem esse planejamento de pré-produção, os benefícios das práticas *Lean* podem ser significativamente limitados.

A visão tradicional de canteiros de obra como uma sequência de trabalhos artesanais precisa ser substituída por uma abordagem mais industrializada, onde o trabalho é altamente padronizado e cíclico. Esse ajuste gradual na perspectiva permitirá a adoção mais ampla e eficaz das práticas *Lean*. Embora cada ferramenta possa ser implementada de forma isolada, gerando resultados expressivos, a mudança de mentalidade dos gestores de obra representa o principal desafio na escalabilidade da aplicação de ferramentas e métodos *Lean* no dia a dia dos canteiros de obra.

Como sugestão para trabalhos futuros, aprofundar nos tipos de atividades realizadas e em suas classificações padrão (transporte, espera, conferência, operação...) pode ajudar a modelar uma distribuição de atividades e formação de equipes próxima do ideal e facilmente replicável. Além disso, estudos longitudinais que acompanhem a implementação das práticas *Lean* ao longo do tempo podem avaliar os impactos de longo prazo na produtividade, qualidade e satisfação dos operários. Por fim, uma análise comparativa entre diferentes ferramentas e métodos *Lean*, explorando quais combinações de técnicas oferecem os melhores resultados em determinados cenários, e a integração de tecnologias emergentes como construção digital e BIM (*Building Information Modeling*, ou Modelagem da Informação da Construção) nas rotinas otimizadas pela ótica *Lean*, também podem fornecer insights valiosos para a melhoria contínua dos processos na construção civil.

Para encerrar, a citação de Abraham Lincoln ilustra bem a essência das práticas *Lean*: "Se eu tivesse oito horas para derrubar uma árvore, passaria as primeiras seis afiando o machado." Assim, ao "afiar o machado" dos processos e rotinas, podemos garantir que cada esforço seja eficaz e produtivo, resultando em uma construção mais eficiente e de alta qualidade.

Referências

BAUMEISTER, Roy F.; LEARY, Mark R. **Writing Narrative Literature Reviews**. Review of General Psychology, v. 1, n. 3, p. 311–320, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1037/1089-2680.1.3.311>.

DIJKERS, Marcel P. **The Value of "Traditional" Reviews in the Era of Systematic Reviewing**. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation, v. 88, n. 5, p. 423–430, 2009. DOI: [10.1097/PHM.0b013e31819c59c6](https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e31819c59c6).

FERNÁNDEZ, Yolvi O.; GUILLÉN, Doris F. **The bibliographical review as a research methodology**. Revista Tempos e Espaços em Educação, v. 14, n. 33, p. e15614, 2021. DOI: <https://doi.org/10.20952/revtee.v14i33.15614>.

GÖRSCH, Christopher *et al.* **Uncovering and Visualizing Work Process Interruptions through Quantitative Workflow Analysis**. Lean Construction Journal, p. 171-183, 2022. DOI: <https://doi.org/10.60164/c5e1b7g1a>.

HEMALATHA, R.; PRIYANTH, G. **Studies on improvement of labor productivity in construction sites using lean technique**. International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAEM), v. 7, n. 4, p. 76-81, 2018.

KOSAKA, Gilberto *et al.* **Implementing Standardized Work at ThyssenKrupp in Brazil**. Lean Institute Brasil. 2018.

KUMAR, Bharath B.; FARID, Sheik A. **Study on Improvement of Labor Productivity Using Crew Balance Chart**. International Journal of All Research Education and Scientific Methods (IJARESM), v. 9, n. 6, p. 3499-3504, 2021.

LEVAY, Paul *et al.* **Identifying evidence for public health guidance: a comparison of citation searching with Web of Science and Google Scholar**. Research Synthesis Methods, v. 7, n. 1, p. 34–45, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1002/jrsm.1158>.

MARIZ, Renato N.; PICCHI, Flávio A.; GRANJA, Ariovaldo D. **Application of Standardized Work in Franki Piles Concrete Work**. Production System Design. Lean Construction Intitute UK. 2013.

MARKO, Rafael. **Construção registra piora das condições financeiras**. Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON SP), São Paulo, 23 de abr. 2024. Disponível em: <<https://sindusconsp.com.br/construcao-registra-piora-das-condicoes-financeiras/>>. Acesso em: 21 de ago. de 2024.

NARUSAWA, Toshiko; SHOOK, John. **Kaizen Express: fundamentos para a sua jornada lean**. 3. ed. São Paulo, Sp: Lean Institute Brasil, 2016. 151 p. Prefácio original Jim Womack; Prefácio edição brasileira João Bayma; Tradução BTS Traduções; revisores técnicos José Roberto Ferro e Telma Rodriguez.

OBARA, S.; WILBURN, D. **Toyota by Toyota: Reflections from the inside leaders on the techniques that revolutionized the industry**. Boca Raton, Fl: Crc Press, 2012.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção de larga escala**. Porto Alegre, Editora Bookman, 1997.

PIEŃKOWSKI, Maciej. **Waste measurement techniques for Lean companies**. International Journal of Lean Thinking (IJLT), v.5, n. 1, 2014.

SAGGIN *et al.* **Standardized Work: Practical Examples in a Brazilian Construction Company**. Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 2017. DOI: <https://doi.org/10.24928/2017/0128>.

SHINGO, Shigeo. **Sistema Toyota de produção: do ponto de vista da engenharia de produção**. Porto Alegre, Editora Bookman, 1996.

SIDDAWAY, Andy P.; WOOD, Alex M.; HEDGES, Larry V. **How to Do a Systematic review: a Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses.** Annual Review of Psychology, v. 70, n. 1, p. 747–770, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102803>.

YASSINE *et al.* **Implementing Takt-Time Planning in construction to improve workflow.** Annual Conference of the International Group for Lean Construction, v. 22, p. 787-798, 2014. DOI: [10.13140/RG.2.1.4721.8726](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4721.8726).