

GESTÃO DO PROCESSO DE VEDAÇÃO VERTICAL SOB A ÓTICA DO LEAN CONSTRUCTION

Milton P. da Costa Junior*, João O. de V. Martins e Gabriel D. Guimarães

Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 29075910, ES, Brasil

Palavras-chave: Construção civil, Gestão da produção, Construção Enxuta, Transparência, Alvenaria em blocos cerâmicos.

Resumo. A gestão na construção civil historicamente apresenta inúmeras deficiências no seu processo produtivo. Uma solução para tais deficiências é a aplicação da filosofia de Construção Enxuta (CE), que estabelece que o real progresso de um processo produtivo somente pode ser alcançado com a contínua identificação e eliminação de atividades que não agregam valor. O objetivo desse trabalho é analisar, sob a perspectiva do pensamento enxuto, o processo de execução de vedações em alvenaria de blocos cerâmicos de uma unidade-caso, com foco nas etapas de recebimento, armazenamento e transporte de materiais. Para isso, foi realizado um estudo de caso em um edifício residencial, onde foram analisadas as etapas de recebimento, armazenamento e transporte de materiais pertencentes ao processo construtivo de alvenaria de blocos cerâmicos, bem como o nível de transparência existente nessas operações da unidade-caso. Concluiu-se que o baixo nível de transparência da unidade-caso promoveu um ambiente de trabalho com fluxo de informações escasso, ocasionando em um processo produtivo sem padronização, com alto nível de incertezas e com inúmeros desperdícios. Além disso, o modelo tradicional de condução da obra fez com que tais desperdícios não fossem levados em conta durante a gestão, tornando-os invisíveis dentro do processo produtivo.

Endereços de e-mail: milton.paulino@gmail.com, joao.vargasmartins@gmail.com, gabrieldepoli14@gmail.com.

MANAGEMENT OF THE VERTICAL SEALING PROCESS FROM THE LEAN CONSTRUCTION PERSPECTIVE

Keywords: Civil construction, Production management, Lean Construction, Transparency, Ceramic blocks masonry.

Abstract. Management in civil construction has historically had numerous shortcomings in its production process. A solution to such deficiencies is the application of the Lean Construction (LC) philosophy, which establishes that the real progress of a production process can only be achieved with the continuous identification and elimination of activities that do not add value. The objective of this work is to analyze, from the perspective of lean thinking, the process of executing seals in masonry of ceramic blocks of a case-unit, focusing on the stages of receiving, storing and transporting materials. For this, a case study was carried out in a residential building, where the stages of receiving, storing and transporting materials belonging to the construction process of masonry of ceramic blocks were analyzed, as well as the level of transparency existing in these processes of the case-unit. It was concluded that the low level of transparency of the case-unit promoted a work environment with a scarce flow of information, resulting in a production process without standardization, with a high level of uncertainties and with countless wastes. In addition, the traditional model of conducting the work meant that such waste was not taken into account during management, making it invisible within the production process.

1 INTRODUÇÃO

Após um período de constante crescimento, o mercado da construção civil no Brasil se deparou, a partir de 2014, com uma desaceleração, como pode ser observado na Figura 1. Observa-se que, no período de 2014 a 2018, o VABpb¹ da Construção Civil vem diminuindo, representando o contínuo decréscimo da participação do setor no PIB nacional.



Figura 1: VABpb da Construção Civil

Diante deste cenário de retrocesso econômico, é imperativo que as empresas, para manter sua competitividade, busquem a inovação de suas operações e a revisão de seus fluxos produtivos, visando sempre a contínua redução dos desperdícios de material e mão de obra [5].

A filosofia da Construção Enxuta, então, surge como um tema de grande relevância para o setor da construção civil na atualidade brasileira. Isso porque tal filosofia não somente visa o atendimento às necessidades do cliente com o mínimo de custo possível, tornando a empresa mais competitiva em um cenário de baixo crescimento econômico, como também instala no ambiente de trabalho uma cultura voltada ao melhoramento contínuo e à constante inovação [15].

Além disso, a disseminação da Produção Enxuta na indústria da construção possui também outra importante vantagem: a capacidade de transformar a visão de como deve ser realizado o processo de construir [18, 33].

McGraw-Hill [18], ao realizar uma pesquisa de opinião com empreiteiras sobre qual seria o nível de eficiência da indústria da construção nos Estados Unidos, relatou que 55 % dos entrevistados que não eram familiarizados com a Construção Enxuta, acreditam que a indústria da construção civil daquele país é eficiente ou altamente eficiente. Por um outro lado, foi relatado que 62 % das empreiteiras que são praticantes da Construção Enxuta, reconhecem que o setor da construção é ineficiente ou altamente ineficiente.

Isso, por sua vez, ressalta a capacidade da Construção Enxuta de tornar visíveis as deficiências e os gargalos existentes no setor [16]. Fato este de grande relevância, uma vez que somente após a ciência dos problemas de sua indústria e o descontentamento com o seu atual modelo de gestão, é que o setor da construção pode então caminhar para o aumento de seu desempenho [33].

Diante do exposto, o presente trabalho tem o objetivo de realizar uma análise das etapas de recebimento, armazenamento e transporte de materiais, referente a operação de execução de

¹ Segundo o CBIC [4], o VABpb (Valor Adicionado Bruto a preços básicos) corresponde à contribuição ao Produto Interno Bruto de uma determinada atividade econômica, sendo considerado uma boa medida do Produto Interno Bruto setorial.

vedações em alvenaria de blocos cerâmicos de uma unidade-caso, sob a perspectiva do pensamento enxuto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Liker [17], a produção enxuta é um modelo derivado do Sistema Toyota de Produção (STP). O STP, por sua vez, é um sistema desenvolvido na Toyota Motors, cujo objetivo primário é a redução de custos através da eliminação de todo elemento descrito como desnecessário à produção [19].

Em paralelo, agora no que tange a conceituação de produção enxuta, Womack e Jones [34] a definiram como um sistema constituído de cinco passos: definir o valor do cliente, definir qual o fluxo de valor, fazer o processo fluir, puxar a partir da demanda do cliente e esforçar-se sempre pela excelência.

Koskela [16], por sua vez, comenta que a produção enxuta envolve buscar a utilização do mínimo possível de equipamento e mão de obra, para se produzir produtos no mínimo tempo possível, sem que haja qualquer problema na qualidade destes. Outra definição, ainda mais resumida, é a de Tommelein [32], que diz que a produção enxuta é o sistema que busca o ideal de produzir exatamente o que o cliente quer, de forma rápida, sem deixar estoques.

Em meados dos anos 90, muito devido aos trabalhos de Ballard, Koskela, Howell e Tommelein, pesquisadores e organizações, partindo da própria experiência da indústria manufatureira com o Sistema Toyota de Produção, perceberam que a construção civil poderia obter muito mais sucesso no aumento de seu desempenho se, ao invés de focar na melhoria tecnológica dos processos de conversão², focasse na identificação e eliminação de atividades que não agregam valor [12].

Construção Enxuta (CE), portanto, tem como foco a eliminação do desperdício, o controle total da qualidade e da quantidade produzida, o melhoramento contínuo, o envolvimento do funcionário, a gestão visual, dentre outros – para a realidade da construção civil [33].

A Construção Enxuta defende que muitos dos problemas inerentes à construção civil, como o alto nível de incertezas, o grande foco em projetos individuais, os constantes conflitos entre as equipes de trabalhos – que são, em geral, especializadas e temporárias, o insuficiente controle e perspectiva dos processos e operações dentro do campo, dentre outros, podem ser eliminados ou ao menos atenuados, caso os princípios do pensamento enxuto sejam aplicados dentro do setor [30].

Neste aspecto, a Construção Enxuta vem focando, basicamente, nos seguintes princípios [30]: eliminação dos desperdícios do processo; gestão eficaz do fluxo de valor; manutenção de um fluxo contínuo e confiável dos produtos e processos; planejamento e controle de projeto baseado no sistema puxado; entrega *just-in-time* de materiais; e instigar a cultura de melhoramento contínuo.

Um passo chave para o início da implementação do pensamento enxuto em uma empresa, é o conceito da transparência [29]. Galsworth [8], inclusive, defende que a implementação do conceito de transparência no ambiente de trabalho é mais fácil e efetiva quando realizada antes da implementação do pensamento enxuto como um todo.

Isso porque, como Galsworth [8] explica, quando o conceito de transparência é implementado primeiro na empresa, suas técnicas e ferramentas transformam e preparam a cultura de trabalho existente, possibilitando uma abertura mais harmoniosa para a grande mudança de paradigma esperada quando da implementação da filosofia enxuta.

² Pela ótica do modelo de conversão, ou método de transformação, um processo de produção é um sistema que cria produtos e/ou serviços através da transformação de entradas em saídas [27].

Formoso *et al.* [6] define transparência como a capacidade de um processo de se comunicar com as pessoas nele envolvida. Segundo Koskela [15], tal pode ser alcançado tornando o fluxo da operação visível e compreensível para todos, do início ao fim, através de meios organizacionais, meios físicos, indicadores de medida e exibição pública da informação.

Diferentemente dos métodos tradicionais de transmissão de informação, uma das distintas características da transparência é que ela tem por propósito fornecer informações à um grupo de pessoas e não somente a um indivíduo [6].

Portanto, conforme elucidado por Santos [23], uma das maneiras de se reconhecer a excelência da transparência em uma organização ocorre quando todos os colaboradores do processo, até mesmo aqueles com conhecimento técnico relativamente baixo, conseguem entender todas as operações sem haver a necessidade de perguntar sobre o mesmo.

Como benefício do aumento da transparência em uma organização, pode-se citar que, caso implantada com sucesso, a transparência permite que a maioria dos problemas e desperdícios que existem dentro dos processos possam ser facilmente reconhecidos, o que fornece a possibilidade de correção destes [15]. Em resumo, a ideia principal da transparência é promover o controle do processo ao tornar automática a sua explicação, ordenação, regulação e aperfeiçoamento para todos os envolvidos [28].

Portanto, tem-se que a transparência é um dos pilares para implementação do pensamento enxuto, ao passo que, sem ela, não é possível identificar facilmente os desperdícios dentro das operações [15, 28].

Ressalta-se que, conforme elucidado por Formoso *et al.* [6], a construção civil possui diversas peculiaridades que tornam difícil, se comparada às outras indústrias, a implantação da transparência em seu ambiente de trabalho. Tais são:

- Ambientes de produção onde há constante mudanças físicas do canteiro de obras;
- Grande quantidade de equipes se movendo continuamente, muitas vezes permanecendo em um local por um curto período de tempo;
- Constante criação de barreiras visuais não removíveis, que são incorporadas conforme a construção avança; e
- Canteiros de obra relativamente grandes, onde as diferentes equipes estão espalhadas.

Tais barreiras explicam, em parte, o baixo nível de transparência das operações na construção civil. Isto, por conseguinte, diminui o controle do processo, ocasionando situações recorrentes em que os colaboradores perdem tempo procurando ou esperando por materiais, equipamentos ou informações [28].

Com o aumento da transparência nas operações é possível que os erros no processo de produção sejam mais facilmente identificados, ao mesmo tempo que aumenta a disponibilidade de informações, necessárias para a execução das tarefas, facilitando o trabalho. Através desse princípio pode-se também aumentar o envolvimento da mão de obra no desenvolvimento de melhorias [13].

Koskela [15] sugere uma série de abordagens para que a transparência de um processo seja implementada: reduzir a interdependência entre unidades de produção; utilizar dispositivos visuais para tornar possível o imediato reconhecimento do status das operações; tornar o processo diretamente observável através de layout e sinalizações apropriadas; incorporar informações das operações dentro de ambientes de trabalho; manter um ambiente de trabalho limpo e ordenado; e transformar atributos invisíveis em medições visíveis através de indicadores de desempenho.

Com isso, o aumento da transparência se torna um importante fator para o desenvolvimento da construção civil, uma vez que, ao provocar a melhoria no fluxo de informações e no controle das operações, também mitiga as incertezas que tanto prejudicam a coordenação do campo, bem como reduzem os desperdícios existentes dentro do processo produtivo [8, 11, 15, 28].

Por outro lado, dentro dos processos produtivos existentes na construção, é na execução da vedação vertical que são observados os maiores índices de desperdícios, tanto de materiais como de mão de obra [7]. Isso pois, devido ao grande número de interfaces que as vedações verticais possuem com outros subsistemas, é frequente o número de interferências entre serviços que, quando mal geridas e planejadas, vêm a culminar em retrabalhos, superproduções, esperas e outros desperdícios [7, 20, 31].

Nesse contexto, o aumento da transparência na execução de vedações verticais, bem como a adoção da filosofia enxuta em seu fluxo produtivo, surge como alternativa para o aumento do desempenho da construção civil, ao promover melhorias como: o aumento no nível de engajamento dos funcionários; o aumento no controle e nivelamento da produção; o aumento do trabalho em equipe; e a promoção de uma cultura de melhoramento contínuo [2].

3 METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de um estudo de caso, que é uma modalidade de pesquisa que foca em estudar um ou pouco objetos, de maneira profunda, até que se permita um conhecimento amplo sobre a unidade-caso, para que seja possível se obter uma visão global do problema estudado, dos fatores que o influenciam e que por ele são influenciados [9].

Deste modo, com o intuito de minimizar os vieses da pesquisa, o presente trabalho seguiu as diretrizes apontadas por Gil [9] e Yin [37] para a sua realização. As etapas para a elaboração do estudo de caso foram: revisão bibliográfica, formulação do problema, definição da abordagem, delimitação da unidade-caso, operações de coleta de dados, processo de análise dos dados e apresentação da proposta à empresa.

Posto que a finalidade da investigação é de explicar e descrever diversos fenômenos, a fim de se entender a unidade-caso como um todo, optou-se por seguir a recomendação de Godoy [10] e proceder a investigação deste trabalho como uma análise predominantemente qualitativa.

Diz-se predominantemente qualitativa pois, apesar da abordagem pretendida majoritariamente envolver características da análise qualitativa, também envolveu alguns aspectos da análise quantitativa, como medições de eventos pontuais, enumeração de fenômenos e utilização de instrumentos estatísticos na análise dos dados [10].

Outro importante ponto é quanto aos critérios de escolha para a seleção da unidade-caso. Com a intenção de tornar o elemento de análise reconhecível para a realidade das empresas construtoras da região, opta-se pela seleção de uma unidade-caso que tenha como critérios de delimitação, os seguintes aspectos: empresa de pequeno porte³; empresa com experiência de mercado de ao menos cinco anos; empresa com interesse em participar da pesquisa; empreendimento ser um edifício residencial ou comercial; empreendimento possuir pavimentos tipo; empreendimento estar realizando a etapa de execução de alvenaria; empreendimento utilizar alvenaria de blocos cerâmicos.

Conforme indicado por Gil [9], é fundamental que a etapa de coleta de dados se dê de forma correta, evitando que os dados se subordinem à vieses, para que seja garantida a qualidade dos resultados obtidos no estudo de caso.

Para isso, é importante a necessidade de várias fontes de evidências, de maneira que os dados fornecidos por elas converjam ao mesmo conjunto de fatos ou descobertas. Além disso, é primordial que haja ligações explícitas entre as questões feitas, os dados coletados e as conclusões realizadas [25].

Nesse contexto, foi dado o início da coleta de evidências por meio dos questionários,

³ Segundo o SEBRAE [25], uma empresa de pequeno porte no setor da indústria possui até 99 pessoas ocupadas.

observação direta, documentos e registros.

O questionário foi realizado apenas com o engenheiro responsável pela obra, dada a necessidade de somente um indivíduo para a coleta das informações. Tal funcionário foi escolhido devido ao extenso uso de termos técnicos do questionário. No término, foi obtido uma nota relacionada ao nível de aplicação de cada item do questionário, podendo variar entre zero (não aplicado), um (parcialmente aplicada) e, dois (totalmente aplicado).

A análise dos documentos e registros em arquivo tinham como principal função prover informações complementares que facilitaram a compreensão do problema investigado.

Além disso, serviu como fonte complementar de informações, que foram comparadas com outras fontes, como por exemplo a observação direta. Ressalta-se que a pesquisa documental realizada buscou somente informações que fossem fidedignas, válidas e relevantes à pesquisa, sendo descartado qualquer dado que não possua tais qualidades.

Destaca-se que a análise dos documentos e registros em arquivo, em conjunto com as observações diretas, foram a principal fonte de dados para identificação dos problemas e falhas de desempenho que ocorreram durante a etapa executiva.

Portanto, tratou-se de uma etapa de especial importância na análise, uma vez que ao ser um meio direto para a identificação das falhas no processo, tornou-se também um guia direto para a proposta de mecanismos de transparência.

A coleta de dados por observação direta teve como objetivo colocar os pesquisadores dentro do contexto estudado, promovendo compreensão sobre a complexidade das operações, seu dinamismo e contexto.

Conforme já comentado, o presente estudo de caso teve como convicção que um fenômeno pode ser melhor observado e compreendido no contexto em que ocorre. Portanto, a observação direta foi um importante modo de coleta de dados, no qual foi analisado:

- as operações de recebimento e armazenamento dos materiais no canteiro de obras;
- as metodologias utilizadas para o transporte dos materiais dentro do canteiro;
- as ferramentas e mecanismos adotados que promovem a transparência; e
- eventuais oportunidades de melhoria dentro dos processos acima.

Nota-se que a observação direta contemplou todos os pontos principais da abordagem da pesquisa, sendo uma importante fonte de comparação para os dados obtidos nas outras etapas de coleta de dados.

Ressalta-se que a observação direta foi realizada de maneira informal e dirigida, com a pretensão única de observar objetos, comportamentos e fatos de interesse para o problema em estudo. Além disso, teve também como objetivo obter vieses que não foram perceptíveis na análise de documentos, registros de dados, questionários e entrevistas.

É importante salientar que, concomitantemente as operações de coleta de dados, toda informação coletada por qualquer uma das fontes foi fidedignamente transcrita de forma clara, organizada e, sempre que possível, já em seu estado final de apresentação.

Porém, quando não foi possível transcrever os dados simultaneamente à coleta, esta foi realizada o mais breve possível, para que não só a fidelidade dos dados não seja passível de questionamento, mas para que seja possível iniciar a análise dos dados tão logo quanto possível.

A descrição dos dados de maneira organizada foi ponto fundamental para a análise, visto que foi neste estágio que permitiu a identificação de dados e informações relevantes para a pesquisa.

Descritos todos os dados do estudo e obtido, então, um panorama completo da unidade caso, partiu-se para a análise dos dados.

Recorda-se que a abordagem desse trabalho tem como ponto principal descrever tanto o nível de aplicação do conceito de transparência do pensamento enxuto na unidade-caso, quanto descrever o processo de execução de alvenaria em blocos cerâmicos utilizado na unidade-caso

e identificar eventuais oportunidades de melhoria que venham a aumentar o seu desempenho.

Foi escolhido como unidade-caso a obra de um edifício residencial de médio padrão, localizado há uma quadra do mar, no município de Vila Velha – ES. O empreendimento possui três pavimentos de embasamento e dez pavimentos tipo, cada qual possuindo dez apartamentos de aproximadamente 63 m². Além disso, possui três lojas no pavimento térreo, cada qual com aproximadamente 100 m².

Quanto a tecnologia dos materiais utilizados, o empreendimento contou com paredes em blocos de concreto em sua periferia e em sua caixa de escada, enquanto as paredes internas eram em alvenaria de blocos cerâmicos. Além disso, a obra possuía, quando da realização do estudo de caso, um total 27 funcionários como mão de obra direta, 6 funcionários como mão de obra indireta e duas equipes subcontratadas, sendo uma equipe para execução das instalações hidrossanitárias e uma equipe para execução das instalações elétricas da obra.

Para a logística de recebimento de material da obra, o presente trabalho se limitou a analisar os materiais de maior consumo para a execução da alvenaria: os blocos cerâmicos e a argamassa de assentamento, composta por cimento, cal, areia e água.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Recebimento dos materiais

4.1.1 Descrição da Etapa de Recebimento dos Materiais

A estratégia adotada pela empresa para o recebimento destes materiais foi de que tal atividade ocorra no menor tempo possível, sem impactar a produção e o fluxo de trabalho. Para isso, foi estabelecido que a central de argamassa fosse localizada na parte frontal do canteiro, próxima ao portão de acesso, de maneira que os materiais (areia, cal e cimento) já sejam descarregados imediatamente ao lado da central (Figura 2).



Figura 2: Central de argamassa localizada logo à frente dos portões de acesso ao canteir

Para viabilizar o posicionamento da central de argamassa sem interferir na logística de acesso da obra, o canteiro de obras possuía três portões de acesso: o “Portão 1”, no qual era realizada a entrada de materiais como sacos de cimento, cal, dentre outros; o “Portão 2”, cujo uso era exclusivo para o abastecimento de areia; e o “Portão 3”, que era utilizado para manutenção da caçamba de entulho ou posicionamento de materiais que seriam diretamente direcionados para o elevador cremalheira, conforme Figura 3. O acesso dos funcionários era

realizado pelo “Portão 3” ou “Portão 1”.

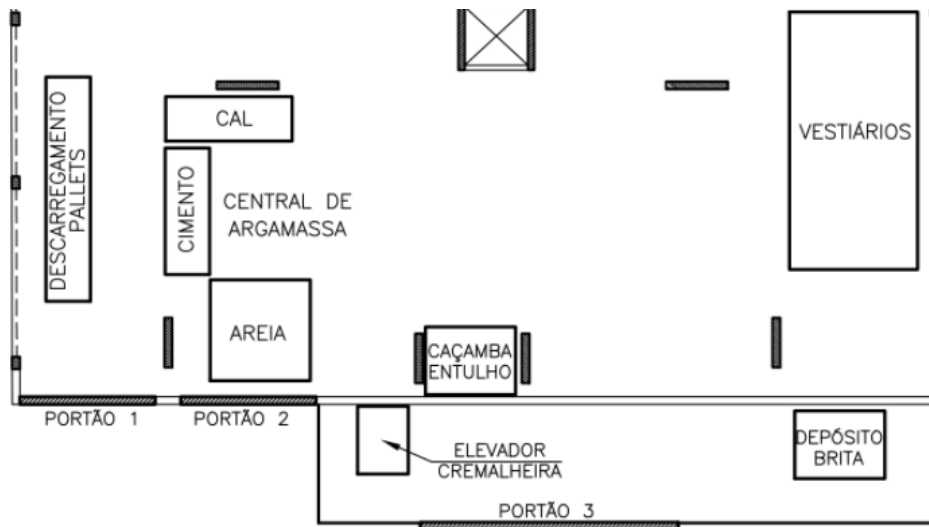


Figura 3: Layout do canteiro com os portões de acesso

O reabastecimento da areia no canteiro ocorre a cada 2 ou 3 dias úteis, sendo que seu descarregamento é realizado através da inclinação da caçamba do caminhão basculante diretamente sobre o local de armazenamento. Tais operações envolvem tanto o motorista do caminhão (funcionário do fornecedor) quanto o operador de betoneira, que auxilia e coordena o levantamento gradual da caçamba.

O recebimento do cimento e da cal, por sua vez, ocorrem semanalmente e seu descarregamento ocorre de maneira manual. Apesar do modo manual de descarregar ir ao encontro da estratégia de rápido descarregamento, o procedimento foi assim instituído por ser realizado pela fornecedora do material.

Quanto à inspeção da qualidade dos materiais de cimento e cal, esta somente é realizada através da análise da nota fiscal do fornecedor e da inspeção visual se há algum saco rasgado, molhado ou com outras avarias. Não é realizado nenhum procedimento de inspeção no recebimento da areia.

As operações de descarregamento dos blocos cerâmicos ocorrem semanalmente e demora cerca de 1 h 20 min, para o descarregamento de um quantitativo de 32 pallets. Este transporte é realizado por meio do equipamento transpalete manual, conforme Figura 4.



Figura 4: Funcionários transportando o pallet até seu ponto de armazenamento

4.1.2 Análise da Etapa de Recebimento dos Materiais

Apesar da atividade de inspeção ser considerada uma atividade que não agrega valor, a utilização de materiais abaixo do nível de qualidade requerido gerará produtos defeituosos [26]. Assim, atividades de inspeção podem ser auxiliadas por dispositivos de transparência, como instruções de trabalho visuais onde a equipe teria informações de quais inspeções são necessárias para cada material, bem como indicadores de qualidade dos fornecedores, para que seja possível avaliar o número de materiais não conformes [29].

Outro ponto a ressaltar se refere a inexistência de um sistema que indique a necessidade de reabastecimento dos materiais. Foram presenciadas situações em que, devido à falta momentânea de materiais, a confecção de argamassa foi paralisada, o que impactou a produção de todas as equipes de alvenaria, gerando desperdícios com espera.

Por outro lado, foi também evidenciada situações em que, devido a datas de entrega previamente acordadas com os fornecedores, houve estoque em excesso de materiais, como no caso dos blocos cerâmicos.

Em ambos os casos, pôde-se observar contundentes desperdícios em espera e estoque. Conforme elucidado por Shingo [26], esses desperdícios são ocasionados por processos e operações ineficientes, que não possuem produção nivelada e sistemas de puxar⁴ para controlar o fluxo produtivo.

Formoso *et al.* [6] ressaltam que a eliminação total dos desperdícios relacionados ao estoque e a cadeia de suprimentos não podem ser realizadas apenas com o aumento da transparência, mas, como dito por Ohno [22], requerem aumentos significativos no controle da produção, na redução da variabilidade e, ainda, em acordos com fornecedores.

O aumento da transparência tem como um de seus principais benefícios fornecer a obra uma capacidade de antecipar a ocorrência de problemas, além dela poder ser utilizada como medida para a mitigação de falhas envolvendo a falta ou o excesso de estoque de determinado material [6].

Pode-se implementar, por exemplo, dispositivos visuais que venham a alertar sobre a necessidade de se realizar uma ordem de compra de determinado material, identificando se há necessidade de reprogramação das datas de compra planejadas. Esses dispositivos visuais podem ser realizados criando-se zonas de cores diferentes (verde, amarelo e vermelho) para o estoque de materiais, indicando se há necessidade de solicitação de reabastecimento do material (amarelo), se o estoque está em quantidade abaixo do limite operacional (vermelho) ou se não há necessidade de pedido de material (verde).

Além disso, pode-se implementar, no local de estoque, um interruptor *andon*⁵ que, quando acionado, demonstraria em um painel *andon* localizado no escritório administrativo do canteiro, a situação do estoque de cada material. Tem-se, então, um sistema semelhante ao utilizado por Womack *et al.* [35], porém para a gestão de estoques dentro do canteiro.

4.2 Armazenamento dos Materiais

4.2.1 Descrição da Etapa de Armazenamento

Quanto ao armazenamento dos materiais, o presente trabalho se limitará a analisar o armazenamento dos principais materiais diretamente utilizados nas operações de execução da alvenaria, sendo eles: bloco cerâmico, o cimento, a cal, a areia e a água, utilizados para produção

⁴ De acordo com o pensamento enxuto, o ritmo de produção deve ser puxado pelo cliente, ou seja, produzir a quantidade certa e no momento certo para atender a demanda, evitando a superprodução e estoques desnecessários [14].

⁵ O sistema *andon* é um importante dispositivo visual que permite o imediato reconhecimento do status do processo [28].

da argamassa.

Quando do início da coleta de dados, os blocos cerâmicos eram todos armazenados no 2º pavimento do edifício. Estes, apesar de preferencialmente serem localizados próximos ao segundo elevador, devido ao excesso de estoque desse material, se encontravam dispersos por todo o pavimento, conforme pode ser observado na Figura 5.

A empresa optou por esta prática devido à grande quantidade de estoque existente, que demandava um espaço extenso para armazenamento. Além disso, as prioridades da sequência executiva, que preferencialmente destinavam às frentes de obra para a construção das paredes de periferia - que são constituídas de blocos de concreto, tiveram por consequência a geração de um estoque excessivo de blocos cerâmicos quando do período da coleta de evidências.



Figura 5: Pallets de blocos cerâmicos estocados aleatoriamente pelo 2º pavimento

Ressalta-se que esta prática gerou uma sobrecarga não planejada no 2º pavimento, sem que ela seja verificada pelo projetista estrutural. Esta incerteza quanto às consequências geradas pelo grande estoque de blocos cerâmicos no pavimento não somente pode vir a gerar desperdícios com retrabalho e correções estruturais, como também representa um risco à segurança do trabalho.

Para a execução da alvenaria de vedação, são utilizados quatro tipos de blocos cerâmicos (bloco cerâmico com dimensões de 7,5x19x19 cm e furos horizontais; com dimensões de 9x19x19 cm e furos horizontais; com dimensões de 9x19x19 cm e furos verticais e com dimensões de 14x19x19 cm e furos horizontais), sendo que não há qualquer demarcação, sinalização ou identificação visual que venha a demonstrar e separar locais específicos para o armazenamento de cada tipo de bloco, tanto no caso do armazenamento no segundo pavimento quanto no caso do armazenamento direto no pavimento tipo. Desta forma, os materiais são dispostos de maneira dispersa, independentemente de sua especificação.

Diferente do observado para o estoque dos blocos, o local de armazenamento da areia, do cimento, da cal e da água (utilizada para argamassa) são bem definidos. Todos eles são posicionados no entorno da betoneira, na central de argamassa. Todavia, apesar de estarem em locais padronizados, não foi identificada nenhuma sinalização, demarcação ou identificação visual, contendo definição do material estocado ou a sua especificação.

Em geral, pode-se constatar que a empresa possui maior atenção quanto ao armazenamento de uso mais constante dentro das operações de execução da alvenaria, isto é, os blocos cerâmicos e os materiais da argamassa de assentamento. Isto pois, enquanto estes são posicionados de maneira estratégica para agilizar o descarregamento e o transporte interno, os

outros componentes são dispostos de maneira dispersa dentro do canteiro. Tal constatação pode ser visualizada através do layout do canteiro.

Além do mais, a empresa não utiliza nenhum recurso visual para delimitar ou identificar os locais de armazenamento dos materiais, nem instruir como ele deve ser realizado e transportado.

4.2.2 Análise da Etapa de Armazenamento

Primeiramente, pôde-se constatar que, apesar de no início do empreendimento a empresa ter realizado o Layout do Canteiro de Obras para a execução das instalações de vestiário, banheiro, escritórios e demais, este foi posteriormente descartado no decorrer da execução da obra, não podendo ser encontrado quando da coleta de dados.

Tal, por sua vez, é reflexo do baixo empenho da empresa em determinar o posicionamento dos locais de estoque de cada material de maneira estratégica. Isso porque, apesar da unidade-caso apresentar algumas preocupações quanto ao posicionamento dos elementos de seu canteiro – como, por exemplo, o posicionamento da central de argamassa próxima ao elevador cremalheira e ao portão de acesso -, tais soluções ainda se encontram em estágio embrionário, uma vez que contempla somente uma pequena parcela dos materiais utilizados durante a construção.

Como resultado, pôde-se observar variações nos locais de estoque de determinados materiais, bem como locais em que eram armazenados diversos materiais de diferentes tipos, de maneira desordenada. Por certo, esta alta variabilidade no estoque de materiais é um fator característico para a geração de desperdícios, já que, de acordo com Koskela [15], o layout de um canteiro é um dos fatores que mais ditam a quantidade de desperdício associada à movimentação de materiais.

Porém, o ato único de padronizar o local e demonstrá-lo por meio de um layout, mesmo quando realizado pelos próprios colaboradores, não é o suficiente para se alcançar um estado ótimo de transparência no canteiro. Isso porque, conforme explicitado por Liker [17], um controle visual eficaz não somente deve indicar o padrão ideal a ser seguido, como também deve ser capaz de demonstrar se alguém está realizando determinado processo de maneira errônea.

Em outras palavras, Liker [17] diz que, quando se há um alto nível de transparência no ambiente de trabalho, sempre que alguém olhar para um processo, um equipamento, um estoque, uma informação ou para um funcionário realizando um serviço, este será capaz de não só imediatamente identificar o padrão a ser seguido para a realização da atividade, como também identificar se atualmente há algum desvio desse padrão.

Nota-se, diante dessa explanação, que a obra objeto de estudo contém elevadas deficiências neste quesito, uma vez que não possui nenhuma ferramenta que venha a identificar se a situação ideal está sendo realizada e tampouco dispõe de um sistema que padronize o canteiro.

Tezel *et al.* [28], ao comentar algumas das ferramentas que podem ser utilizadas para esse fim, cita o uso de: demarcação e identificação do local de estoque de determinado material; sinalização contendo a especificação do material estocado; identificações visuais dos meios de transportes a serem utilizados para cada material; e a demarcação visual das rotas preferenciais para o transporte dos materiais.

Por fim, ressalta-se que Formoso *et al.* [6] e Galsworth [8], ao comentar sobre a utilização de demarcações no ambiente de operações, salientam a importância de que essas demarcações sejam realizadas com materiais que sejam duráveis por meses, mas que, ao mesmo tempo, sejam de fácil remoção/colocação.

Isto pois, conforme elucidado por tais autores, é necessário que as sinalizações visuais no ambiente de trabalho sejam capazes de resistir às operações sem que sejam desfeitas ou

danificadas com frequência. Além do mais, elas devem ser flexíveis e capazes de rapidamente se adaptarem às constantes mudanças ocorridas no canteiro de obras, sem que haja um dispêndio muito grande para isso.

Além das sinalizações visuais, pode-se aplicar o 5S para o armazenamento/almojarifado. Conforme observado por Tezel *et al.* [30] em sua pesquisa em um canteiro de obra, antes da implementação do 5S os materiais e equipamentos se encontravam de forma desorganizada, com itens espalhados pelo chão e com várias possibilidades de acidentes durante sua coleta, como tropeços e cortes.

Como primeira medida de implementação do 5S, os itens foram separados de acordo com sua necessidade. Em seguida, os objetos foram dispostos conforme a frequência de sua demanda, sendo os itens mais procurados localizados mais próximos da entrada do depósito. Além do mais, os itens foram rearranjados conforme o seu tipo, sendo claramente identificado por dispositivos visuais.

Por fim, essas práticas de organização foram mantidas através de instruções de limpeza, saúde e segurança dadas aos funcionários, bem como auditorias internas para verificação das condições físicas do almojarifado.

4.3 Transporte de Materiais Dentro do Canteiro

4.3.1 Descrição da Etapa de Transporte

Para o transporte vertical de materiais, a obra estudada dispõe de dois recursos: um elevador cremalheira e uma minigrua. Foi instituído que o elevador cremalheira possuísse, como prioridade, o transporte dos materiais de uso mais frequente nas frentes de serviço: os blocos cerâmicos e a argamassa. Por outro lado, a minigrua tem como função o transporte de materiais de uso mais esporádico, como o eletroduto, o isopor, dentre outros.

A rota para o transporte vertical dos blocos cerâmicos ou se dá através do transporte dos pallets armazenados no 2º pavimento, ou através do transporte direto a partir do descarregamento do material. Por outro lado, a rota dos carrinhos de argamassa da central de confecção ao elevador cremalheira é curta, tendo em vista o posicionamento próximo entre ambos (Figura 6).



Figura 6: Pallets de blocos cerâmicos e carrinhos-de-mão contendo argamassa, enfileirados, esperando o transporte

Foi constatado que, para o transporte dos pallets de blocos cerâmicos, são necessários três funcionários: dois para o transporte, em conjunto, do pallet, e um para auxiliar na retirada do pallet do elevador cremalheira – que se demonstrou uma atividade trabalhosa, bem como retirar eventuais objetos que venham a atrapalhar a rota de transporte. Por outro lado, para o transporte de cada carrinho de argamassa, somente um auxiliar é ocupado.

De todo modo, ainda que as práticas acima mencionadas tenham sido estabelecidas, não foi realizado nenhum planejamento mais aprofundado sobre quais são as rotas ideais para o transporte dos materiais, principalmente quanto à movimentação dentro dos pavimentos tipo. Tampouco há identificação visual do local final para o qual os materiais devem ser transportados, sendo que, em geral, há um elevado depósito de pallets em locais pontuais, principalmente nas proximidades do elevador cremalheira, como pode ser observado na Figura 7.



Figura 7: Pallets de blocos cerâmicos previamente estocados para as operações de elevação da alvenaria. Destaque para a elevada concentração de pallets na proximidade do elevador cremalheira

Ressalta-se que o transporte dos pallets de blocos cerâmicos para os pavimentos tipo ocorrem tanto antes quanto depois da realização da etapa de marcação. Desta forma, devido às paredes internas dos apartamentos possuírem, em geral, vãos de abertura de 68 cm, a movimentação dos pallets dentro da região dos apartamentos fica limitada, dada a dificuldade de manobra do transpalete manual. As regiões em que não é possível depositar pallets, estão identificadas na Figura 8.

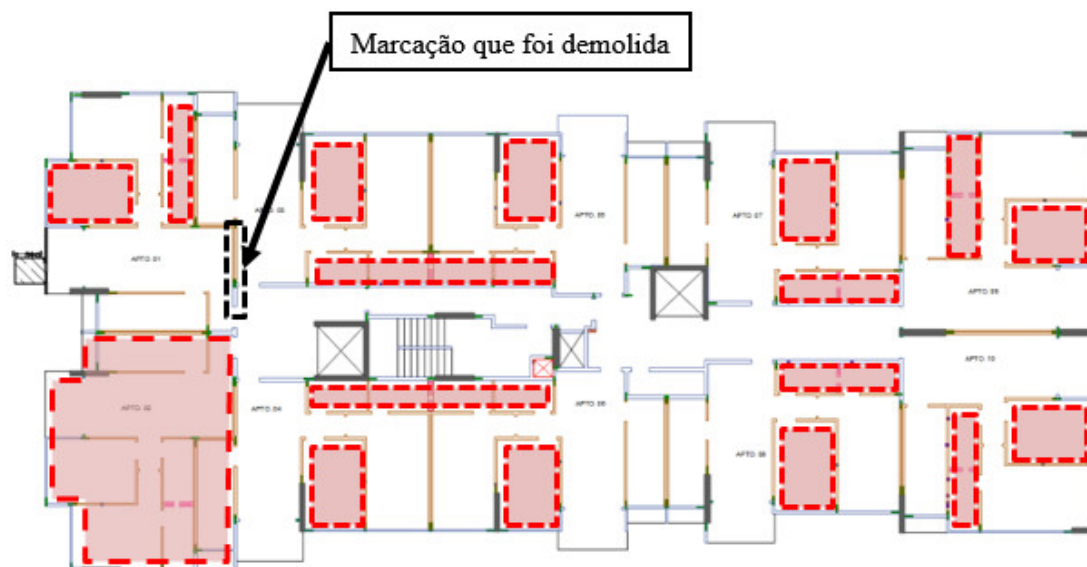


Figura 8: Regiões em vermelho identificando os locais em que não é possível depositar os pallets de blocos cerâmicos. Demarcação em preto identificando marcação que teve de ser demolida

Ainda não há um sistema que sinalize qual deverá ser a quantidade de pallets a serem transportados para cada pavimento tipo e tampouco há um sistema que sinalize qual deverá ser o posicionamento preferencial. A quantidade de pallets é determinada por orientações gerais do encarregado de alvenaria, enquanto o posicionamento dos pallets no pavimento é determinado pelos próprios colaboradores que transportam o material.

Além do mais, para permitir que seja possível o transporte de pallets em regiões mais distantes do elevador cremalheira, foi necessária a demolição da primeira fiada, posto que a existência desta marcação exigia que o transpalete realizasse curvas e manobras impraticáveis.

4.3.2 Análise da Etapa de Transporte

Segundo Formoso, Santos e Powell [6], uma das principais características da transparência é depender pouco – ou até absolutamente nada da linguagem falada para a transmissão de informações. Além disso, Galsworth [8] aponta que um ambiente de trabalho eficiente deve ser “infuso com inteligência” de tal maneira, que qualquer informação vital necessária pelo funcionário possa ser obtida sem que seja necessário realizar sequer uma pergunta.

Isto pois os controles visuais indicariam o que precisa ser feito, quando, como e em que quantidade; o que, por consequência, impulsionaria a realização de um trabalho com alta qualidade, baixo custo e no tempo certo [8].

Outro ponto a se analisar, é a falta de um sistema eficiente que indique a demanda por materiais que, por conseguinte, promoveu ocasiões nas quais os colaboradores da frente desperdiçaram tempo ou esperando pela chegada de materiais à frente de serviço, ou se deslocando ao pavimento Térreo para buscar os materiais faltantes.

Por outro lado, também foi constatado casos em que houve excesso na quantidade de materiais transportados para um pavimento tipo, havendo pilhas de blocos cerâmicos e outros materiais no pavimento mesmo após a finalização do serviço. Devido a esse incidente, foram necessárias realizar horas extras para a retirada do material.

Segundo Santos [23], ambos os incidentes relatados – ou seja, o nível de transporte de materiais inferior ou superior ao requerido pela frente de trabalho – são sinais de um fluxo ineficiente de produção.

A filosofia da Produção Enxuta defende que um dos pilares para a eliminação dos desperdícios em uma produção é a adoção de um fluxo contínuo através do just-in-time [19]. Porém, como bem explicitado por Schonberger [24], Shingo [26] e Monden [19], a correta implementação do JIT demanda muito mais do que o aumento da transparência ou a simples aplicação de uma ferramenta, mas necessita de uma produção nivelada, flexível, padronizada e com um estrito controle de qualidade.

Atualmente, pôde-se constatar que o fluxo da argamassa no canteiro de obras se dá conforme o Fluxograma de Processo ilustrado na Figura 9.

O fluxograma, que segue as simbologias da ASME [1], distingue em cor amarela as atividades vistas como necessárias as operações de execução de alvenaria e em cor vermelha as atividades desnecessárias à produção. Além disso, cada etapa é identificada com um número.

Percebe-se que a implementação de um sistema puxado⁶ para a entrega de argamassa, em que ela somente seja confeccionada e transportada conforme demanda da frente de serviço, imediatamente eliminaria três atividades que em nada agregam valor ao produto: as etapas (6),

⁶ Segundo Monden [19], o sistema puxado é um método de controle da produção em que algo somente é produzido ou transportado pelo processo anterior mediante solicitação do processo subsequente. Sendo um dos componentes principais do *just-in-time*, o sistema puxado garante que nada seja produzido pelo processo fornecedor sem que um cliente (externo ou interno) tenha apontado a sua necessidade.

(7) e (8)⁷. Além disso, ao eliminar tais etapas, diminui-se a possibilidade de que haja perda de plasticidade e consistência da argamassa devido a um exacerbado tempo de espera [36], o que culminaria ou em desperdício por perda de material, ou em problemas de qualidade no produto. A adoção de um sistema puxado para a argamassa também eliminaria – ou ao menos mitigaria – a etapa de espera (3), visto que promoveria uma logística de transporte mais nivelada para os materiais.

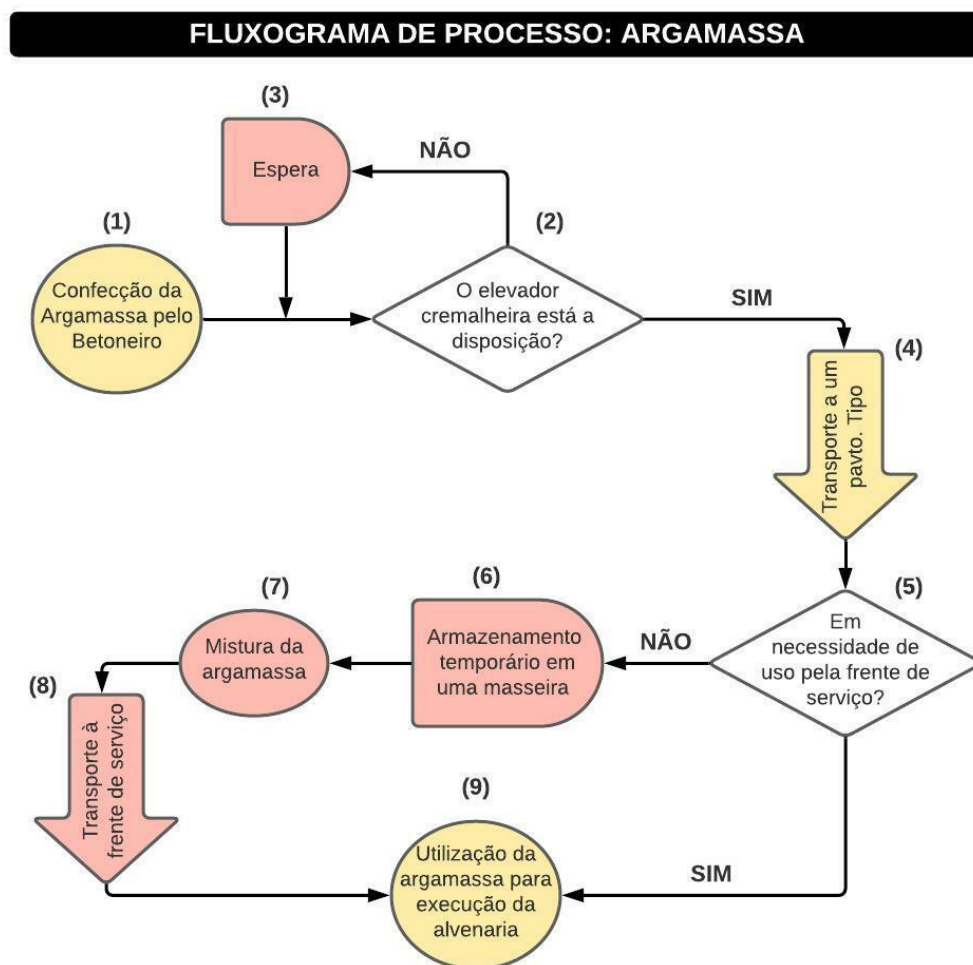


Figura 9: Fluxo da argamassa no canteiro de obras.

Conforme evidenciado por Burgos e Costa [3] e Barreto e Heineck [2], a implementação do sistema puxado para a confecção da argamassa promoveria os seguintes benefícios:

- eliminação da possibilidade de produção de argamassa além ou aquém da necessária;
- aumento no engajamento dos funcionários, em função da descentralização do processo de tomada de decisão;
- redução no desperdício de materiais, visto que não haverá perda de argamassa por superprodução; e
- maior controle do estoque de materiais, a partir da contabilização da quantidade de

⁷ A etapa (8) pode ser eliminada pois, por um sistema puxado, o transporte da argamassa a um pavimento tipo já contemplaria sua descarga nas proximidades da frente de serviço.

material consumido diariamente.

Por outro lado, a utilização de demarcações visuais para as rotas de transporte promoverá maior padronização da etapa de movimentação de materiais, ao apontar qual a rota ideal a ser seguida e evitar que objetos venham a ser depositados na rota fluxo.

Propõe-se, portanto, a utilização de um sistema *kanban*⁸ alinhado com um painel *heijunka*⁹ (para a confecção e o transporte da argamassa de assentamento). Recomenda-se que o quadro *heijunka* possua colunas representando cada pavimento e linhas indicando os horários em que o material deverá estar disponível em tal pavimento, como no exemplo ilustrado por Tezel *et al.* [29].

Para as regras de utilização dos cartões *kanban*, recomenda-se que sejam adotadas as regras semelhantes às relatadas por Neumann *et al.* [21]. Desta forma, os cartões *kanban* referentes à argamassa demandada por cada equipe para o turno da manhã devem ser colocados no painel *heijunka* ao final do dia anterior, enquanto os cartões referentes a argamassa para o período da tarde devem ser colocados ao final do período do almoço. O nível de demanda de cada equipe deverá ser estabelecido em acordo entre a equipe de trabalho e o encarregado.

O planejamento de demanda em curto prazo garantirá, com maior assertividade, que não haja erros na quantidade e horário estabelecidos. Todavia, ressalta-se que o quadro *heijunka* permite flexibilizar a confecção de argamassa frente à imprevistos, bastando reposicionar ou retirar o cartão do quadro caso a demanda sofra desvios, evitando superprodução.

5 CONCLUSÕES

Utilizando como base a filosofia da Construção Enxuta, ao analisar as operações de execução da alvenaria em blocos cerâmicos, o presente estudo de caso identificou que a obra estudada apresentou um baixo nível de eficiência em seu fluxo de produção, não apresentando sistemas efetivos de controle de sua produção ou mecanismos para identificação e mitigação de seus desperdícios.

Apesar de terem sido observadas práticas de recebimento de materiais e posicionamentos para tais, como é o caso dos constituintes da argamassa, a obra não dispõe de algum sistema que indique a necessidade de reabastecimento dos recursos, podendo gerar estoque em excesso ou falta de materiais em alguns momentos da execução. Tal deficiência, por sua vez, poderia ser mitigada com a utilização de ferramentas de aumento da transparência, que venham a evidenciar a necessidade de reabastecimento do estoque.

Por outro lado, percebe-se que a etapa de recebimento dos blocos cerâmicos, da cal, do cimento e da areia não passam por inspeções de qualidade completas, indicando se o lote recebido está dentro dos critérios normativos de aceitação. Como citado pela literatura, as inspeções de qualidade não são atividades que agregam valor, mas tem um impacto muito positivo no processo produtivo ao evitar retrabalhos [10].

Quanto ao armazenamento, observou-se grandes estoques de blocos cerâmicos no pavimento, além da deficiência na identificação desses blocos, uma vez que os quatro tipos de blocos usados na obra eram estocados de forma desordenada no pavimento. Todavia, o armazenamento dos materiais de confecção da argamassa - areia, cimento, cal e água - são bem definidos, sendo localizados próximos à central de argamassa e ao portão central da obra.

Em termos gerais, não se observou práticas de transparência que contribuam para a melhoria

⁸ *Kanban* é um método criado para coletar e transferir informações sobre apanhar ou receber ordens de produção, usualmente através de cartões ou etiquetas, de modo a aumentar a flexibilidade de resposta perante as demandas do cliente interno e reduzir os custos através da eliminação do desperdício [19, 35].

⁹ O painel *heijunka* serve para guiar o plano e o nivelamento de produção, sendo uma poderosa ferramenta para a redução dos desperdícios de superprodução [29].

do armazenamento dos materiais, como um layout do canteiro atualizado ou demarcação e identificação do local de estoque dos materiais.

Em relação ao transporte de materiais, observou-se que a obra não definiu as rotas ideais de transporte, que viriam a minimizar o esforço requerido para a execução dessa etapa. Ademais, não há identificação visual do local final para o qual os materiais devem ser movimentados nem sistema que indique quando estes devem ser transportados, ocasionando desperdícios de transporte excessivo e retrabalho. Além disso, ao se analisar o fluxo de transporte de argamassa no canteiro, verificou-se que há diversas atividades que não agregam valor dentro do processo que poderiam ser eliminadas com o aumento da transparência e a adoção de um sistema puxado para a confecção da argamassa.

A obra estudada apresenta alguns pontos positivos e melhorias pontuais que, segundo Tezel *et al.* [23], vem a facilitar o fluxo do processo produtivo, como o bom posicionamento da central de argamassa. Porém, como corroborado por Koskela [16], a aplicação dessas melhorias pontuais nas operações de transformação, em geral pouco – ou até mesmo em nada – afetam o desempenho geral do processo.

Desta forma, ao negligenciar a importância de se infundir informação dentro das operações, a unidade-caso gera diversas incertezas dentro de sua cadeia produtiva [15], o que culminou em uma alta quantidade de desperdícios, como: a superprodução de argamassa, o estoque excessivo de blocos cerâmicos, os retrabalhos devido à equívocos na produção, a interrupção da produção devido à falta de materiais, dentre outros.

Estes desperdícios, inclusive, não eram levados em conta pela gestão da obra, tornando-os invisíveis dentro do processo produtivo, o que, segundo Koskela [16], reduz substancialmente a efetividade de qualquer medida de melhoria dentro do fluxo produtivo.

Desta forma, assim como Formoso *et al.* [6], sugere-se a implementação de medidas que venham a aumentar a transparência dos processos produtivos, possibilitando aumento do controle das operações, do fluxo de informações e da identificação de desperdícios.

Além disso, alinhado aos pensamentos de Tommelein [33] e Liker [17], destaca-se que para que o aumento da transparência tenha seu potencial completamente aproveitado, este deve vir acompanhado consecutivamente de uma mudança na cultura produtiva da empresa, que deverá ter na filosofia do pensamento enxuto o cerne de seu paradigma produtivo, buscando a constante melhoria de suas operações e da incessante busca pela redução de desperdícios.

REFERÊNCIAS

- [1] The American Society of Mechanical Engineers (ASME). Operation and Flow Process Charts, 1947.
- [2] A. M. Barreto e L. F. M. Heineck. *Learning, Structural Masonry Technology and Lean Construction a Case Study In a Small Building Site*. 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, San Diego, USA, 2012.
- [3] A. P. D. Burgos e D. B. Costa. *Assessment of Kanban Use on Construction Sites*. 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, San Diego, USA, 2012.
- [4] Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). *Boletim Estatístico*, ano XV, nº 08, 2019.
- [5] Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). *2º Caderno de Casos de Inovação na Construção Civil*, Salvador, BA, Brasil, 2014.

- [6] C. T. Formoso, A. Santos e J. A. Powell. An exploratory study on the applicability of process transparency in construction sites. *Journal of Construction Research*, 3(1)35–54, 2002. <http://dx.doi.org/10.1142/S1609945102000102>.
- [7] L. S. Franco. *O Projeto das Vedações Verticais: características e a importância para a racionalização do processo de produção*. Seminário de tecnologia e gestão na produção de edifícios, São Paulo, SP, Brasil, 1998.
- [8] G. D. Galsworth. *Visual Workplace Visual Thinking*. CRC Press: Taylor & Francis Group, 2ª edição, 2017.
- [9] A. C. Gil. *Como elaborar projetos de pesquisa*. Atlas, 4ª edição, 2002.
- [10] A. S. Godoy. Introdução a pesquisa qualitativa e suas possibilidades. *Revista de Administração de Empresas*, 35(2):57–63, 1995. <https://doi.org/10.1590/S0034-75901995000200008>.
- [11] M. Greif. *The Visual Factory - Building Participation Through Shared Information*. Productivity Press, 1ª edição, 1991.
- [12] G. A. Howell, G. Ballard, I. Tommelein. Construction Engineering: Reinvigorating the Discipline. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(10):740–744, 2011. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000276](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000276).
- [13] E. L. Isatto, C. T. Formoso, C. M. de Cesare, E. Hirota e T. Alves. *Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil*. SEBRAE/RS, 2000.
- [14] S. L. Kemmer, M. A. Saraiva, L. F. M. Heineck, A. V. L. Pacheco, M. D. V. Novaes, C. A. M. A. Mourão e L. C. R. Moreira. *The Use of Andon in High Rise Building*. 14th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Santiago, Chile, 575–582, 2006.
- [15] L. J. Koskela. An exploration towards a production theory and its application to construction. *VTT Publications*, 408, 2000.
- [16] L. J. Koskela. *Application of the new production philosophy to construction*. Technical Report #72, Center of Integrated Facility Engineering of the Stanford University, California, USA, 1992.
- [17] J. K. Liker. *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Tradução de L. B. Ribeiro. Bookman, 2005.
- [18] McGraw-Hill Construction. *Lean Construction: Leveraging Collaboration and Advanced Practices to Increase Project Efficiency*, SmartMarket Report, 2013.
- [19] Y. Monden. *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time*. CRC Press, 4ª edição, 2011.
- [20] K. Nakamura. *Paredes de Blocos Cerâmicos*. Pini, 2009.
- [21] J. V. M. Neumann, C. A. V. Silva Jr., A. O. S. Weber e I. Weber. *Implementação da ferramenta kanban para gestão da produção e distribuição de traços de argamassa no canteiro de obras: estudo de caso em Maceió-AL*. 9º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, São Paulo, SP, Brasil, 16–22, 2015.
- [22] T. Ohno. *O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala*. Tradução de C. Schumacher. Artes Médicas, 1ª edição, 1997.

- [23] A. Santos. *Application of flow principles in the production management*. PhD Thesis, School of Construction and Property Management, University of Salford, Salford, UK, 1999.
- [24] R. J. Schonberger. *Técnicas Industriais Japonesas: Nove Lições Ocultas Sobre a Simplicidade*. Tradução de O. Chiquetto. Pioneira, 4ª edição, 1992.
- [25] Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE). *Anuário do trabalho na micro e pequena empresa*. DIEESE, 6ª edição, 2013.
- [26] S. Shingo. *O Sistema Toyota de produção: Do ponto de vista da engenharia de produção*. Tradução de E. Schaan. Bookman, 2ª edição, 1996.
- [27] N. Slack, A. Brandon-Jones, R. Johnston. *Operations Management*. Pearson, 7ª edição, 2013.
- [28] A. Tezel, L. Koskela, P. Tzortzopoulos, C. T. Formoso, T. Alves, B. Neto, D. Viana e B. Mota. *Process transparency on construction sites: examples from construction companies in Brazil*. 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Haifa, Israel, 296–302, 2010.
- [29] A. Tezel, L. Koskela, P. Tzortzopoulos, C. T. Formoso, e T. Alves. Visual Management in Brazilian Construction Companies: Taxonomy and Guidelines for Implementation. *Journal of Management in Engineering*, 31(6):, 2015. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000354](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000354).
- [30] A. Tezel, Z. Aziz. Benefits of visual management in construction: cases from the transportation sector in England. *Construction Innovation*, 17:125–157, 2017. <http://dx.doi.org/10.1108/CI-05-2016-0029>.
- [31] E. Thomaz, C. V. M. Filho, F. R. Cleto e F. F. Cardoso. *Código de práticas nº01 – Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos*. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2009.
- [32] I. D. Tommelein. *Poka Yoke' or Quality by Mistake Proofing Design and Construction Systems*. 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Manchester, UK, 195–205, 2008.
- [33] I. D. Tommelein. Journey toward Lean Construction: Pursuing a Paradigm Shift in the AEC Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 141(6), 2015. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000926](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000926).
- [34] J. P. Womack e D. T. Jones. *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. Tradução de A. B. Rodrigues e P. M. Celeste. Editora Campus, 3ª edição, 1998.
- [35] J. P. Womack, D. T. Jones, D. Roos. *The machine that changed the world*. Rawson Associates, 1990.
- [36] W. A. Yazigi. *Técnica de Edificar*. Pini, 10ª edição, 2009.
- [37] R. K. Yin. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. Tradução de D. Grassi. Bookman, 2ª edição, 2001.