



# Modelo para o desenvolvimento de projetos *kaizen* para a indústria da construção civil

## *Model for kaizen project development for the construction industry*

André Luiz Vivian<sup>1</sup>  
Felipe Alfonso Huertas Ortiz<sup>1</sup>  
José Carlos Paliari<sup>2</sup>

**Resumo:** O *kaizen* é um dos princípios que sustentam o Sistema Toyota de Produção (STP) como filosofia, porém é árduo seu uso na Indústria da Construção Civil (ICC) devido às suas inerentes características de produção. Assim, foi desenvolvido um modelo que auxilia o profissional da ICC a desenvolver de forma sistemática um projeto *kaizen*, por meio do uso de ferramentas de diagnóstico e análise do sistema de produção. O método de pesquisa é definido por três etapas sequenciais governadas por duas estratégias de pesquisa: teórico-conceitual, para as atividades de revisão bibliográfica e desenvolvimento do modelo, e pesquisa-ação visando à aplicação em um canteiro de obras voltado para a produção de habitações. Como resultado da pesquisa-ação, por meio do modelo, foram identificados e classificados nove problemas no sistema produtivo, suas raízes e oportunidades de *kaizen*. A proposta de sistematização da geração de oportunidades de *kaizen* para a ICC contribui diretamente para a qualidade dos produtos finais e redução de custos nos canteiros de obras, pois possibilita a melhoria contínua dos processos a partir de maiores níveis de valor agregado, com a redução do uso de recursos na produção.

**Palavras-chave:** *Kaizen*; Indústria da construção civil; Sistema toyota de produção.

**Abstract:** *Kaizen* is one of the principles that support the Toyota Production System (TPS) as a philosophy. However, it is difficult to use it in the field of Construction Industry (CI) because of its inherent characteristics of production. Thus a model was developed to aid the professional of the CI to systematically advance a *kaizen* project with the use of diagnostic tools and analysis of the production system. The research method is defined by three sequential steps governed by two research strategies: theoretical-conceptual - for the literature review and development of the model, and action-research - aiming the implementation of the model in a building site for housing production. As a result of the action-research strategy, using the model, nine problems as well as their roots and *kaizen* opportunities were identified and classified in the productive system. The systematization of the generation of *kaizen* opportunities for the CI contributes directly to the quality of the final products and to the reduction of costs of building sites, because it allows for continuous improvements of processes based on higher levels of value added with the reduction of the use of resources in the production system.

**Keywords:** *Kaizen*; Construction industry; Toyota production system.

## 1 Introdução

O termo *kaizen* foi introduzido na América, no ano de 1986, com a publicação do livro de Masaaki Imai, intitulado *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*, tornando-se largamente utilizado e aceito entre gestores de indústrias e demais companhias que fazem uso desta filosofia (Recht & Wilderom, 1998; Martin & Osterling, 2007; Al-Smadi, 2009; Suárez-Barraza et al., 2011, 2012). Imai (2012) mostra que, na língua japonesa, *kaizen* significa “melhoria

contínua” que, na prática, procura envolver todos os que participam do processo que está sendo analisado, a um custo relativamente baixo para a empresa.

Entretanto o conceito que molda o termo *kaizen* é bem anterior ao livro de Imai. A melhoria contínua dos processos é um dos princípios que conformam a essência do Sistema Toyota de Produção (STP). Nesse sentido, Shingo (1987, 2010) apresenta um modelo científico para a implementação de melhorias em

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil – PPGE Civ, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, SP, Brasil, e-mail: andre.vivan@ufscar.br; pipealtas@hotmail.com

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil – PPGE Civ, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, São Carlos, SP, Brasil, e-mail: jpaliari@ufscar.br

Recebido em Mar. 2, 2015 - Aceito em Out. 21, 2015

Suporte financeiro: FINEP – Agência Brasileira de Inovação; CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

processos baseada em uma sequência de perguntas e iniciativas que fomentam a identificação, análise e solução de problemas, denominado Mecanismo do Pensamento Científico (MPC), que serviu de base para o desenvolvimento do modelo. Basicamente, o MPC é um fluxograma, constituído por cinco estágios principais que comportam filosofias e técnicas que conduzem até um resultado, representado pela implementação das intervenções propostas.

De acordo com Berndtsson & Hansson (2000) e Brunet & New (2003), um *kaizen* (e por conseguinte suas técnicas de desenvolvimento) pode ser adaptado e transferido às circunstâncias e características de cada empresa ou setor. Portanto, o presente artigo propõe o desenvolvimento de um modelo para oportunidades de *kaizen* para o contexto em que se inserem os canteiros de obras tradicionais da ICC. Para tanto, foi desenvolvido um fluxograma que, em sua essência, tem como base o MPC, mas com modificações significativas que focaram a operacionalização dos estágios que estruturam o modelo. As modificações incluem o uso de ferramentas analíticas como o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) e Linhas de Balanço (LDB), além da sistematização da relação dos problemas identificados com as atividades de fluxo e as relativas aos processos e operações, além da inclusão da relação entre a formulação das melhorias com os princípios do STP.

Portanto, no que diz respeito ao modelo, o resultado consiste num fluxograma constituído por quatro macro-etapas que contêm tarefas organizadas sistematicamente, que conduzem o profissional para a identificação e classificação dos problemas no sistema de produção, passando pela seleção da melhoria mais adequada e sua posterior implementação. O funcionamento do fluxograma proposto foi validado ao ser aplicado em uma obra em alvenaria estrutural, voltada para a produção de 76 casas, a partir dos dados coletados (atividades executadas e tempos associados) para etapas relativas aos processamentos e atividades de fluxo existentes.

Em seus resultados, Carvalho (2008) mostra que considerando o nível de aplicação dos princípios *Lean* na ICC, o *kaizen* apresentou um dos piores índices em algumas empresas construtoras. Cândido & Heineck (2014), em estudo desenvolvido com a colaboração de profissionais da ICC, concluíram

que há uma grande dificuldade de compreensão com relação ao conceito de *kaizen*, resultando em uma grande incidência de posicionamentos negativos dos profissionais (em termos de entendimento).

Assim, é válido considerar que há um empirismo, por parte de algumas construtoras, no que tange à formulação de melhorias nos processos envolvidos (quando existe a preocupação de melhoria contínua na construtora), porque aqueles profissionais que compreendem os conceitos *Lean*, aplicam-nos, geralmente, de maneira isolada, sem considerar o todo. Portanto, a principal contribuição deste artigo fica por conta de que, na ICC, não há um modelo específico para o desenvolvimento de projetos *kaizen* e, dessa forma, o fluxograma proposto procura atender a esta necessidade, proporcionando a operacionalização e sistematização do processo de identificação de problemas e desenvolvimento de melhorias.

## 2 Hipótese de pesquisa e objetivos

### 2.1 Hipótese de pesquisa

Diante dos fatos apresentados, destaca-se a seguinte hipótese de pesquisa: a adoção de conceitos e ferramentas *Lean* deve ser feita considerando o todo, ou seja, procurando entender o comportamento e as consequências das mudanças implementadas nos canteiros de obras. Isso envolve profissionais, custos, equipamentos, técnicas e tecnologias. Assim, para a proposição de mudanças, é necessário identificar e conhecer o problema, encontrar suas causas e, então, propor as melhorias para análise de viabilidade de forma sistemática e, finalmente, implementá-las.

### 2.2 Objetivo

O objetivo principal é fornecer um modelo para orientar o desenvolvimento sistematizado de projetos *kaizen* em processos de produção da ICC.

## 3 Método e abordagens de pesquisa

No Quadro 1, estão as etapas que foram satisfeitas para o desenvolvimento e conclusão deste artigo, associadas às abordagens de pesquisa correspondentes. Tais abordagens serão devidamente justificadas e conceituadas neste mesmo capítulo.

**Quadro 1.** Método de pesquisa e abordagens utilizadas.

Etapa	Atividade	Abordagem de Pesquisa
1	Desenvolvimento do referencial teórico básico: <i>kaizen</i> ; MPC	Teórico-Conceitual
2	Desenvolvimento do modelo para projetos <i>kaizen</i>	Teórico-Conceitual
3	Validação do modelo, coleta de dados, elaboração das LDBs e MFVs, reuniões	Pesquisa-ação

Fonte: Autores.

No Quadro 1 nota-se que as atividades foram separadas em três etapas, sequenciais. A primeira é essencialmente conceitual e aborda temas importantes para a fundamentação teórica do fluxograma e dos resultados referentes à sua validação, de maneira que, para isso, foi feita a revisão bibliográfica em periódicos por meio de algumas das principais bases de dados, além de livros. A segunda etapa, sendo o resultado principal e a contribuição deste artigo, compreendeu o desenvolvimento do modelo para projetos *kaizen*, identificado pelo fluxograma que será detalhado posteriormente. A última etapa é identificada pela validação do fluxograma, obtida a partir da sua aplicação em uma construtora, que contou com a participação de diversos profissionais de uma das obras da empresa, além da análise dos resultados desta validação. Essa participação deu-se com a realização de reuniões e coleta de dados no próprio canteiro de obras. Essas informações e o processamento das informações no fluxograma serão detalhadas na apresentação dos resultados.

Com relação às abordagens de pesquisa, Gil (2002) as considera como o procedimento mais importante para o delineamento de uma pesquisa, tendo em vista a coleta dos dados para cada uma de suas etapas. De acordo com Berto & Nakano (2000), as abordagens de pesquisa procuram orientar o processo de investigação, condicionando e sistematizando as diversas atividades que formam a pesquisa, como a revisão bibliográfica, procedimentos de coleta, discussão e análise dos resultados etc. Assim, considerando os objetivos de cada uma das três etapas, associou-se uma abordagem de pesquisa.

Para a primeira e segunda etapas, a abordagem adotada foi teórico-conceitual. Considera-se uma abordagem adequada para essas etapas, pois, segundo Berto & Nakano (2000), é uma abordagem que busca promover discussões conceituais a partir da revisão bibliográfica, o que a justifica para a primeira etapa. Além disso, os referidos autores também consideram que esta abordagem orienta a pesquisa para o desenvolvimento de modelos conceituais que podem ser baseados na percepção e experiências dos pesquisadores, o que justifica esta abordagem para a segunda etapa.

Para a terceira etapa, foi adotada a pesquisa-ação como abordagem, pois trata-se da validação do modelo proposto. A pesquisa-ação é, segundo Coughlan & Coughlan (2002), uma abordagem interativa que necessita da participação dos pesquisadores e das pessoas que atuam no local ou instituição na qual a pesquisa-ação está sendo aplicada. Os autores mostram que esta abordagem focaliza o desenvolvimento da pesquisa *na* ação e não *sobre* a ação. Assim, justifica-se o uso da pesquisa-ação, pois houve a necessidade de se validar o modelo proposto para a obtenção dos

resultados referentes ao seu desempenho, de forma que isso foi feito aplicando-se o fluxograma em uma situação real, que contou com a participação tanto dos pesquisadores, quanto de diversos profissionais da empresa colaboradora.

## 4 Referencial teórico básico

### 4.1 *Kaizen*

A melhoria contínua (*kaizen*) é um dos conceitos que formam as bases do STP. Autores como Alukal & Manos (2006), Martin & Osterling (2007), Doolen et al. (2008), Forbes & Ahmed (2011) consideram que o *kaizen* representa uma ação que promove mudanças benéficas em uma estrutura contínua de aprendizagem e melhoria. Porém o conceito por trás da palavra está intimamente relacionado ao modo de vida do povo japonês (Brunet & New, 2003; Al-Smadi, 2009; Forbes & Ahmed, 2011; Suárez-Barraza et al., 2011).

Nesse sentido, Bessant et al. (2001) destacam um grande número de equívocos ou falhas por parte de empresas ocidentais, na tentativa de implementarem modelos ou programas de *kaizen*. Nas empresas ocidentais, a aplicação do *kaizen* é voltada, principalmente, para a inovação do que está sendo analisado, diferindo dos sistemas japoneses. Já os modelos de *kaizen* japoneses procuram integrar todos os participantes, encorajando-os a terem autoiniciativa para a resolução de problemas, integração e disciplina (Aoki, 2008). Desenvolver um *kaizen* significa focar e estruturar um projeto de melhoria contínua, a partir do uso de equipes multidisciplinares visando à análise de um ponto específico das tarefas que estão sendo desenvolvidas, com a finalidade de se atingirem objetivos específicos que tendem a melhorar tal ponto analisado (Doolen et al., 2008).

Singh & Singh (2012) consideram que o *kaizen* é uma filosofia reativa que não demanda grandes investimentos para sua implementação. Os autores consideram que uma empresa, ao desenvolver um *kaizen*, deve estar ciente de que isto significa voltar esforços para uma melhoria de grande significado, mas que será obtida incrementalmente e a longo prazo, porém com a vantagem das propostas serem economicamente viáveis. Para Al-Smadi (2009), uma estratégia para desenvolvimento do *kaizen* também depende do esforço e vontade humana em melhorar os resultados, sendo necessário um processo que auxilie a formulação das melhorias.

No contexto da ICC, considera-se que o conceito de *kaizen* é, essencialmente, o mesmo daqueles apresentados nos parágrafos anteriores, porém o grande entrave para o uso desses conceitos na ICC é relativo ao ambiente em que os eventos de *kaizen* são normalmente praticados e descritos, ou seja, na indústria de manufatura, a qual difere muito da ICC. Deficiências nos processos de projeto e, conseqüentemente, de produção fazem com que falhas e imprevistos ocorram frequentemente na

ICC. De certa forma, isso promove um imediatismo de decisões que, na maioria dos casos, apoiam-se na experiência prática de gerentes e operários. Isso ocorre sem qualquer tipo de sistematização científica que garanta ser aquela decisão a melhor e que o problema será efetivamente solucionado.

#### 4.2 O mecanismo do pensamento científico

No contexto de melhoria contínua integrada, como fundamento do STP, Shingo (1987, 1990, 2010) propõe uma abordagem científica para a identificação de problemas, proposição e desenvolvimento de melhorias e sua implementação em uma organização sistemática fluxo-orientada. Sendo assim, Shingo (1987, 1990, 2010) demonstra o MPC a partir de quatro estágios principais e um preliminar, que serão identificados e brevemente analisados nas sessões seguintes.

- a) **Estágio Preliminar:** Em essência, Shingo (2010) estrutura toda a sistematização do MPC, iniciando com o Estágio Preliminar, no qual o referido autor parte do princípio de que o processo deve ser analisado a partir da sua divisão em grupos de elementos, de maneira que as complexidades inerentes a tal processo sejam reduzidas a elementos gerenciáveis, nos quais os problemas podem ser mais facilmente identificados;
- b) **Identificação do Problema:** Shingo (2010) entende que a melhoria ou o desenvolvimento de um *kaizen* deve acontecer somente após os profissionais terem entendido a natureza íntima do problema identificado. Dessa forma, a resolução de um problema, sob a ótica do MPC, segue três etapas essenciais, sendo elas: descobrir o problema, esclarecê-lo e descobrir sua causa. Assim, o primeiro estágio do MPC deve fornecer o reconhecimento dos problemas e a consequente motivação para quebra de paradigmas, o que sugere, portanto, o início de desenvolvimento de melhorias;
- c) **Abordagens Básicas para Melhoria:** Shingo (1987, 1990, 2010) enfatiza que os profissionais devem: compreender os fatos com grande nível de detalhe, quantitativa ao invés de qualitativamente; pensar em termos de princípios categóricos a entender o fenômeno, classificando-o em tais categorias. Para tanto, este autor afirma que as empresas devem analisar o sistema produtivo a partir de duas abordagens: processual (para se identificar o curso das mudanças no objeto em questão) e operacional (para se analisar o

curso das mudanças no agente responsável). Portanto deve-se: focar os objetivos; reconhecer múltiplas propostas; aspirar a objetivos de maior complexidade, levando o profissional à compreensão do *status-quo* do sistema produtivo;

- d) **Fazendo Planos para Melhoria:** Neste estágio, os planos para melhorias devem ser compreendidos e desenvolvidos a partir de critérios científicos e criativos, desenvolvidos por métodos de *brainstorming*. Nesse sentido, Shingo preza quatro princípios: não criticar nenhuma ideia; acatar ideias incomuns; gerar o máximo de ideias possível; associar as ideias;
- e) **Traduzindo Planos em Realidade:** O último estágio do MPC promove a aplicação das propostas de melhoria. Shingo (2010) chama a atenção para eventuais objeções que, mesmo durante a implementação das propostas, podem surgir. O autor mostra que tais objeções, em alguns casos, podem ser coerentes, porém faz-se necessário que o profissional saiba discernir o que realmente pode ser um impedimento para mudanças.

### 5 O modelo proposto

Entende-se que o MPC, sob o ponto de vista operacional, é um tanto subjetivo. Durante as explicações a respeito dos estágios, Shingo (1987, 1990, 2010) acaba focando muito mais a filosofia que existe por trás dos passos, do que nas ferramentas que devem ser utilizadas. Muitas das soluções adotadas e citadas como exemplos em suas obras foram concebidas a partir de suas próprias observações, o que dificulta a transposição do mecanismo para ser utilizado por qualquer profissional. Isso se torna especialmente complicado para o caso de uso do MPC na ICC, por razões já demonstradas.

Assim, na tentativa de melhorar a operabilidade do MPC para uso na ICC, a seguir, apresentam-se as características do modelo, representado pelo fluxograma da Figura 1, dividindo a elucidação a partir dos seus quatro estágios. O modelo visa a orientar ao máximo o profissional a respeito das atividades que deverá desempenhar, a partir da inclusão de ferramentas e perguntas do tipo sim ou não, evitando ambiguidades e falhas durante o processo.

- a) **Estágio 1: Identificação do Problema:** do mesmo modo que o MPC descreve no seu segundo estágio, esta etapa tem como objetivo identificar os problemas que estão afetando a produção sob a ótica do *Lean Thinking*. Assim,

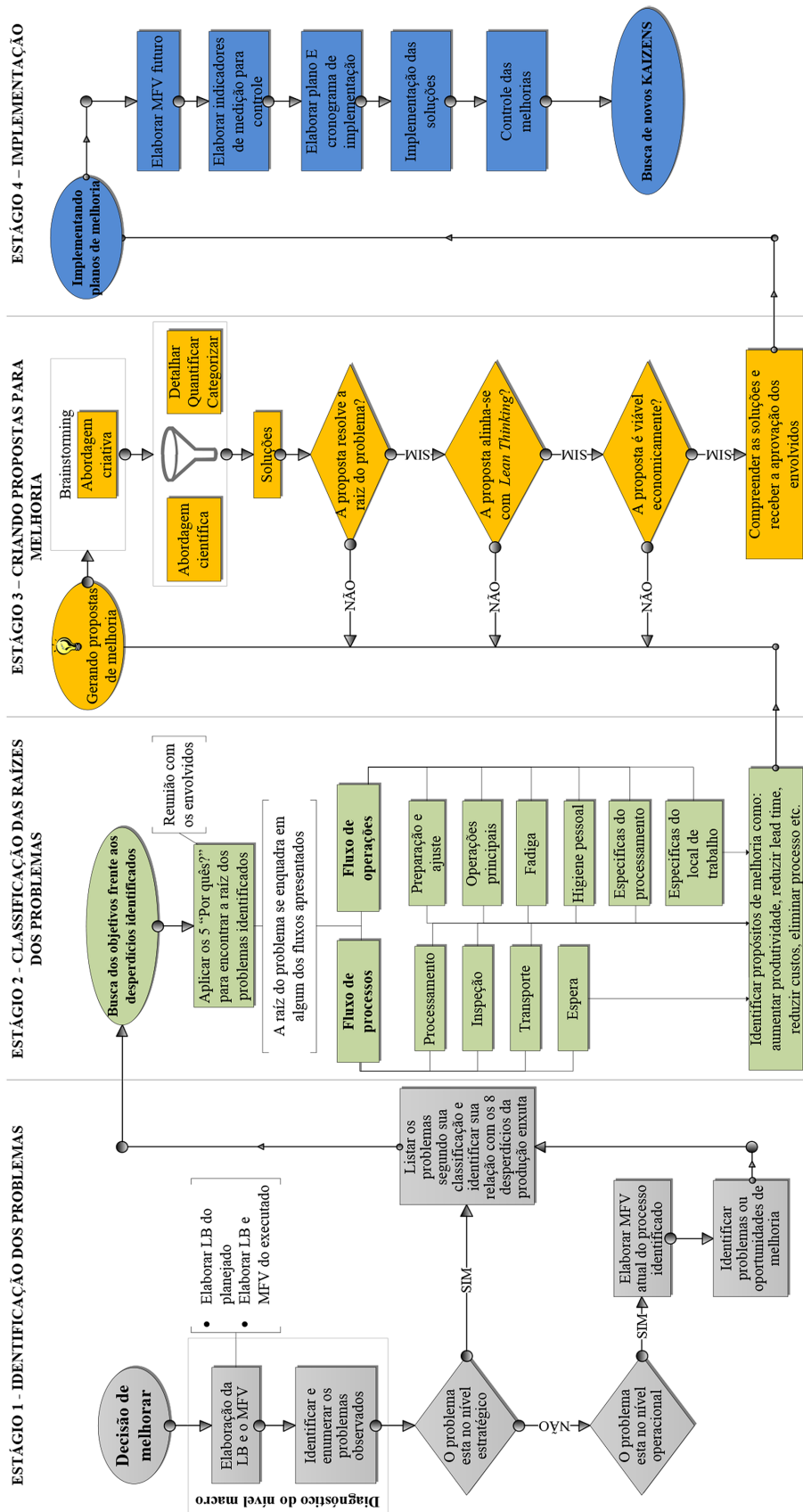


Figura 1. Fluxograma do modelo proposto. Fonte: Autores.

foram inseridas técnicas como o MFV, usadas amplamente na manufatura para diagnosticar situações atuais e estabelecer estados futuros de melhoria, e a LDB, técnica que permite, por exemplo, uma visualização gráfica dos ritmos de produção. No entanto, no âmbito da ICC, sugere-se que a aplicação dessas ferramentas não deve estar limitada ao canteiro de obras, mas estendê-la ao nível de planejamento, visto que é nesse estágio que os desperdícios podem ser evitados. Conforme este raciocínio, o modelo estabelece uma aplicação inicial das técnicas, baseando-se no planejamento da obra e nas estratégias definidas para a execução do projeto. Para isso, o primeiro passo é a realização de um diagnóstico em nível de planejamento, com a elaboração de MFVs e de LDBs.

Destaca-se a importância do uso do MFV e da LDB, pois são ferramentas que auxiliam o profissional a enxergar o que está acontecendo com o sistema de produção, ou seja, revelam o *status quo* do sistema, como sugerido por Shingo em suas obras. A LDB é uma técnica gráfica, originada na *Goodyear* nos anos 40, aplicável a projetos que envolvem operações de caráter repetitivo, tais como estradas, edifícios (com repetição de atividades), túneis e tubulações (Arditi et al., 2002). Para esses autores, a LDB é uma variação dos tradicionais métodos de planejamento que permite o balanceamento das atividades para que sejam executadas de forma contínua. Os autores demonstram que os principais benefícios da LDB são o fornecimento da taxa de produção, em um formato gráfico acessível, e a possibilidade de ajustar velocidades de produção para obter modelos em fluxo contínuo. Com relação ao MFV, o Lean Institute Brasil (2011, p. 60) define o MFV como um “[...] diagrama simples de todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação, necessárias para atender aos clientes do pedido à entrega”. Na visão de Bulhões (2009, p. 75), o MFV é uma ferramenta gráfica “[...] que permite visualizar e entender processos a partir da síntese de um conjunto de informações consideradas essenciais para identificar desperdícios”.

Assim, para o primeiro estágio, duas LDB são necessárias. A primeira delas é realizada com base nos dados do planejamento e, nesta, espera-se a identificação de características tais como: estratégia de execução adotada, tempos estimados de duração para cada atividade, ritmos de execução e pontos de interferência entre as atividades. A segunda LDB é feita a partir dos dados reais de execução (datas de início e de fim de cada atividade), o calendário real (início real da obra, data prevista para o fim da obra, horas de trabalho por dia, dias de trabalho e feriados) e a quantidade de equipes envolvidas

em cada atividade. Nesta segunda LDB, é possível analisar o empreendimento como um todo, o fluxo da produção de uma unidade específica ao longo do tempo, a estratégia real de execução, problemas com equipes esperando, trabalho em progresso e os ritmos das atividades e suas variações ao longo da execução (incremento ou diminuição dos ritmos, a causa das variações nas equipes envolvidas ou outras razões quaisquer).

Junto com a LDB do planejado, sugere-se a elaboração de um MFV macro, em que são obtidos dados como *lead time*, tempos de agregação de valor, desperdícios (atividades de fluxo), relação entre tempos de ciclo e o tempo *takt*, trabalho em progresso, entre outros. Depois de aplicar essas ferramentas, parte-se para uma análise, em que todos os conceitos da filosofia *Lean* devem ser utilizados para identificar problemas e entrever pontos em que existem oportunidades de *kaizens*, sendo que o resultado desta etapa é uma lista de problemas referentes ao nível de planejamento e ao nível operacional.

**b) Estágio 2: Explorando o Problema:** o Estágio 2 consiste basicamente na classificação do problema identificado com os MFVs e com as LDBs. A categorização do problema é importante, pois, conforme afirmação de Shingo (2010), a ciência trata da classificação sistemática do conhecimento. Este raciocínio pode ser aplicado, segundo o próprio autor, para a resolução rápida e precisa de problemas visando à eliminação de ambiguidades. Assim, no Estágio 2, o problema deve ser discutido por coordenadores e posteriormente classificado. É obrigatório esclarecer que o desenvolvimento e aplicação do segundo estágio dependem do nível de integração das equipes e dos coordenadores.

Para que a raiz do problema seja identificada, é necessário que coordenadores e demais profissionais realizem reuniões frequentes e quantas vezes forem necessárias até que haja um consenso entre todos de que o problema foi totalmente identificado e classificado. Para tanto, foi incorporada a *Root Cause Analysis (RCA)*. Julisch (2003) mostra que a *RCA* consiste na tarefa de se identificarem as raízes que originam os problemas ou falhas identificados, bem como os processos que a afetam. Para isso, a primeira atividade é reunir coordenadores para que filtrem o problema identificado. No modelo, a *RCA* é desempenhada a partir do uso dos Cinco Por Quês. Para Ohno (1988), ao se aplicarem os Cinco Por Quês, o profissional pode chegar à verdadeira causa do problema, que geralmente está escondido em obviedades que não seriam tão evidentes. Assim, as perguntas devem ser respondidas quantas vezes forem necessárias, até o

momento em que o profissional notar que a causa do problema foi efetivamente identificada.

O terceiro passo, obedecendo à questão de diferenciação do problema e garantindo precisão da futura proposição, é classificar a causa primária de acordo com os coordenadores do empreendimento. Tal classificação é feita dividindo o problema como pertencente ao fluxo de processos ou ao fluxo de operações. Sob o ponto de vista da filosofia *Lean*, Koskela (1992) mostra que, na ICC, o fluxo de processos é relativo ao produto que está sendo construído, sendo composto por atividades de conversão, inspeção, transporte e espera. Já o fluxo de operações diz respeito às condições de produção e aos operários que desempenham as funções. Sendo assim, o problema identificado será natural dos processos e suas atividades de fluxo ou das condições de operação e desempenho das funções. Finalmente, após se conhecerem as razões dos problemas encontrados no Estágio 1 e classificá-los, define-se a direção na qual se nortearão as melhorias. Com isto se inicia o Estágio 3.

**c) Estágio 3: Criando Propostas Para a Melhoria:**

o início do desenvolvimento das propostas de evolução do sistema produtivo deve contemplar tanto a abordagem científica quanto a abordagem criativa (Shingo, 2010). O autor considera que as melhorias são originadas a partir de flexibilidade mental, com o preceito de que existem diversos caminhos para um mesmo objetivo. Dessa forma, o modelo contemplou tanto a ciência quanto a criatividade para o desenvolvimento da melhoria.

A exemplo das reuniões entre os profissionais necessárias no Estágio 2, a geração das ideias também só irá obter sucesso com a integração entre equipes multidisciplinares. Assim, as abordagens científica e criativa devem ser desempenhadas em momentos distintos a fim de que todos possam colaborar com o *kaizen*. Considera-se que a primeira abordagem a ser executada seja a criativa, para que, depois, as ideias da mesma passem pelo crivo da abordagem científica. Para o desenvolvimento da abordagem criativa, ponderou-se que, assim como no MPC, o *brainstorming* seja uma técnica adequada para o livre raciocínio dos profissionais. No que diz respeito à aplicação da ciência para a geração de ideias, elas deverão ser detalhadas, quantificadas e categorizadas para se evitarem ambiguidades e, além disso, filtrar ideias do *brainstorming* que não obedeçam a critérios científicos das técnicas e ou tecnologias que estão sendo utilizadas no sistema produtivo.

Detalhamento, quantificação e categorização indicam o desenvolvimento da ideia que surgiu a partir do *brainstorming*, isto é, projetar com bases científicas o que está sendo proposto, para que seja possível sua concretização. O projeto da proposta não

é, necessariamente, algo que deve exigir um grande intervalo de tempo gasto pelos profissionais, uma vez que o objetivo é implementar mudanças incrementais no sistema. Dessa forma, a própria abordagem científica deve filtrar propostas do tipo *break-through*, a não ser que sejam realmente necessárias para o sistema, cabendo aos profissionais o discernimento relativo às reais necessidades da empresa.

Uma vez desenvolvida, a proposta passará ainda por duas triagens no Estágio 3. A primeira é relativamente simples e questiona se a proposta em questão realmente solucionou o último “por quê” do Estágio 2. Obviamente, se a proposta não atende satisfatoriamente à resolução da raiz do problema, então novas propostas devem ser geradas. Para isso, é necessário que os profissionais estejam em concordância e convencidos de que a raiz foi realmente solucionada. A segunda triagem depende do conhecimento e domínio dos profissionais com relação aos princípios da *Lean Thinking*. Este crivo questiona se a ideia gerada está alinhada com tais princípios.

O alinhamento conceitual da proposta com o *Lean Thinking*, eventualmente, pode ser de difícil percepção, principalmente se a empresa desempenha práticas que não solidarizam com tal filosofia. Assim, considera-se conveniente que os profissionais sejam educados e, ao menos, conheçam os princípios básicos do *Lean* para que as propostas resultem em atividades que possam ser classificadas dentro do universo de tal filosofia. Assim, sendo a proposta aceita por todos os filtros, inicia-se o Estágio 4.

**d) Estágio 4: Viabilidade de Implementação:**

o objetivo deste estágio é definir os parâmetros que delimitam a implementação das melhorias. Para isso, elabora-se um MFV do estado futuro, com as propostas de melhoria, resultantes do Estágio 3. Feito isso, devem se definir indicadores (produtividade, desperdícios etc.) que servirão para descrever o estado atual, controlar o processo e determinar se a solução trouxe os benefícios esperados. Em seguida, o modelo guia o profissional para a elaboração do planejamento das propostas, no qual devem se definir aspectos como: atividades a serem realizadas, metodologia a ser usada, responsáveis pelo controle e execução das atividades e datas para verificação e avaliação do processo. Na sequência, o modelo estabelece a implementação dos planos definidos e o controle contínuo do processo, para garantir que as melhorias sejam entendidas e conservadas ao longo do tempo.

Obviamente, o Estágio 4 é altamente dependente da disposição e interesse da empresa em aplicar, em vias de fato, o que foi desenvolvido no Estágio 3. Muitas

vezes, as empresas consideram que uma melhoria em sistema produtivo envolve altos investimentos. Porém, com o modelo proposto, não há risco de a empresa investir em algo que pode gerar incertezas e insegurança, ou seja, a melhoria é diretamente voltada para a resolução do problema identificado e não é implementada se não for aprovada por crivos técnicos e financeiros da empresa.

## 6 Aplicando o modelo proposto

Aqui, serão apresentados maiores detalhes a respeito da pesquisa-ação e os resultados com ela obtidos. Não serão elucidados conceitos relativos à maneira como as LDBs e os MFVs devem ser elaborados, uma vez que foram respeitados os conceitos que fundamentam sua execução e que podem ser encontrados em obras como Arditi et al. (2002) e Rother & Shook (2003), respectivamente.

### 6.1 Descrição do empreendimento

O empreendimento caracteriza-se por ser um condomínio fechado, localizado na cidade de Limeira-SP, onde também está sediada a empresa construtora, constituído por 76 casas de médio padrão, com dois pavimentos, totalizando 120 m<sup>2</sup> de construção cada

casa. As habitações foram construídas em alvenaria estrutural de bloco de concreto, compostas de três suítes, sala de estar, sala de jantar, varanda, lavabo e banheiro de serviço. Optou-se por considerar a unidade de produção (o lote) como sendo o conjunto de duas casas pelo fato de a construtora iniciar tais unidades dessa forma, ou seja, duas casas por equipe de produção. Assim, o canteiro de obras era composto por 38 lotes, como ilustrado na Figura 2.

Para este artigo, foram considerados 37 lotes como a quantidade efetiva de unidades a serem produzidas, tendo em vista que as casas (65-66) estavam concluídas e sendo utilizadas como escritório e *show-room*, respectivamente.

### 6.2 A pesquisa-ação

Dentre as empresas com que se teve contato para a realização dos estudos, decidiu-se pela escolha de construtoras que tivessem obras (horizontais ou verticais), com planejamentos definidos, que mostrassem interesse pela implementação dos conceitos *Lean* e disposição para colaborar com as informações requeridas para a pesquisa. Assim, em um primeiro momento, foram feitas visitas ao escritório central da obra selecionada, a fim de que os conceitos relativos ao

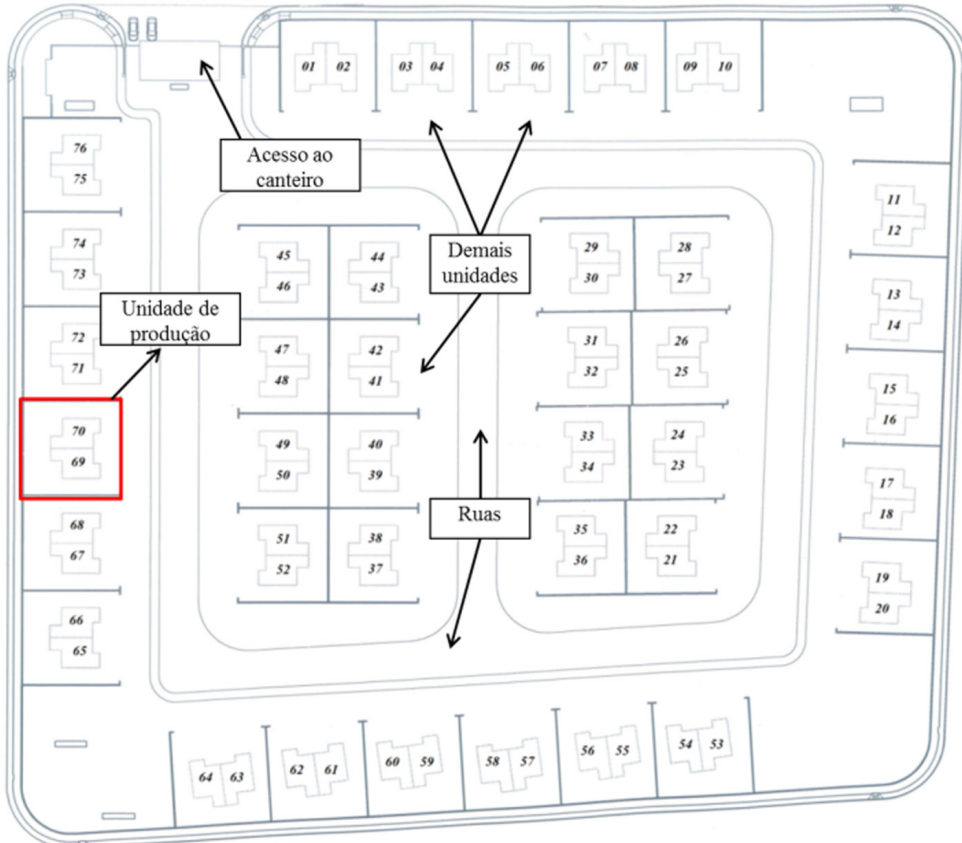


Figura 2. Layout do canteiro de obras do empreendimento. Fonte: Autores.



*Lean Thinking* fossem apresentados aos profissionais. Participaram dessas reuniões um dos coordenadores de contratos da empresa, o gerente da obra, estagiários e encarregados. Os profissionais, especialmente o coordenador e o gerente, já apresentavam um relativo conhecimento dos princípios da filosofia, de maneira que as reuniões foram importantes para nivelar o conhecimento entre os participantes.

Com os conceitos e objetivos comuns a todos, o coordenador concordou em aplicar o modelo desenvolvido no canteiro. Assim, foi dado início ao Estágio 1 do fluxograma que, basicamente, procura diagnosticar o sistema de produção. Para isso, foram solicitados, junto à empresa, dados a respeito do planejamento da obra, e foi fornecido o de longo prazo (cronograma). De posse desta informação, elaborou-se a LDB do planejado, a ser demonstrada nos resultados. A partir da análise deste cronograma, obteve-se uma série de informações essenciais para o processo de diagnóstico. Inicialmente, estudou-se a estrutura hierárquica das atividades, com a qual também se determinou a estratégia de execução das unidades de produção e os ritmos definidos para cada atividade. Como parte das atividades descritas no fluxograma, também foi elaborada a LDB do executado no canteiro, a partir de dados que a própria construtora detinha, como parte do controle do desempenho do empreendimento.

Além da LDB, também foi desenvolvido MFV macro atual relativo às atividades de execução de um lote. Para o desenvolvimento do MFV atual, requereram-se as datas de início e fim das atividades, as equipes envolvidas e o esquema do planejamento e controle da produção. Este último foi obtido a partir das entrevistas tanto à equipe de planejamento, como ao diretor e encarregados da obra. Com base no MFV apresentado, determinou-se a composição do *lead time* (atividades de processamento, atividades de fluxo e fluxo de operações) de um lote tipo. Nos resultados, estarão demonstrados os tempos, em horas e dias, de cada um dos componentes do *lead time* e, adicionalmente, mostra-se a sua composição porcentual dentro dele. Esses valores foram obtidos a partir da média dos valores apresentados nas 37 unidades de produção, tanto para as atividades de fluxo quanto para as que agregam valor ao cliente interno e ao cliente final.

Cabe destacar que, além dos dados fornecidos pela empresa, foram realizadas observações relativas ao comportamento do canteiro de obras. Essas observações foram necessárias para se entender a dinâmica das equipes de trabalho, os transportes, as esperas por parte das equipes e a regularidade e duração das inspeções dos serviços. Isso foi feito após 5 visitas ao longo de 10 dias. Para a coleta destas informações, os pesquisadores observaram as atividades do canteiro

e registraram as informações utilizando cronômetros e máquina fotográfica.

Com a análise das LDBs e do MFV atual, juntamente com as informações coletadas no próprio canteiro, foram identificados problemas, entendidos, em consenso com a construtora, como sendo de ordem estratégica e operacional. Neste artigo, serão apresentados os resultados apenas dos problemas de ordem estratégica, mas destaca-se que foi feita uma análise de ordem operacional relativa ao processo de elevação da alvenaria (também em consenso com a empresa). Dessa forma, a pesquisa avançou para o Estágio 2. Para o desenvolvimento desse estágio, foi realizada uma reunião para discutir os problemas encontrados, de acordo com o diagnóstico realizado, em que foram propostas algumas ideias focando a origem desses problemas.

Essa reunião foi realizada no escritório da obra e teve como participantes a equipe da obra (contando com o coordenador de contratos, o mestre da obra, os engenheiros encarregados do controle da qualidade e do planejamento) e a equipe de pesquisadores. O principal objetivo da reunião foi apresentar os problemas encontrados na análise do planejamento e o executado (nível macro) para sua classificação e para a discussão das possíveis fontes desses problemas. Nessa reunião, explicou-se o diagnóstico macro realizado com base na LDB e o MFV, além das observações registradas nas visitas ao canteiro.

A partir disso, foram discutidas as razões desses problemas, visando a encontrar sua origem, que logo seria classificada e analisada por todos os participantes, para propor caminhos que norteariam as propostas finais de melhoria. O Estágio 3 também teve seu desenvolvimento a partir das reuniões realizadas no próprio Estágio 2, em que foram propostas as oportunidades de *kaizen*, passando por todos os crivos do fluxograma. O Estágio 4 não foi aplicado na empresa, durante o desenvolvimento da pesquisa, uma vez que isso dependia unicamente da construtora, ficando restrita, para este artigo, apenas a apresentação dos *kaizens* originados com o modelo e, obviamente, considerados possíveis de serem implementados pela construtora.

### 6.3 Resultados

Como demonstrado, o processamento do Estágio 1 depende da elaboração de LDBs e MFVs para a análise do comportamento do sistema produtivo, tanto do planejado quanto do desempenho da produção. Assim, como parte dos resultados do modelo, demonstra-se, na Figura 3, a LDB que foi elaborada a partir do planejamento inicial da empresa.

Analisando a Figura 3, nota-se que a estratégia de execução da obra merece um planejamento

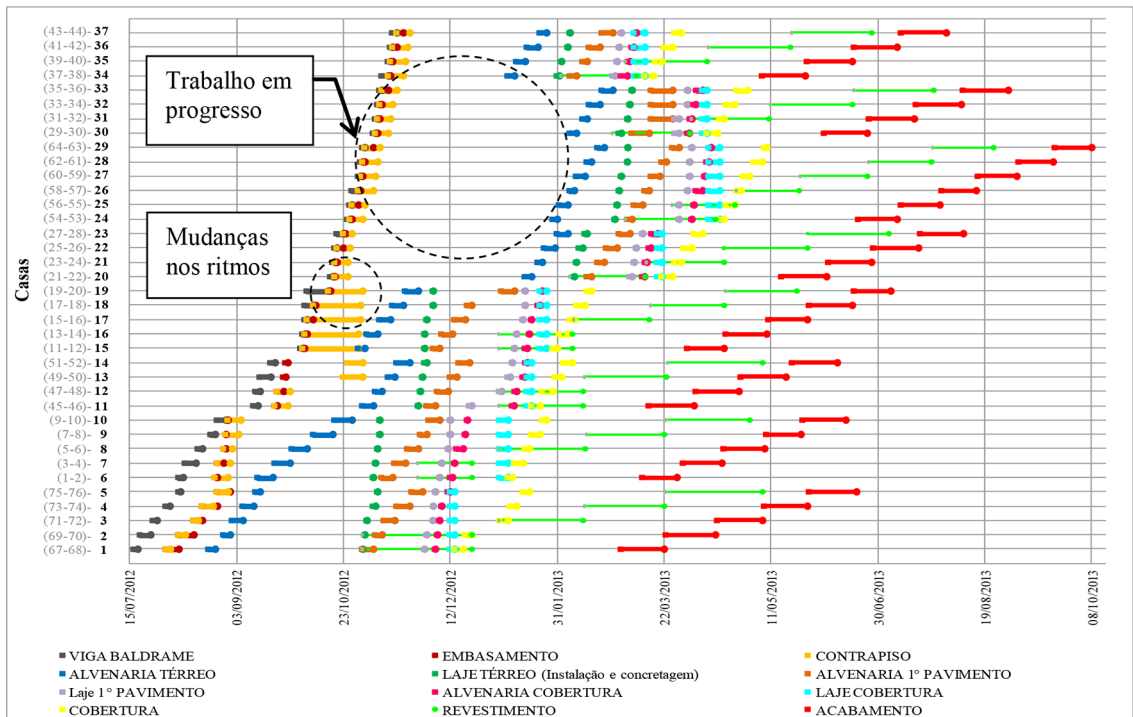


Figura 3. LDB do planejado para o empreendimento. Fonte: Autores.

mais rigoroso, focada na redução do transporte de material, facilitação do acesso e movimentação de pessoas e equipamentos, visto que, à medida que se avança na execução das casas, a distância entre os pontos de acesso e as zonas de produção também aumentam, como pôde ser visto anteriormente na Figura 2. Segundo os dados do planejamento, uma unidade de produção, em média, seria produzida em 192 dias úteis (aproximadamente nove meses), dos quais 36,9% são atividades de processamento (AP), 62,5% de atividades de fluxo (AF) e 0,65% de fluxo de operações (FO) ao cliente interno (Tabela 1). Esses dados são o resultado da análise dos tempos de serviços e as esperas entre estes para cada unidade de produção.

Essas informações propõem no início, um cenário desfavorável para o empreendimento, no sentido de que do tempo total investido para executar uma unidade, somente o 36,9% está agregando valor ao produto, enquanto que, no tempo restante, a unidade está estocada, esperando ser processada. Isso, de fato, é um problema que deve ser eliminado.

Observou-se, por outra parte, que a obra não conta com um projeto de canteiro definido, que ligue o modelo de produção, próprio desse empreendimento, com as condições espaciais da obra. A ausência desse projeto é evidenciada na falta de corredores de circulação sinalizados, no sequenciamento de execução escolhido, na localização dos silos de

argamassa e graute, entre outros aspectos observados durante as visitas.

Passando a outro ponto, notou-se que, em várias etapas do planejamento, as atividades apresentam ritmos diferentes, em parte porque não há um plano estruturado que indique a quantidade e composição das equipes que executarão os serviços. Essa particularidade reduz a confiabilidade do planejamento, dificulta a sincronização dos serviços, incentiva a criação de tempos ociosos, esperas e estoques (trabalho em progresso) e torna difícil o controle da produção por falta de um padrão de comparação. Seguindo a sequência do modelo proposto, foi desenvolvida a LDB do que estava sendo executado, como descrito anteriormente, representada na Figura 4.

O sequenciamento de execução das casas proposto no planejamento não se cumpriu, visto que se observou que alguns lotes foram executados em diferente ordem, ao proposto no cronograma, alterando, também, as datas de início e fim previstas. Esse fato deixa em evidência a falta de acompanhamento rigoroso do planejamento inicial, que, por sua vez, pode resultar em tomadas de decisões improvisadas, o que se considera uma prática prejudicial que deve ser eliminada.

Essas mudanças ou alterações no cronograma são consideradas, em primeiro lugar, como uma falha no processo de planejamento e uma das causas de desperdícios. A estratégia de execução real evidencia

Tabela 1. Composição do lead time teórico:planejamento.

Composição lead time		Tempo (Horas)	Tempo (dias)	Composição porcentual
Atividades de processamento	AP	636,8	70,8	36,9%
Atividades de fluxo	AF	1079,5	119,9	62,5%
Fluxo de operações	FO	12	1,3	0,6%
<b>Lead time</b>		<b>1728,2</b>	<b>192,0</b>	<b>100%</b>

Fonte: Autores.

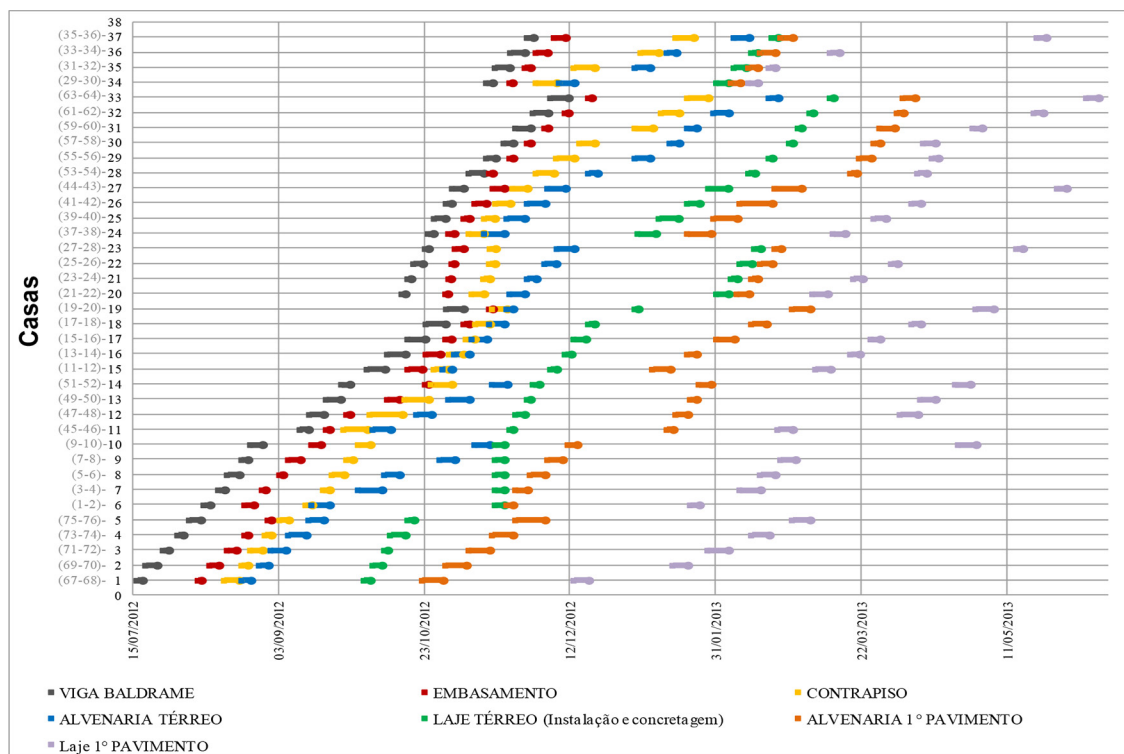


Figura 4. LDB do executado para o empreendimento. Fonte: Autores.

que o sistema de produção é empurrado e, por isso, uma das consequências é a geração de estoques em progresso (trabalho em progresso) entre as diferentes atividades. Esse fato está em contraposição aos princípios básicos da produção enxuta, propiciando a geração de desperdícios (espera e estoque) e a utilização de recursos (material, mão de obra e equipamentos) em instantes inadequados do projeto.

O fato de abrir várias frentes de trabalho ao mesmo tempo reduz a transparência do sistema, dificultando o controle da produção e o planejamento de curto prazo das atividades, visto que se devem coordenar todos os elementos para maior quantidade de unidades. Isso não significa que este tipo de estratégia deva ser evitado, e sim deve ser o resultado de uma análise rigorosa que inclua os ritmos de cada atividade, a disponibilidade de materiais, equipamentos, ferramentas e equipes. Por outra parte, notou-se a inclusão de várias equipes, em certas etapas da obra, para aumentar a produção;

porém, em alguns casos, esta não teve continuidade nas atividades posteriores, gerando, dessa forma, estoques intermediários de subprodutos acabados. Prosseguindo com o fluxograma, o próximo passo foi a elaboração do MFV macro atual (Figura 5).

Com base no MFV da Figura 5, determinou-se a composição do lead time (atividades de processamento-AP, atividades de fluxo-AF e fluxo de operações-FO) de um lote. A Tabela 2 mostra os tempos, em horas e dias, de cada um dos componentes do lead time e, adicionalmente, mostra-se a sua composição porcentual dentro dele. Esses valores foram obtidos a partir da média dos valores apresentados nas 37 unidades de produção, tanto para as atividades de fluxo, quanto para as que agregam valor ao cliente interno e ao final. A partir das Tabelas 1 e 2, é possível entrever as diferenças na composição do lead time entre o planejado e o que está sendo executado.

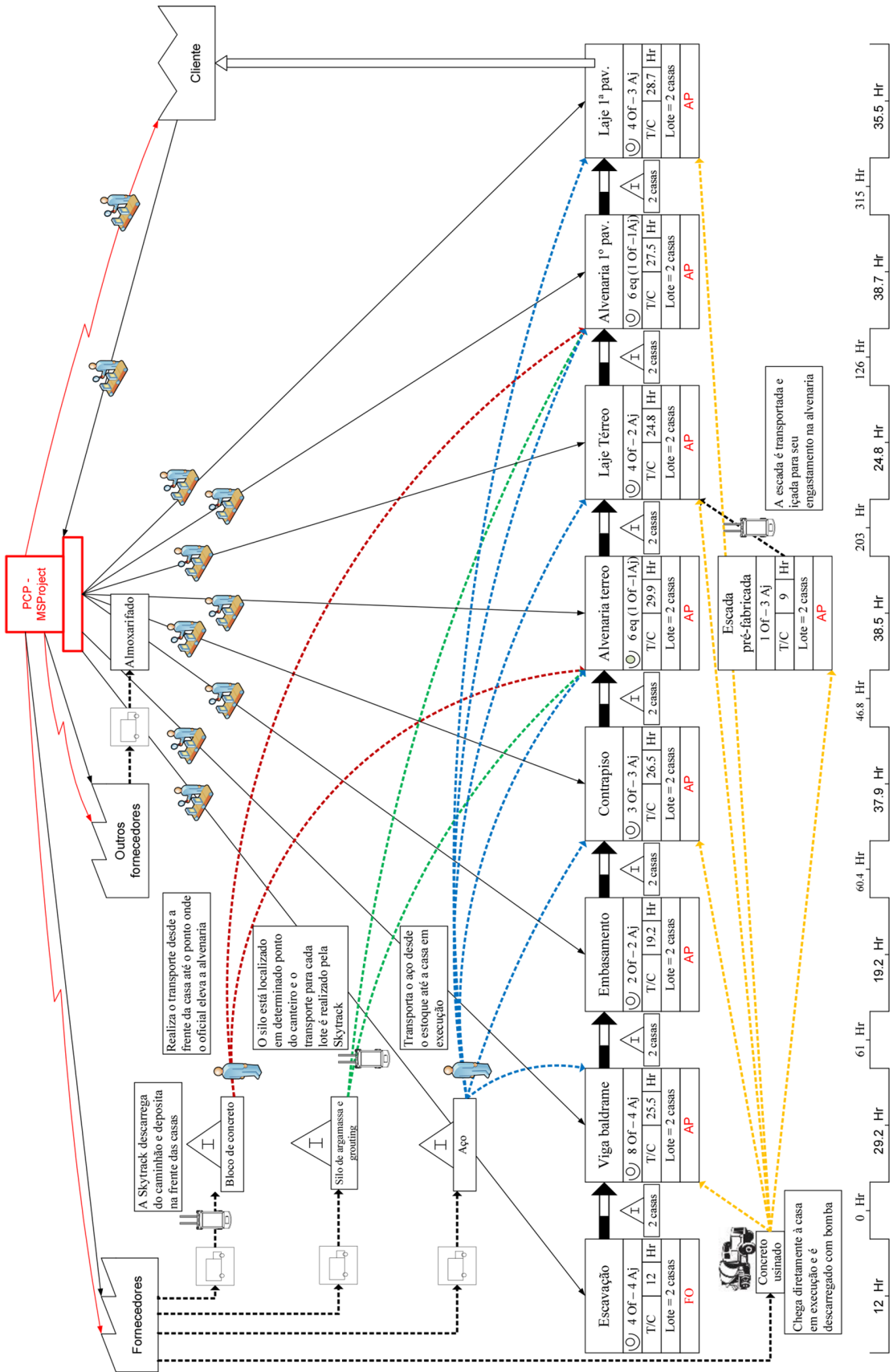


Figura 5. MFV atual do canteiro de obras. Fonte: Autores.

É necessário destacar que os dados da Tabela 2 se referem às atividades executadas até o momento em que as visitas técnicas foram realizadas (maio de 2013), portanto as informações da cobertura, revestimentos e acabamentos não foram incluídas no MFV da Figura 5. Isso explica a diferença entre valores de *lead time* e a Tabela 1, uma vez que esta mostrou os dados do planejamento que, obviamente, contabilizou todas as atividades necessárias para a conclusão e entrega dos lotes.

Além disso, elaborou-se a Figura 6, que mostra a relação entre os tempos de ciclo de cada atividade (agrupadas por equipes) e o tempo *takt*. Cabe salientar que, inicialmente, a obra estava programada para ser executada no período compreendido entre 1/5/2012 e 13/11/2013, o que significa um tempo *takt* de 8,4 dias (considerando a entrega de 1 lote até a laje do primeiro pavimento); porém, durante a execução, o PCP da obra decidiu adiar a data de entrega para o dia 31/1/2014, causando uma modificação no tempo *takt*, que passou de 8,4 para 9,7 dias.

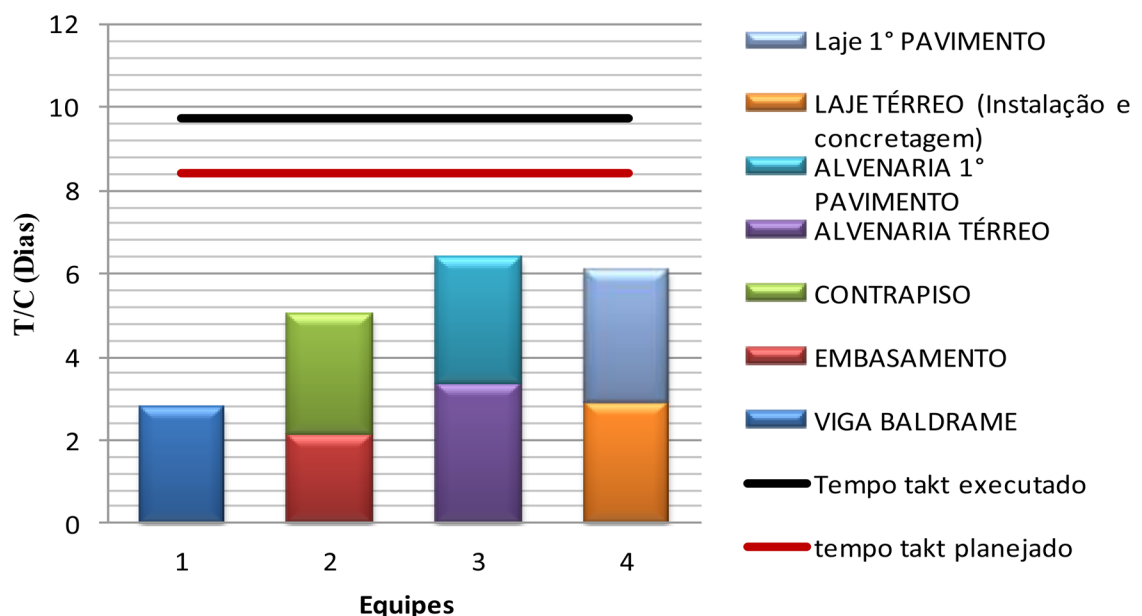
O cálculo do tempo *takt*, tanto do planejado quanto do executado, foi feito com base em informações fornecidas pela empresa, baseadas na duração das atividades para cada lote. De posse dessas informações, primeiramente para o caso do *takt* planejado, o tempo disponível para a produção era de ( $T = 2729,22$  horas), sendo que este valor foi dividido pela demanda ( $D = 37$  lotes), obtendo um *takt* de 73,76 horas (aproximadamente 8,4 dias, para jornadas de trabalho de 8,80 horas). Para o caso do *takt* executado, o tempo disponível para a produção era de ( $T = 3152,25$  horas), sendo que este valor foi dividido pela demanda ( $D = 37$  lotes), obtendo um *takt* de 85,20 horas (aproximadamente 9,7 dias, para jornadas de trabalho de 8,80 horas).

A mudança da data de entrega do empreendimento causou um aumento no tempo *takt*, que, inicialmente, já apresentava uma diferença importante com respeito aos tempos de ciclo, cujos valores reais também apresentaram aumentos, só que em menor magnitude. Nesse sentido, tanto no caso planejado quanto no caso executado, a diferença entre estas duas

**Tabela 2.** Composição do *lead time* real.

Composição <i>lead time</i>		Tempo (Horas)	Tempo (dias)	Composição porcentual
Atividades de processamento	AP	223,9	24,9	21,3%
Atividades de fluxo	AF	813,1	90,3	77,4%
Fluxo de operações	FO	13,3	1,5	1,3%
<b>Lead time</b>		<b>1050,3</b>	<b>116,7</b>	

Fonte: Autores.



**Figura 6.** Relação entre o tempo *takt* e os tempos de ciclo de cada atividade. Fonte: Autores.

métricas evidencia o excesso de operários utilizados para executar as atividades. Seria possível reduzir a quantidade de equipes e, ainda assim, seria atingida a demanda nas datas estabelecidas. Como descrito, o Estágio 2 trata da classificação desses problemas e identificação de propósitos de melhoria. Assim, no Quadro 2, resumiu-se, portanto, a identificação dos problemas, sua classificação e as possíveis melhorias, conforme descrito na pesquisa-ação.

Cabe salientar que o quadro apresentado foi produzido em conjunto com a equipe do canteiro de obras. As opiniões e propostas que surgiram nessa reunião foram, conforme o conceito de Shingo, compreendidas por todos os envolvidos. Assim, para o Estágio 3, dentre as propostas resultantes, algumas foram selecionadas, as quais a construtora julgou serem econômica e tecnicamente viável, além do fato de estarem alinhadas com o *Lean Thinking*. Porém, como dito anteriormente, tais propostas não foram implementadas pela empresa durante a realização da pesquisa, de maneira que, para o Estágio 4, os *kaizens* foram apenas indicados, uma vez que a aplicação das melhorias ficou a cargo da decisão dos dirigentes da construtora. Portanto, a partir da identificação dos propósitos de melhoria, os *kaizens* gerados no Estágio 4 foram: usar a LDB e o MFV como ferramentas de apoio ao planejamento da obra; definir as estratégias de execução ao longo do desenvolvimento do canteiro de obras com o projeto do canteiro e uso de ferramentas como o Diagrama de Espaguete em conjunto com o MFV; aprimorar a estrutura de fornecimento de material com o uso de *Kanbans*; eliminar estoques intermediários (material e serviço), também com o uso de *Kanbans*; diminuir o uso de recursos, principalmente de mão de obra, para que os tempos de ciclo das atividades se aproximem mais do tempo *takt*.

## 7 Análise e considerações

O modelo proposto representa uma contribuição para o processo de desenvolvimento sistemático de melhorias nos canteiros de obras, posto que se fundamenta tanto na teoria quanto na prática. No que tange aos fundamentos teóricos, observa-se que suas bases são o MPC de Shingo, o qual aborda a implementação de melhorias desde um conceito que visa ao trabalho em equipe, incentiva a discussão dos problemas e, assim mesmo, das soluções, inter-relaciona as abordagens científicas e criativas e, finalmente, prioriza as melhorias contínuas, porém duráveis ao longo do tempo (*kaizen*), acima das melhorias radicais (*kaikaku*). Considera-se que o modelo conta com uma estrutura fluxo-orientada, sistemática e prática que favorecerá a identificação dos problemas e suas raízes, ao encontro de soluções e melhorias e, finalmente, a concretização das propostas.

Analisando o modelo, à luz da pesquisa-ação, observou-se que as técnicas e o processo adotado para a identificação dos problemas mostraram-se adequados no canteiro de obras analisado e proporcionaram a identificação e quantificação dos desperdícios, assim como as situações em divergência com os conceitos e princípios *Lean*. Por outra parte, o Estágio 2 forneceu os meios para identificar a causa real dos problemas (origens) e não simplesmente suas consequências, possibilitando a proposição e implementação de soluções futuras mais eficientes, que resolverão os problemas definitivamente. No Estágio 3, evidenciaram-se as vantagens que produzem o *brainstorming* entre os encarregados da direção, execução e controle da obra, sob as abordagens criativas e científicas. A sequência de questionamentos garantiram a produção de ideias viáveis econômica e tecnicamente, estando alinhadas com a filosofia *Lean* e focadas na resolução definitiva da problemática encontrada.

Finalmente, destaca-se a plena concordância por parte da equipe de diretoria e gerencial da obra quanto aos resultados obtidos. O trabalho veio a corroborar com a percepção desta equipe, mostrando, de forma quantitativa, a ineficiência tanto do planejamento elaborado quanto da sequência e momento de execução dos serviços nas unidades produtivas. Isso evidencia, novamente, o potencial do modelo proposto e avalia sua funcionalidade dentro de um canteiro de obras. Com base nisso, conclui-se que o objetivo proposto para este artigo foi atingido de forma adequada. A seguir, são apresentadas algumas conclusões relativas às etapas da pesquisa obtidas com a experiência de uso do modelo com a empresa.

Embora o empreendimento estudado apresente um desempenho favorável com respeito a outros concorrentes, observou-se que, nesse tipo de empreendimento, ainda há muito a ser desenvolvido e aplicado para que ele possa ser entendido como um sistema *Lean*. Em outro sentido, concluiu-se que há uma falta de detalhamento ou mesmo desconhecimento do sistema de produção, problema este que se inicia no nível estratégico. Assim, afirma-se que o primeiro passo na transformação para o uso da filosofia *Lean* deve ser focado na definição do modelo de produção, abordando temas como quantidade de operários envolvidos por atividade, elementos do seu trabalho, tempos de ciclo, tempos de produção etc. Uma vez alcançado isso, poder-se-á evoluir para conceitos mais refinados como balanceamento da cadeia de produção, *Just-in-Time*, eliminação de estoque etc.

Algumas conclusões podem ser registradas com relação ao planejamento utilizado pela empresa com o uso do modelo, como: (a) a empresa não tem a cultura de realizar o planejamento da obra à luz dos conceitos *Lean*, fato que se evidenciou nos resultados descritos neste diagnóstico; (b) as atividades analisadas não apresentam uma definição

**Quadro 2.** Problemas, raízes, classificação e propósitos de melhoria.

Num.	Problemas	Raiz do problema	Classificação	Identificar propósitos de melhoria
1	Não houve um projeto de canteiro com: tamanho e localização das áreas de trabalho, determinação da sequência de execução e especificação das vias de acesso e circulação de pessoas e fornecimento de material.	Embora a empresa tenha dentro dos seus procedimentos a realização deste projeto, nesta obra não foi realizado devido, basicamente, a negligência no início da obra.	Preparação e ajuste.	Devem-se criar mecanismos para garantir que a obra não se inicie sem contar com certos elementos de entrada como, neste caso, o projeto de canteiro.
2	O planejamento da obra prevê <i>lead times</i> de produção altos, compostos por intervalos de espera importantes.	<p>1. As atividades que compõem o planejamento não têm definidos parâmetros como: equipes envolvidas, tempos de ciclo, tempos de processamento.</p> <p>2. Não se usam técnicas como a LDB para sincronizar as atividades e reduzir o trabalho em progresso.</p>	Espera, (especifica do processamento) e processamento.	Definir parâmetros para cada atividade (mão de obra, tempos de ciclo, <i>lead time</i> , elementos de trabalho) e utilizar a LB como base para o planejamento detalhado do método de Gantt e, inclusive, vincular este com o plano de financiamento do banco.
3	Não há uma definição clara dos ritmos de produção das atividades. Falta de sincronia entre processos.	3. Planeja-se com o conceito de empurrar a produção e não visando puxar a produção.		
4	A estratégia de execução incentiva a abertura de várias frentes de trabalho ao mesmo tempo. Produção empurrada.	4. O esquema de financiamento com o banco prevê a liberação de parcelas do empréstimo a partir do avanço da obra, obrigando às vezes a abrir frente de trabalho e acelerar o ritmo.		
5	O planejamento não é acompanhado com a rigorosidade que se requer.	A raiz deste problema está na cultura própria da construção, que percebe o planejamento como uma ferramenta necessária, porém que perde seu valor pelo desvio com respeito à realidade e pela inclusão de lacunas à causa das incertezas em certos temas como a mão de obra e o clima. Isto repercute num controle da produção frágil.	Processamento.	Fazer com que o planejamento se torne uma técnica confiável que sirva de modelo para controlar a execução do empreendimento.

Fonte: Autores.

Quadro 2. Continuação...

Num.	Problemas	Raiz do problema	Classificação	Identificar propósitos de melhoria
6	Mudanças nos ritmos da produção (incremento ou diminuição das equipes) sem objetivos específicos.	A mão de obra, talvez pelo esquema de contratação usado, apresenta instabilidade (inconstância), o qual causa incertezas, que se transmitem em tomadas de decisões protecionistas que buscam aproveitar os tempos de bonança na demanda de mão de obra para produzir mais e equilibrar os tempos de queda.	Específicas do processamento.	Aprimorar ou mudar o esquema de contratação da mão de obra.
7	A diferença entre os tempos de ciclo e o tempo <i>takt</i> , evidencia o excesso de mão obra para executar alguns serviços.	As incertezas que causam as variações do mercado de trabalho fazem com que, se for possível, se incremente a mão de obra para se contrapor às quedas na demanda da mão de obra.	Processamento.	
8	O esquema de fornecimento de material ainda permite o transporte manual.	O transporte pela <i>skytrak</i> se converteu no gargalo da produção, fazendo com que este, por reduzir o tempo de ciclo, aloque os materiais na frente das casas, e se gere assim, um transporte adicional.	Transporte.	O planejamento operacional deve considerar o tempo de ciclo da <i>skytrak</i> e vinculá-lo com as outras atividades.
9	As inspeções causam o aumento do <i>lead time</i> , pois estão dentro do fluxo principal da cadeia.	A frequente manifestação de erros de execução e baixa qualidade obrigaram a reforçar o controle, resultando em inspeções rigorosas que demandam mais tempo.	Inspeção.	Eliminação ou redução do tempo de inspeção. Também poderia se executar esta atividade paralelamente de tal forma que não afete o <i>lead time</i> da produção.

Fonte: Autores.

clara dos ritmos de produção, os operários envolvidos, os elementos de trabalho de cada etc.; (c) dentro do planejamento, foram incorporados tempos de espera (trabalho em progresso) altos entre atividades, porém sem uma razão específica, pois estas deveriam ser o resultado do balanceamento das atividades; (d) há incompatibilidade entre o tempo *takt* do projeto e os tempos de ciclo das atividades; (e) com base na filosofia *Lean*, pode-se afirmar que o planejamento da obra foi realizado visando a uma produção empurrada.

Com relação ao desempenho do canteiro de obras, uma importante consideração deve ser feita a partir dos resultados do modelo, e diz respeito ao fato de que a obra está adiantada, como pôde ser notado na Figura 6, mas com desperdícios (como excesso de mão de obra, altos índices de trabalho em progresso etc.), o que onera significativamente a obra. Nesse sentido, a empresa poderia aproximar os tempos de ciclo das atividades para valores mais próximos ao *takt* da obra, pela redução de operários, por exemplo,

reduzindo os custos da construção e tornando o sistema mais eficaz.

Além disso, outras conclusões podem ser listadas para o comportamento do canteiro de obras pelo uso do modelo, como: (a) em termos de porcentagem, as atividades de fluxo (atividades que não agregam valor) correspondem a um 77,4% do total de *lead time* de produção de uma unidade. Este valor pode ser considerado como um prejuízo para a obra e, portanto, um problema que deve ser eliminado; (b) o esquema de financiamento que há entre o banco e a obra prejudica o sequenciamento de execução, pois a obra deve mostrar avanços reais para garantir os aportes mensais por parte do banco. Isso cria a necessidade de abrir várias frentes de trabalho ao mesmo tempo, fato que, por sua vez, cria certa liberdade ao operário para escolher, segundo as oportunidades de remuneração, a frente em que deseja trabalhar. Nesse sentido, as equipes irão trabalhar onde exista maior facilidade para produzir e, conseqüentemente, maior remuneração; (c) a escassez de mão de obra, em



particular a especializada, teve como consequência uma redução na produtividade de alguns serviços. Este fato, por sua vez, gerou a necessidade de aumentar a mão de obra, sempre que foi possível, criando diferenças importantes nos ritmos de produção, que impossibilitam o balanceamento das atividades e a identificação de padrões para a realização do estudo.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à FINEP (Agência Brasileira de Inovação) e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior).

## Referências

- Al-Smadi, S. (2009). Kaizen strategy and the drive for competitiveness: challenges and opportunities. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 19(3), 203-211.
- Alukal, G., & Manos, A. (2006). *Lean Kaizen: a simplified approach to process improvements*. Milwaukee: Asq Press.
- Aoki, K. (2008). Transferring Japanese kaizen activities to overseas plants in China. *International Journal of Operations & Production Management*, 28(6), 518-539.
- Arditi, D., Tokdemir, O., & Suh K. (2002). Challenges in line-of-balance scheduling. *Journal of Construction Engineering and Management*.
- Berndtsson, M., & Hansson, J. (2000). Time is the shadow of reactive behaviour. In *Proceedings of the Database Engineering and Applications Symposium, 2000 International* (pp. 417-423). USA: IEEE.
- Berto, R. M. V. S., & Nakano, D. N. (2000). A produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. *Revista Produção*, 9(2), 65-76.
- Bessant, J., Caffyn, S., & Gallagher, M. (2001). An evolutionary model of continuous improvement behaviour. *Technovation*, 21, 67-77.
- Brunet, A. P., & New, S. (2003). Kaizen in Japan: an empirical study. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(12), 1426-1446.
- Bulhões, I. (2009). *Diretrizes para implementação de fluxo contínuo na construção civil: uma abordagem baseada na Mentalidade Enxuta* (Tese de doutorado). Departamento de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Cândido, L. F., & Heineck, L. F. M. (2014). Perguntas irrespondíveis no contexto da construção civil. In *Anais do Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*. Maceió: ANTAC.
- Carvalho, B. S. (2008). *Proposta de um modelo de análise e avaliação das construtoras em relação ao uso da construção enxuta* (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Coughlan, P., & Coghlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 220-240.
- Doolen, T. L., Van Aken, E. M., Farris, J. A., Worley, J. M., & Huwe, J. (2008). Kaizen events and organizational performance: a field study. *International Journal of Operations & Production Management*, 28(8), 637-658.
- Forbes, L., & Ahmed, S. M. (2011). *Modern construction: lean project delivery and integrated practices*. New York: CRC Press.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4. ed.). São Paulo: Atlas. 175 p.
- Imai, M. (2012). *Gemba kaizen: a commonsense approach to a continuous improvement strategy* (2. ed.). New York: McGraw-Hill.
- Julisch, K. (2003). Clustering intrusion detection alarms to support root cause analysis. *ACM Transactions on Information and System Security*, 6(4), 443-471.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction* (Technical Report, 72). Stanford: CIFE.
- Lean Institute Brasil. (2011). *Léxico Lean: glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean* (4. ed.). São Paulo: Lean Enterprise Institute.
- Martin, K., & Osterling, M. (2007). *The Kaizen event planner: achieving rapid improvement in office, service, and technical environments*. New York: Productivity Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. New York: Productivity Press.
- Recht, R., & Wilderom, C. (1998). Kaizen and culture: on the transferability of Japanese suggestion systems. *International Business Review*, 7, 7-22.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda*. Brookline: Lean Enterprise Institute.
- Shingo, S. (1987). *The sayings of Shigeo Shingo: Key strategies for plant improvement*. Cambridge: Productive Press. 189 p.
- Shingo, S. (1990). *Modern approaches to manufacturing improvement: the Shingo system*. Portland: Productivity Press. 399 p.
- Shingo, S. (2010). *Kaizen e a arte do pensamento criativo: o mecanismo do pensamento científico*. Porto Alegre: Bookman.
- Singh, J., & Singh, H. (2012). Continuous improvement approach: state-of-art review and future applications. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(2), 88-111.
- Suárez-Barraza, M., Ramis-Pujol, J., & Kerbache, L. (2011). Thoughts on kaizen and its evolution. *International Journal of Lean Six Sigma*, 2(4), 288-308.
- Suárez-Barraza, M., Ramis-Pujol, J., & Estrada-Robles, M. (2012). Applying gemba-kaizen in a multinational food company: a process innovation framework. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 4(1), 27-50.