

PRODUÇÃO EM FÁBRICA DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO E A MANUFATURA ENXUTA: ESTUDO DE CASO

CAMILA SILVA MAIA¹, ISIS DE ALMEIDA REIS², MARIA CRISTINA VIDIGAL
LIMA³

RESUMO

Devido à evolução tecnológica e globalização, a sociedade tem procurado por maior agilidade nos serviços, produção eficiente e qualidade nas mercadorias, além de preços mais acessíveis. No setor da construção civil este quadro não é diferente. Visando atender essas exigências de mercado, diversas empresas adotam o uso de elementos de concreto pré-moldado na construção de pontes, viadutos, galerias, edificações, entre outros. Assim, o presente trabalho busca não somente explorar o processo produtivo de uma fábrica de concreto pré-moldado, mas também apresentar um estudo de caso feito com base nos fundamentos da manufatura enxuta, propondo possíveis alterações tanto na gestão quanto no *layout* desta fábrica.

Palavras-chave: pré-moldado, manufatura enxuta, processo produtivo, *layout*.

ABSTRACT

Due to technological development and globalization, society has been seeking higher service speed, efficient production and product quality, as well as lower prices. This scenario is no different in the civil construction industry. Aiming to meet these market demands, many companies have adopted the use of precast concrete elements in bridges, viaducts, galleries, buildings, among other constructions. Therefore, this paper does not only explore the production process of a precast concrete factory but also presents a case study based on fundamentals of lean manufacturing, in order to propose possible changes in both management and plant layout of the factory.

Keywords: precast, lean manufacturing, production process, layout.

1 - FECIV, Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila nº 2121 – Campus Santa Mônica, Bloco 1Y, Uberlândia (MG), CEP 38400-902 – kmilamaia@yahoo.com.br

2 - FECIV, Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila nº 2121 – Campus Santa Mônica, Bloco 1Y, Uberlândia (MG), CEP 38400-902 – isis_areis@yahoo.com.br

3 - FECIV, Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila nº 2121 – Campus Santa Mônica, Bloco 1Y, Uberlândia (MG), CEP 38400-902 – macris@ufu.br

1 INTRODUÇÃO

As indústrias, em geral, tendem a racionalizar o processo produtivo a fim de reduzir custos e aumentar a produtividade. Porém, o ramo da construção civil que fabrica ou utiliza elementos em concreto (armado ou protendido) se mostra rudimentar neste aspecto. Ao contrário de uma indústria automobilística, por exemplo, a construção civil tem como produto final uma variedade significativa de edificações, o que resulta em certa dificuldade de se padronizar o processo produtivo. Entretanto, esta não é uma tarefa impossível. Mesmo que em um ritmo inferior a outras áreas, especialistas em construção civil têm buscado formas de industrializá-la, sendo a utilização de elementos de concreto pré-moldado um exemplo disso.

El Debs (2000) apresenta um histórico da utilização de elementos pré-moldados de concreto, observando que a pré-moldagem sempre esteve presente no desenvolvimento do concreto armado. As primeiras peças, como o barco de Lambot produzido em 1848 e os vasos de Monier em 1849 (ambos em concreto armado), foram elementos pré-moldados. A primeira edificação com emprego deste tipo de elemento, mas com função estrutural, foi provavelmente o cassino de Biarritz (construído na França em 1891), na qual as vigas foram pré-moldadas.

O emprego da pré-moldagem no Brasil teve início na década de 1920 com a fabricação das estacas para a fundação do Jockey Clube no Rio de Janeiro. Atualmente, já é bastante disseminado o uso desta técnica em obras de arte, de infraestrutura urbana e em edificações de grande porte.

Recorrendo à definição da norma técnica ABNT NBR 9062:2006, tem-se que um elemento pré-moldado é aquele executado fora do local de utilização definitiva na estrutura e que deve passar por um controle de qualidade antes de seu posicionamento final.

Em relação à técnica da pré-moldagem, é possível afirmar que está voltada para o desenvolvimento da industrialização na construção civil, buscando maior produtividade e racionalização na execução de elementos de concreto armado, diminuindo, assim, os desperdícios de tempo e matéria-prima.

As vantagens do emprego destes elementos, conforme citado por El Debs (2000), são a grande reutilização das fôrmas, o emprego da protensão com armadura pré-tracionada, as seções com melhor aproveitamento dos materiais, a facilidade da produção, a redução na quantidade de cimbramento, maior produtividade da mão-de-obra e maior controle de qualidade. Como principais desvantagens da fabricação de pré-moldados de concreto, têm-se a colocação das peças nos locais definitivos e a necessidade de prover a ligação entre os

vários elementos que compõem a estrutura.

Analisando as perspectivas do concreto pré-moldado para uma determinada obra, conclui-se que o sistema é viável quando os elementos estruturais com dimensões similares são produzidos várias vezes, quando há necessidade de peças com alto padrão de qualidade e, ainda, quando o cronograma se torna uma restrição considerável para o gerenciamento da obra (ou seja, a execução desta deve ser em um menor tempo possível).

Após verificar que o sistema é economicamente viável, faz-se um estudo do trajeto – distância e curvas – a fim de definir se o pré-moldado será totalmente ou parcialmente produzido em fábrica ou no canteiro de obras. Em alguns casos, por exemplo, o caminhão carregado com a peça não consegue percorrer as curvas deste percurso. Então, opta-se por construir um pátio no canteiro de obras.

Sabendo-se que ambas as produções exigem alto grau de planejamento para que se tenha sucesso em todas as fases do processo produtivo, um gerenciamento eficaz se faz altamente necessário. Neste presente trabalho, analisa-se a aplicação do modelo de gestão designado por manufatura enxuta no estudo de caso de uma fábrica de concreto pré-moldado.

O *lean manufacturing*, traduzido como manufatura enxuta, tem origem no Sistema Toyota de Produção (também conhecido como produção *Just-in-Time*), sendo, portanto, uma filosofia de gestão focada na redução de desperdícios (exemplos: defeitos nos produtos, superprodução, estoque, excesso de processamento e movimento desnecessário de pessoas). Eliminando esses desperdícios, há uma melhoria na qualidade (do processo e do produto final) e redução do tempo de execução e do custo de fabricação. As ferramentas desta gestão incluem processos de melhoria contínua e gradual na vida pessoal, familiar e social dos trabalhadores (*Kaizen*), produção *pull* (os produtos são retirados pelo cliente final, e não empurrados para o fim da cadeia de produção) e elementos ou processos à prova de falhas (*Poka-Yoke*) (WERKEMA, 2006).

O gerenciamento do processo produtivo abrange não somente o processo em si, mas também a logística do local onde a execução do pré-moldado acontece. Assim, é imprescindível um planejamento da disposição do *layout* do pátio onde estes elementos são fabricados.

Este trabalho tem, portanto, a finalidade de abordar os aspectos da manufatura enxuta e da logística do *layout* de uma fábrica de pré-moldados de concreto. São apresentadas algumas considerações sobre o estado da arte, uma descrição do gerenciamento e do *layout* da fábrica escolhida, e um estudo de aprimoramento de ambos (para o caso em estudo).

2 METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho tem como base os fundamentos da manufatura enxuta e a estrutura do *layout* de uma fábrica de concreto pré-moldado.

Desse modo, o método de pesquisa aplicado é descritivo e do tipo exploratório, sendo que os procedimentos metodológicos são:

- Consultas bibliográficas, a fim de conhecer as ferramentas da manufatura enxuta e as principais etapas de fabricação do concreto pré-moldado.
- Observação *in loco* destas etapas, bem como as facilidades e dificuldades encontradas durante todo o processo de fabricação, a fim de analisar possíveis mudanças para o aumento de produtividade e redução de custos.
- Pesquisa de campo com profissionais da área que trabalham na fábrica, para apurar os diferentes pontos de vista sobre as formas de gerenciamento e o processo produtivo.

3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTADO DA ARTE

Nesta seção é introduzido um breve estado da arte, no qual são abordados tópicos do processo produtivo de elementos de concreto pré-moldado. Tem-se, portanto, a apresentação das etapas e do gerenciamento da fabricação destes elementos, além de indicar a importância da organização do *layout* de fábricas de concreto pré-moldado.

3.1 Etapas para a fabricação do concreto pré-moldado

El Debs (2000) dividiu as atividades envolvidas na execução de pré-moldados em três grupos: as atividades preliminares, a execução propriamente dita e as atividades posteriores.

Nas atividades preliminares estão inclusas a preparação dos materiais (armazenamento das matérias primas, dosagem e mistura do concreto quando este for preparado na fábrica, preparo da armadura e montagem desta quando necessário) e o transporte destes materiais até o local de trabalho, ou seja, até a fôrma.

A execução propriamente dita diz respeito à preparação da fôrma e da armadura, seguida da aplicação do concreto e de sua cura, finalizando então com a liberação da força de protensão, quando for o caso, e com a retirada do elemento da fôrma (desmoldagem).

Por fim, as atividades posteriores são aquelas relacionadas ao transporte interno dos elementos – quando estes são produzidos na fábrica e não no canteiro de obras, ou seja, sua retirada do local de desmoldagem até a área de armazenamento ou área de acabamentos, além

das atividades de inspeções, tratamentos finais, eventuais remendos e maquiagem e de armazenagem das peças pré-moldados. Ressalta-se que a armazenagem é uma fase importante para que a resistência do concreto atinja seu valor de projeto. No entanto, o tempo em que uma peça fica armazenada deve ser o mínimo possível para não comprometer a armazenagem de novas peças.

3.2 Processo de execução

Conforme El Debs (2000), as técnicas relacionados à execução propriamente dita podem ser: com fôrma estacionária, com fôrma móvel (carrossel), ou ainda em pista de concretagem.

El Debs (2000) observa que na execução com fôrma estacionária os trabalhos se desenvolvem em torno das fôrmas, portanto, estas permanecem na mesma posição durante todas as atividades envolvidas nesta etapa de produção. Na execução móvel de peças de concreto pré-moldado, tem-se uma movimentação das fôrmas durante as várias atividades, permanecendo assim as equipes em estações estacionárias. Por fim, na execução em pista de concretagem os elementos são produzidos sequencialmente, contínua ou descontinuamente, sendo este processo normalmente empregado em elementos protendidos mediante pista de protensão.

Considerando as diferentes opções de processo executivo, uma fábrica deverá adotar aquela que atenda sua produtividade desejada, que seja compatível com o capital disponível para investimentos e com a especialização da produção, além de levar em conta o emprego ou não da pré-tração da armadura e da forma do elemento (linear ou superficial), conforme El Debs (2000).

3.3 Gestão do processo produtivo

Independente da técnica de execução propriamente dita adotada por uma fábrica, esta deve se atentar ao gerenciamento de todo o processo produtivo, buscando evitar desperdícios relacionados ao custo, tempo, material e mão-de-obra.

Por exemplo, segundo Ray et al. (2006), uma pesquisa realizada com 120 (cento e vinte) companhias, na qual suas atividades do dia-a-dia foram acompanhadas durante um determinado período de tempo, concluiu que apenas 5% das atividades agregavam valor ao produto final.

Na manufatura enxuta, ao expressar que uma atividade agrega valor a um produto final, tem-se por finalidade dizer que esta atividade efetivamente transforma um determinado produto para atender às exigências finais de um cliente, ou seja, são atividades consideradas de maior interesse deste. Todas as outras atividades envolvidas que não agregam valor ao produto final podem ser consideradas como desperdício.

Tem-se no fluxograma da Figura 1 uma representação resumida do processo produtivo de elementos pré-moldados e a conexão entre o cliente e as etapas que têm maior relevância – que são o contato com o engenheiro, o andamento da fabricação da mercadoria e seu recebimento.

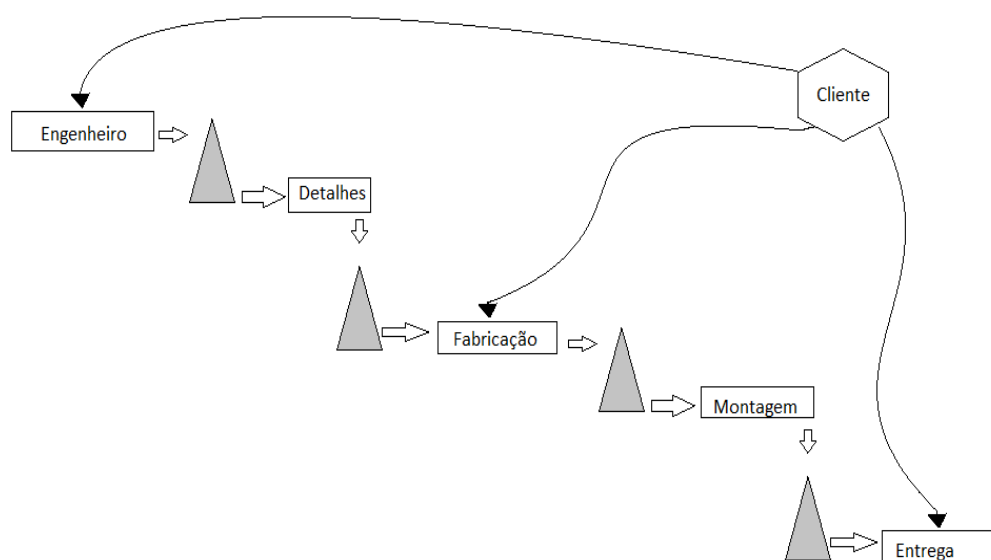


Figura 1 – Fluxograma da relação entre o pedido do cliente e o processo de produção (BALLARD et al., 2002).

Esse processo de gestão que identificou diferentes tipos de desperdício em fábricas de concreto pré-moldado (vide listagem na Tabela 1), tem como objetivo aprimorar a produtividade de empresas, diminuir custos e melhorar a qualidade de seus produtos. Para tanto, dispõe-se de ferramentas e métodos que visam a diminuição dos desperdícios.

Estas ferramentas e estes métodos podem ser obtidos através de uma dissolução detalhada do processo executivo da empresa, do estudo desse detalhamento e da busca por otimização da execução (RAY et al., 2006). Ressalta-se ainda que, dentre os benefícios da redução de desperdícios, tem-se o aumento de flexibilidade, qualidade, segurança e maior motivação dos empregados e de suas capacidades de inovações, além da diminuição de espaço improdutivo (WERKEMA, 2006).

Tabela 1 – Tipos de desperdício no processo executivo em fábricas de concreto pré-moldado (RAY et al., 2006).

Tipos de Desperdício	Descrição
Movimento	Qualquer movimentação de pessoas ou maquinário que não é tido como atividade que agregará valor ao produto ou serviço final.
Espera	Tempo ocioso resultante da espera por ferramentas, equipamentos ou matéria-prima que não estão disponíveis em determinado momento do processamento.
Defeitos	Produto não está de acordo com especificações do cliente.
Transporte	Fluxo de mercadorias, que não agrega valor final ao produto.
Excesso de produção (superprodução)	Finalização de uma mercadoria em tempo inferior àquele requerido pela etapa seguinte de produção.
Estocagem	Estoque de mercadorias em quantidade superior à mínima necessária para a próxima etapa de processamento.
Processo	Processamentos que não agregam valor a um produto, em relação ao ponto de vista do cliente.
Empregados	O não aproveitamento da capacidade de raciocínio lógico, da criatividade ou de habilidades dos empregados da empresa.

Compreender os desperdícios abordados pela manufatura enxuta é um passo importante para as fábricas de concreto pré-moldado que buscam melhorias, pois normalmente essas defasagens nos processos de produção são ignoradas pelos gerentes e diretores das fábricas por serem consideradas comuns. Quando se analisa a realidade brasileira, os desperdícios são ainda maiores, pois além destes serem considerados comuns, custos desnecessários são gerados com a mão-de-obra (que é relativamente barata).

Exemplificando, segundo estudos de Melo (2004), a baixa industrialização da construção civil brasileira obriga a utilização de até 80 homens-hora em cada metro quadrado (Hh/m²), quatro vezes maior que o índice de produtividade médio na Europa e nos Estados Unidos. Os trabalhadores americanos recebem em torno de US\$ 20/h e US\$ 30/h, enquanto o trabalhador brasileiro recebe R\$ 4,5/h. Assim, a priori, é plausível se pensar que seria pouco proveitosa financeiramente a modernização dos canteiros de obra. No entanto, se a produtividade média brasileira fosse diminuída – para, por exemplo, 35 Hh/m² –, juntamente com a qualificação da mão-de-obra, um aumento na segurança dos investimentos e ainda com um gerenciamento de qualidade, uma solução intermediária para a modernização da construção civil poderia ser obtida.

É apresentada na Tabela 2 uma listagem e breve descrição, segundo Ray et. al (2006), de ferramentas da manufatura enxuta que têm sido utilizadas com sucesso por empresários.

Tabela 2 – Ferramentas da produção enxuta.

Ferramenta	Descrição
Eventos rápidos de melhoria (eventos <i>Kaizen</i>)	Formam-se grupos compostos por pessoas com especialidade em diferentes áreas dentro da empresa, mas que irão trabalhar em conjunto para um objetivo em comum, dentro de um prazo pré-definido. O membro mais experiente é responsável por gerenciar o trabalho da equipe, e esta segue um modelo para detectar e eliminar desperdícios em um determinado serviço.
Tarefas padronizadas	À medida que a empresa melhora seus serviços, deverá arquivar a metodologia utilizada a fim de guiar futuros trabalhos.
Fluxo equilibrado (<i>Takt time</i>)	Balancar fluxo de materiais e empregados a fim de minimizar os tempos de movimentação, espera e retrabalho.
Organização do local de trabalho (ou “5-S”)	Organização é fundamental, pois desordem gera desperdício de tempo e impede a padronização dos serviços.
Gestão visual	Controles visuais têm a vantagem de permitir uma comunicação essencial de informações sem a utilização de palavras, tornando intuitivas as gestões de operações e fluxo de produção.
Layout da fábrica	Análises dos fluxos dentro de uma fábrica e como estão relacionados aos estoques.
Prova de erros	Todos os serviços devem ser projetados para serem processados de uma forma que seja mais difícil errar do que acertá-los. Ou seja, investir em detalhamento, que não dê margem a dúvidas, dos projetos de execução.
Conduzir à redução do tempo	Direcionamento das operações de processamento de acordo com as necessidades do cliente.
Redução de estoques	Acúmulo de materiais e equipamentos que não têm função imediata é considerado desperdício, pois demandam tempo para controle e estocagem. Pode-se, então, buscar reduzir os estoques sem defasar a produção.
Correção na fonte	Não se deve apenas inspecionar a qualidade de um produto final, mas garanti-la em todo o seu processo de fabricação. Assim, ao invés de agir corretivamente, é necessário agir preventivamente em todo o processo produtivo, o que reduz o índice de retrabalhos.
Redução de Setup	Na indústria de concreto pré-moldado, fala-se da redução de <i>bed setup</i> , ou seja, reduzir o tempo necessário para organizar o berço de concretagem (para a execução de novos elementos). Assim, deve-se atentar ao fluxo de matéria-prima e funcionário ao redor do berço de concretagem, garantindo uma logística funcional.
Manutenção preventiva total (TPM)	Manutenção preventiva acima da corretiva, evitando assim que equipamentos mecânicos estraguem e estagnem a produção ou diminuam sua qualidade.
Equipe para resolução de problemas (TPS)	Para ter tal equipe, incluem-se eventos <i>Kaizen</i> , reuniões para focar na solução de problemas, treinamento de habilidades de trabalho e reprodução com qualidade das metodologias (padronizadas) da empresa, visando obter uma participação efetiva de todos os membros da equipe, além de aumentar a produtividade, diminuir demissões e evitar gastos com treinamento de funcionários que venham a substituir os demitidos.

Em relação aos investimentos necessários para implementar uma gestão de qualidade, a manufatura enxuta requer um mínimo investimento financeiro por parte da empresa, e esta não precisa necessariamente modificar seus recursos tecnológicos ou operações específicas. Segundo resultados obtidos pela empresa Malling Precast Products Ltd., situada na cidade de

Essex no Reino Unido, após incorporar este estilo de gerenciamento em sua produção obteve, por exemplo, aumentos em até 181% – sendo este, em particular, referente à produção de paredes de cisalhamento (BALLARD et al., 2002).

3.4 Layout

Um dos fatores preponderantes para que as etapas de execução de elementos pré-moldados sejam satisfatórias é uma adequada organização do próprio espaço executivo, ou seja, do *layout* da fábrica de pré-moldados.

Segundo Ray et al. (2006), um estudo realizado com uma fábrica de pré-moldados em que pedômetros foram utilizados pelos empregados envolvidos na execução propriamente dita das peças – com fôrma estacionária e berço de concretagem longo e retilíneo –, mostrou que estes funcionários andavam o equivalente a 18 km por dia. Ao relacionar o tempo que estes gastam andando por dia dentro da fábrica, com seu salário, estudos revelaram que tais funcionários estão sendo pagos para andar de uma a duas horas por dia.

Segundo os conceitos da manufatura enxuta, este tipo de movimentação é considerado um desperdício. Neste cenário, conclui-se que uma fábrica perde em produção e ao mesmo tempo aumenta o custo com funcionários, pois estes estão recebendo por horas que não estão produzindo para a empresa e para o cliente.

Embora Ray et al. (2006) não especifique claramente o motivo pelo qual tais empregados gastam de uma a duas horas por dia apenas andando sem efetivamente produzir, pode-se apontar que um dos motivos seja a má organização do *layout* da fábrica, que faz com que estes funcionários tenham que se deslocar por percursos relativamente extensos para buscar ferramentas, equipamentos, matérias-primas, entre outros materiais necessários à produção.

Quando das considerações sobre o *layout*, Santos et al. (2002) aborda que a definição do mesmo, a localização adequada e o dimensionamento correto do pátio (de concretagem das peças) de uma fábrica de concreto pré-moldado são de extrema importância para o desenvolvimento dos trabalhos, a fim de não comprometer o ciclo de produção planejado e de modo a facilitar o fluxo dos elementos até as proximidades dos locais de montagem.

Ao estudar dois pátios de produção de vigas de concreto, Santos et al. (2002) compara os serviços de montagem de armadura passiva, montagem de fôrmas e desfôrma – todos no valor homem-hora por viga pronta – destes pátios, resultando em dados comparativos significativos devido ao *layout* e tipos de fôrma empregados. Mesmo que, a priori, um pátio tenha produtividade maior que o outro, Santos et al. (2002) propõe mudanças no *layout* de ambos –

adoção de dois berços de concretagem lado a lado – a fim de se evitar a situação de “vigas presas” e melhorar o fluxo de saída das vigas pré-moldadas.

Fidelis et al. (2009) também fez uma proposta de arranjo físico para dois pátios de uma empresa de concreto pré-moldado. No pátio A, onde painéis e vigotas treliçadas eram concretadas, identificaram-se problemas no deslocamento de funcionários, movimentação de matéria-prima e das armações, na circulação de caminhões de transporte e na falta de logística no armazenamento das peças produzidas. Para resolver o problema foi proposto um rearranjo físico que estabeleceria áreas livres de circulação de caminhões e matéria-prima, alteraria o local destinado à produção de concreto, melhoraria a marcação do espaço destinado à estocagem, e ainda, concentrar-se-iam as atividades de armação em um único local. Já no pátio B, onde vigotas protendidas e blocos de concreto são produzidos, as mudanças no *layout* seriam nas áreas de corte e armazenagem de peças protendidas, evitando o cruzamento de fluxo entre estas áreas, além de uma marcação de estocagem de blocos e artefato, nivelamento de terreno para melhorar o fluxo de veículos dentro do pátio.

Segundo Fidelis et al. (2009), definir o arranjo físico ou o *layout* de uma fábrica é decidir como será a disposição de todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção. Fidelis et. al (2009) ressalta ainda que a definição do *layout* é uma tarefa muitas vezes complicada devido às limitações (financeiras, relacionadas ao espaço físico e mesmo culturais ou da prática local) que devem ser observadas de cada fábrica.

No entanto, ao compreender o processo de execução propriamente dita dos elementos pré-moldados, as questões de gerenciamento como a manufatura enxuta, as restrições existentes nas fábricas e a importância de um *layout* adequado, é possível aprimorar se não todo, mas grande parte do processo produtivo destes elementos, buscando uma constante otimização da produção.

4 ESTUDO DE CASO

Nesta seção são apresentadas a empresa de concreto pré-moldado escolhida para o estudo, as informações coletadas sobre o gerenciamento da empresa e a disposição do *layout* de seu pátio de produção. Além disto, é feita uma análise baseada nos fundamentos da manufatura enxuta e proposto possíveis mudanças na gestão e no arranjo físico.

4.1 A empresa

A empresa de concreto pré-moldado possui sede na cidade de Uberlândia – que está situada na região do Triângulo Mineiro no estado de Minas Gerais. Vale ressaltar que esta cidade está em acelerado crescimento econômico e urbanístico.

Mesmo que fundada no final do século XX, a empresa possui características tradicionais, desde seu gerenciamento até a produção. No entanto, vem acompanhando o crescimento da cidade e região, produzindo elementos de concreto pré-moldado para diferentes obras, tais como pontes, viadutos, infraestrutura, restauração e construção de edificações.

A área total do lote da empresa é de 12.540 m², sendo a área construída corresponde a cerca de 720 m² e o restante reservado para as áreas de estacionamento, concretagem, armazenamento e fluxo de pessoas, materiais, elementos pré-moldados e veículos de transporte.

Destes 715 m², aproximadamente 400 m² correspondem à área de produção – carpintaria, almoxarifado, refeitório, banheiros/vestiário, área de corte e dobra de armaduras –, e o restante corresponde ao escritório da empresa.

4.2 Gerenciamento

A equipe técnica da empresa é formada por um gerente de planejamento, um diretor comercial, um diretor técnico, um residente, um responsável pela produção e outro pelo gerenciamento dos custos, e todos possuem formação em engenharia civil. A empresa conta ainda com uma equipe administrativa, engenheiros e estagiários para gerenciarem a execução de seus produtos.

Há duas empresas terceirizadas que prestam serviço dentro da fábrica de pré-moldados, que são responsáveis pelos serviços de carpintaria e armação. As ferramentas utilizadas por estes funcionários pertencem a eles ou à empresa (terceirizada) da qual são contratados, e são guardadas em um armário específico. Todas as ferramentas que pertencem à empresa de pré-moldado são guardadas no almoxarifado da mesma, e há funcionários que são responsáveis pelo controle de todo material que é estocado ou retirado. Além disso, uma usina de concreto também é contratada para realizar a concretagem dos elementos pré-moldados.

A gestão da matéria-prima para os serviços de armação e carpintaria é de responsabilidade da fábrica de pré-moldados. Esta faz, por exemplo, um levantamento quinzenal da matéria-prima, o que possibilita o controle da quantidade necessária de materiais a ser comprada e utilizada nos próximos 15 dias ao levantamento – o que evita que falte qualquer material

necessário durante a pré-moldagem.

Os projetos dos elementos pré-moldados são personalizados de acordo com especificações do cliente, e são desenvolvidos por empresas terceirizadas.

Quanto à organização dos pedidos dos clientes, embora os funcionários trabalhem de acordo com o cronograma que determina a entrega final das peças, a fábrica tenta antecipar, ao máximo, os serviços de execução e concretagem dos elementos. Assim, as peças ficam prontas com certa folga em relação à data de entrega. No entanto, caso haja pedidos não planejados anteriormente, mas com urgência relevante, o processamento destes pode ser realizado desde que as peças necessitem do mesmo tipo de fôrma que as utilizadas por aquelas que estão sendo processadas.

Sobre a tecnologia adotada na execução propriamente dita, os elementos pré-moldados são fabricados em berços de concretagem com fôrma estacionária, fabricação esta considerada artesanal. Em seu pátio não há pista de protensão, uma vez que a empresa não fabrica peças de concreto protendido – quando esta técnica se faz necessária, a fábrica em estudo produz as peças e contrata outra empresa apenas para a protensão dos cabos de aço.

Em relação à produção média mensal, a empresa fabrica 230 m³ de concreto pré-moldado. Ressalta-se que nesta quantidade estão inclusas diversas peças, como vigas, pilares, sapatas, paredes e tampas (para galerias). Tal volume é considerado satisfatório pelos gerentes da fábrica.

Quanto à comunicação entre os funcionários, e de acordo com o que foi levantado em entrevista, ocorre uma troca de informações entre um funcionário e seu superior, resultando em *feedbacks* diários, buscando, assim, soluções mais imediatas quando falhas são encontradas na produção.

Por fim, nota-se que os diretores da empresa não aceitam grandes mudanças de gestão por ainda terem uma postura tradicional e contarem com sua experiência no mercado de trabalho.

4.3 Layout e processamento no pátio

A disposição do espaço físico da empresa pode ser visualizada na vista aérea da Figura 2. Tem-se o setor administrativo e seu estacionamento situados na parte frontal do terreno, o pátio no centro da empresa, e áreas na lateral e ao fundo para armazenamento das peças.

Já na Figura 3, tem-se uma vista aérea mais específica da empresa. Pode-se, portanto, ver com mais detalhes a área de produção e localização das áreas de vivência, carpintaria, corte e dobradura da armação, os três berços de concretagem, as pontes rolantes, algumas áreas de

armazenamento das peças, além das áreas de circulação de funcionários e caminhões. A Figura 4 mostra um esquema, sem escala, especificando o local exato de cada área citada.



Figura 2 – Vista aérea da fábrica de pré-moldados.
Fonte: Google Earth.

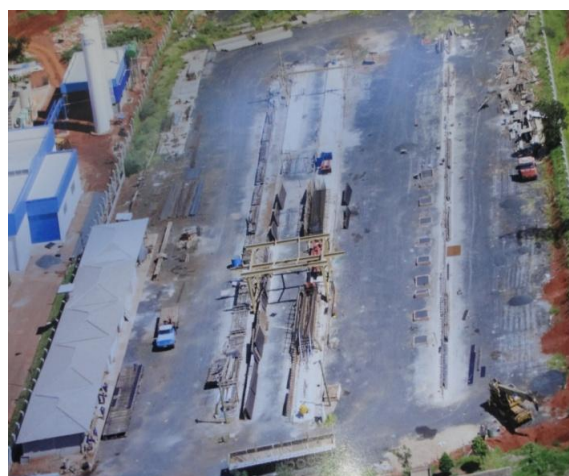


Figura 3 – Vista aérea do pátio onde são produzidos os elementos pré-moldados da empresa em estudo.

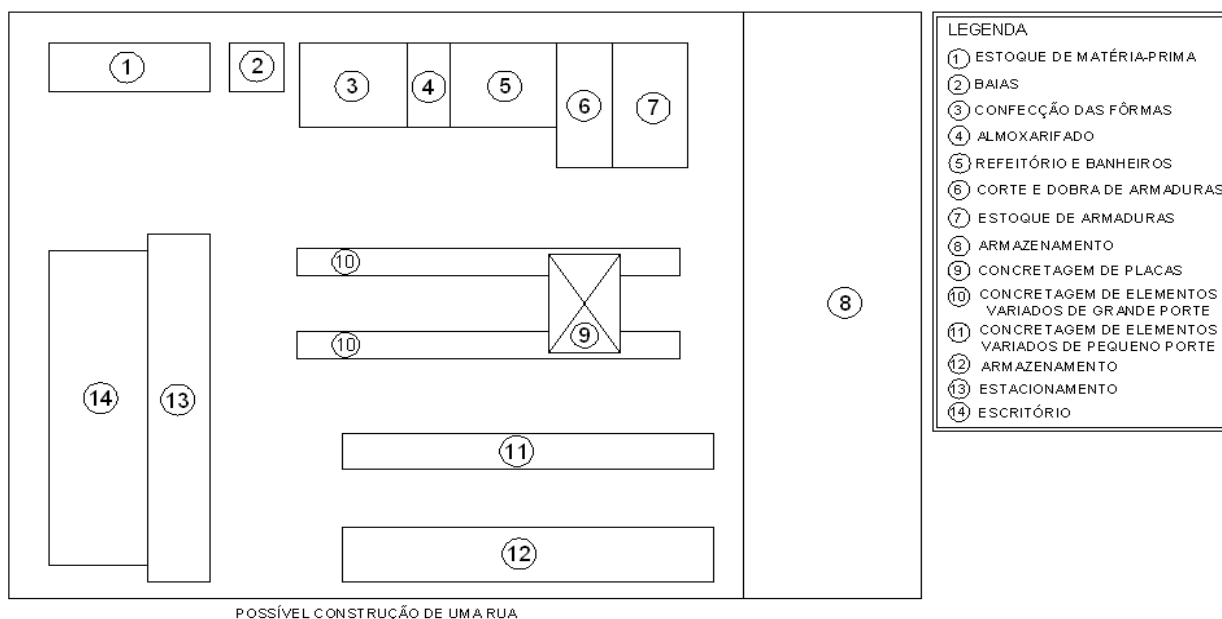


Figura 4 – Esquema do pátio (sem escala).

A Figura 5 mostra a carpintaria (onde são fabricadas as fôrmas) que possui uma área de aproximadamente 122 m². A Figura 6 mostra o refeitório, com 63 m² de área. Já a foto da Figura 7 apresenta o local onde as armaduras são armazenadas, dobradas e cortadas, com 55 m² de área coberta.



Figura 5 – Produção das fôrmas.



Figura 6 – Refeitório.



Figura 7 – Estocagem, corte, dobra e montagem das armaduras utilizadas na fabricação do pré-moldado.

Na fábrica em estudo existem três berços de concretagem (dois centrais e um lateral). Ao fundo dos berços centrais existe uma área que é utilizada somente para a fabricação de elementos em placa (lajes, por exemplo), vide Figura 8. Nesta figura também é possível visualizar a plataforma que foi construída exclusivamente para essa finalidade. No entanto, esta área limita a passagem de caminhões entre os dois berços. A frente dos berços centrais, por sua vez, é utilizada para a produção de elementos variados e de maior porte – vide Figura 9.

O terceiro berço de concretagem é destinado à produção de elementos variados de pequeno porte, como peças esbeltas (vigas e pilares), conforme mostrado na Figura 10.

A Figura 11, por sua vez, mostra a área lateral reservada para armazenamento dos elementos pré-moldados.



Figura 8 – Vista dos dois berços de concretagem centrais.



Figura 9 – Vista frontal dos dois berços de concretagem de elementos variados de grande porte.



Figura 10 – Berço de concretagem de elementos variados de pequeno porte.



Figura 11 – Área lateral para armazenamento dos elementos pré-moldados.

Na região onde a armadura é cortada, dobrada e montada há um grande acúmulo de pequenas barras de aço que não são utilizadas no pré-moldado. Após algum tempo, a empresa doa estes materiais para que o restante da matéria-prima seja reaproveitado. Outras formas de reaproveitamento também são adotadas, como a fabricação de peças para meio-fio a partir de restos de concreto.

Mesmo que cada projeto tenha sua especificidade a empresa prioriza a execução de peças que se repetem, para o melhor aproveitamento das fôrmas. No entanto, quando não é possível reaproveitar toda a dimensão da fôrma, a empresa busca alternativas para o aproveitamento de uma ou mais dimensões (por exemplo, fixam-se a largura e a altura variando apenas o comprimento de acordo com as dimensões de cada elemento).

Normalmente, as fôrmas empregadas são de madeirite plastificada, pois este material possibilita um grande número de reutilizações. Em alguns casos são utilizadas fôrmas metálicas, porém, estas não são largamente empregadas devido às dificuldades de encaixe das placas metálicas e variação da dimensão das fôrmas.

Dentro do perímetro da empresa também existe uma área com potencial para expansão do pátio. Atualmente, tal área está sendo utilizada para armazenar elementos de concreto pré-moldado que ainda não foram levados para a obra. Porém, existem restos de materiais de outras obras depositados nesta área, e no momento a mão-de-obra que a empresa possui não é suficiente para realizar a limpeza do local, uma vez que, se os trabalhadores fossem mobilizados para realizar essa limpeza, a produção dos elementos pré-moldados ficaria defasada.

Embora existam áreas destinadas ao armazenamento de peças (conforme Figura 11), as de maior porte são armazenadas nas regiões próximas aos berços centrais de concretagem, sendo esse procedimento adotado para evitar transtornos no transporte interno destas peças. Quando necessário, a empresa monta uma fábrica no canteiro de obra, evitando, assim, o transporte de elementos muito pesados por longos trajetos.

Existem duas pontes rolantes no pátio. Uma delas está desativada, pois além de sua capacidade de carga ser inferior à outra, a mesma tem um trabalho que é considerado lento – então, opta-se por transporte com caminhão com guindaste acoplado. Este é utilizado para o levantamento das peças e os caminhões com carrocerias sem guindastes realizam o transporte interno (este tipo de transporte é utilizado para retirar uma peça de seu berço de concretagem e levá-la até a área de armazenamento). A outra ponte é utilizada para transportar os elementos pré-moldados na região do berço de concretagem – transporte horizontal.

A Figura 12 ilustra a ponte rolante ativa e um caminhão com guindaste acoplado.



Figura 12 – Ponte rolante e caminhão com guindaste acoplado.

Os caminhões com carroceria aberta (com ou sem guindaste acoplado) e caminhões betoneira entram de ré no espaço compreendido entre os dois berços centrais de concretagem. No entanto, vale ressaltar que esta manobra não é recomendável por colocar em risco a segurança dos trabalhadores, sendo que o ideal seria o caminhão entrar de frente (entre os dois berços centrais de concretagem) e também sair de frente.

Em geral, a programação do processo produtivo em fábricas de concreto pré-moldado apresenta grandes variações, pois há muitos imprevistos no setor da construção civil. Porém, isto não pode ser um empecilho para o aumento da produtividade e a redução de custos de qualquer empresa do setor. Para que isso seja possível, mudanças de gestão e no arranjo físico de fábricas de pré-moldado podem ser analisadas, propostas e realizadas, caso seja de interesse da empresa. Assim, em seguida, tecem-se análises pertinentes à fábrica em estudo, além de sugestões de mudanças.

4.4 Análises e sugestões

Têm-se, a seguir, análises e sugestões de mudanças do gerenciamento da empresa e do *layout* da fábrica. Ressalta-se que para estas sugestões não se levou em conta os gastos financeiros necessários caso a fábrica fosse realmente fazer tais modificações.

4.4.1 Gestão do processo produtivo

Como foi exposto anteriormente, a empresa possui uma gestão mais tradicional, e conta com funcionários próprios e terceirizados.

Além disso, a equipe técnica é relativamente pequena, e o contato desta com os engenheiros se faz diariamente, para que os diretores tenham *feedbacks* da produção e dos prazos de entrega, além de poderem solucionar problemas de forma imediata. Devido a isso, a equipe técnica, os engenheiros e estagiários não têm o costume de se reunirem semanalmente, ou quinzenalmente, o que não é recomendável pela manufatura enxuta.

De acordo com as ferramentas da manufatura enxuta, é importante que uma empresa forme equipes compostas por funcionários de diferentes atuações, para que possam se reunir, comunicar e buscar soluções mais efetivas. Além disso, é necessário um registro destas reuniões e das metodologias adotadas para solucionar problemas, para que a empresa como um todo possa ter acesso a essas informações. Assim, sugere-se à empresa em estudo a adoção de eventos *Kaizen* e dos TPS, além de buscar adotar a padronização de tarefas. Estas ferramentas vão além da metodologia tradicional, uma vez que engenheiros, estagiários entre outros funcionários com formação técnica, têm a oportunidade de serem ouvidos com maior eficiência – lembrando que o não aproveitamento de habilidades dos funcionários é considerado desperdício pela manufatura enxuta – além de praticarem o trabalho em equipe e se sentirem mais motivados dentro do ambiente de trabalho, pois sempre haverá metas a serem cumpridas.

Em relação ao processamento dos elementos pré-moldados, a fábrica opta por adiantar ao máximo os serviços, o que possibilita à mesma atender mais clientes, pois enquanto peças são armazenadas com uma folga em relação à entrega, outros elementos podem ser produzidos. De acordo com a manufatura enxuta, esta postura pode levar à superprodução, que é um desperdício, pois, se não houver uma área que comporte o armazenamento gerado por essa produção, além de um cuidado com as peças armazenadas, pode ocorrer uma diminuição do espaço físico do pátio, problemas de fluxo de funcionários e equipamentos mecânicos, além de retrabalhos caso haja danificações com as peças.

Para que a empresa consiga organizar seus produtos e os prazos de entrega sem defasar o fluxo operacional dentro da fábrica, a mesma pode fazer um mapeamento da cadeia de valor, que além de ser uma ferramenta da manufatura enxuta é também um auxílio para compreender os serviços que agregam valor ao cliente e à empresa, minimizando, assim, desperdícios dentro do sistema de produção como um todo, conforme BALLARD et al. (2002). Portanto, a empresa focaria nos prazos de entrega e conseguiria organizar com maior eficiência a produção e o armazenamento das peças.

4.4.2 Arranjo físico

A logística do *layout* é importante para evitar que a produção seja afetada. Quando se tem uma maior área disponível para produção e esta for bem distribuída, aumentam-se as áreas de fluxo e de execução propriamente dita dos elementos de concreto pré-moldado nos berços de concretagem.

A primeira sugestão seria liberar a região central localizada entre os dois maiores berços de concretagem, a fim de permitir o transporte de caminhões em torno de todo o pátio.

Construindo uma rua na lateral da empresa e liberando a região central entre os berços, seria possível que todos os veículos trafegassem de frente, e não de ré, diminuindo, assim, riscos de acidentes e garantindo maior segurança aos trabalhadores.

Nota-se que a região da armadura está distante da carpintaria. Se estes ambientes estivessem mais próximos, seria possível usar os mesmos equipamentos para as duas regiões, o que reduziria o custo na compra dos mesmos.

Além disso, poder-se-ia rearranjar o pátio de forma a deixar o almoxarifado próximo da região de montagem das armaduras, pois, levando-se em consideração os aspectos da manufatura enxuta, o tempo gasto pelos funcionários que estão na oficina de armaduras até o almoxarifado, pode ser considerado um desperdício. Portanto, ter-se-ia uma redução na locomoção desnecessária de funcionários e aumento no ganho de tempo para efetivamente produzirem.

A área reservada para os serviços de corte e dobra de armaduras e as regiões dos berços de concretagem são descobertas. O ideal seria se tivesse uma cobertura, bem equipada com instalações elétricas, hidráulicas e que permitisse ventilação adequada, para proteger os funcionários dos efeitos nocivos do sol diário, como a incidência direta de raios ultravioletas, e de chuvas.

Considerando a não execução da cobertura proposta e tendo em vista a iluminação adequada para trabalhos noturnos, quando estes se fizerem necessários, o engenheiro entrevistado sugeriu a implantação de uma rede elétrica que ilumine todo o pátio, proporcionando melhores condições de trabalho.

A Figura 13 mostra, de maneira simplificada, uma sugestão de configuração para o *layout* da fábrica em estudo, levando-se em consideração os pontos abordados nesta seção.

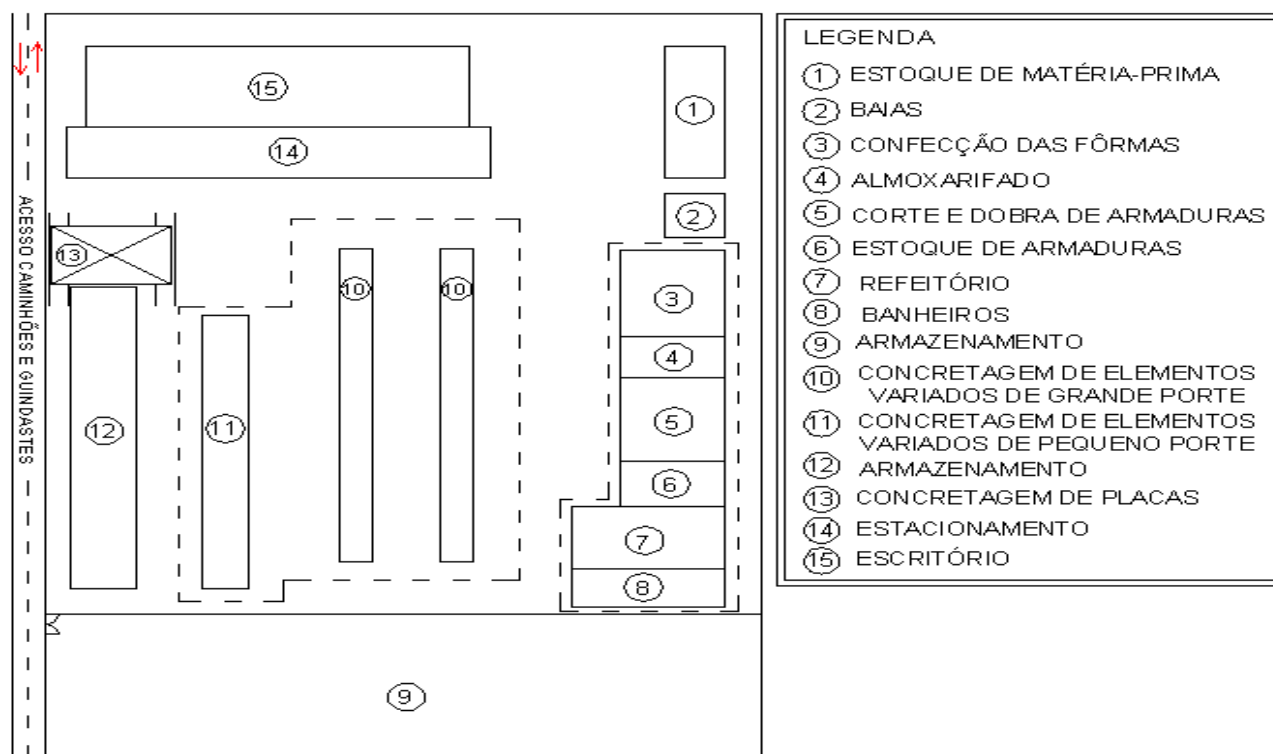


Figura 13 – Sugestão de uma nova configuração do *layout* (sem escala).

Analisando-se pontos mais específicos do pátio, outros problemas são encontrados, como o sentido de corte na região das armaduras, pois os restos de aço ficam localizados num espaço de difícil acesso, sendo necessário muito tempo para limpeza da área.

A limpeza de diversas áreas da fábrica está inserida em uma das ferramentas da manufatura enxuta – a organização do ambiente de trabalho. Portanto, pode-se dizer que a limpeza é uma grande aliada quando se tem como objetivo a produtividade. Como foi dito anteriormente, existem restos de materiais na área em potencial para expansão do pátio e não há mão-de-obra suficiente para limpar o lugar. Seria interessante que isto fosse providenciado o mais rápido possível para um melhor aproveitamento do espaço disponível.

Em relação à contratação de serviço terceirizado para a fabricação do concreto a ser utilizado nas peças, o engenheiro entrevistado diz que normalmente há atrasos na entrega do concreto usinado, que conseqüentemente geram atrasos na produção e aumento no tempo de espera – ou seja, tempo ocioso de mão-de-obra. Ele acredita que a produtividade aumentaria se a empresa fabricasse seu próprio concreto, sem depender de terceiros. Porém, isto deve ser analisado minuciosamente para que se encontre a melhor solução, pois deve-se levar em consideração a relação custo/benefício e o espaço disponível para a fabricação do concreto.

5 CONCLUSÕES

As sugestões propostas, resultantes das análises feitas, não levam em consideração o valor do investimento financeiro que seria necessário para fazer as mudanças. No entanto, sabe-se que, a priori, algumas modificações resultariam em grandes custos para a empresa, enquanto outras exigiriam apenas mudanças na rotina de trabalho dos funcionários.

A fim de melhorar suas rotinas de trabalho é necessário investimento por parte da empresa em treinamentos, que devem ser conduzidos por um especialista (em manufatura enxuta, pois este é o tipo de gerenciamento que está sendo proposto à empresa através deste trabalho). Estes treinamentos não só auxiliariam funcionários e operários a entender os conceitos da manufatura enxuta, como também permitiriam compreender a complexidade do processo produtivo e sua importância no mesmo. Quando todos os empregados entendem sua particularidade e como seu trabalho influencia no rendimento de outros setores, cria-se um sentimento de parceria, que deve ser estimulado e motivado. Assim, o fluxo de trabalho se torna mais natural e passa a ter maior qualidade, já que o funcionário se sente mais responsável pelo produto final.

Quanto às modificações propostas no *layout* da fábrica (ex.: construção das coberturas e relocação do almoxarifado), uma paralisação da produção seria necessária para realizá-las. Ressalta-se, ainda, que mudanças na tecnologia adotada pela empresa não são necessárias.

Independente dos gastos gerados pela implantação das modificações, o planejamento adequado do arranjo físico e de como será a gestão de toda a produção, visando melhorar a produtividade, pode gerar resultados de grandes proporções, desde a diminuição de locomoção desnecessária de trabalhadores até a qualidade durante todo o processamento. Assim, é possível melhorar e otimizar desde o estoque da matéria-prima até o armazenamento dos elementos pré-moldados, além de aprimorar a organização do cronograma de produção da empresa e a resolução de problemas ou discussões sobre inovações.

Por fim, ressalta-se que para uma quantificação das possíveis melhorias a serem geradas pelas análises anteriormente feitas, seria necessário um acompanhamento diário das atividades envolvidas em todo o processo produtivo, dentro de um determinado período de tempo. Embora não tenha sido possível realizar este acompanhamento, sugere-se que, para trabalhos futuros, ele seja feito, pois resultados mais concisos poderão ser obtidos.

Seria necessário, então, analisar com maior minuciosidade todos os fluxos dentro da fábrica – tanto de pessoas quanto de materiais, equipamentos e produtos –, além de acompanhar o trabalho dos diretores, engenheiros, estagiários, dos funcionários do setor

administrativo e financeiro. Estudos de viabilidade financeira a médio e longo prazo também devem ser feitos pela empresa, caso esta opte por adotar alguma das mudanças sugeridas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado**. Rio de Janeiro, 2006.

BALLARD, G.; HARPER, N.; ZABELLE, T. **An application of lean concepts and techniques to precast concrete fabrication**. Proceedings IGLC-10, Gramado: Agosto, 2002.

EL DEBS, M.K. **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Carlos: EESC-USP, Universidade de São Paulo, 2000.

FIDELIS, V. R. P; LIMA, M. C. V.; CASTILHO, V. C. **Análise do fluxo de produção em fábrica de pré-moldados de concreto: estudo de caso**. Publicado em (segundo) 2º Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-moldado. São Carlos: 03-04 Novembro, 2009.

MELO, C. E. E. **Manual Munte de Projetos em Pré-Fabricados em Concreto**. São Paulo: Editora PINI, 2004.

RAY, B.; RIPLEY, P., NEAL, D. **Lean Manufacturing – A Systematic Approach to Improving Productivity in the Precast Concrete Industry**. Estados Unidos da América: PCI Journal, 2006.

SANTOS, W. M.; RODRIGUES R. J. C.; FAJERSZTAJN, H.; MEDEIROS, J. S. A importância do pátio de vigas na qualidade de vigas pré-moldadas protendidas com aderência posterior fabricadas em canteiro. In: **Anais do 44º Congresso Brasileiro do Concreto – IBRACON**, Belo Horizonte, 2002.

WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing**. Belo Horizonte: WERKEMA Editora, 2006. v. 4.