



Implantação dos princípios da Construção Enxuta em uma empresa construtora

Implementation of Lean Construction the principles in a construction company

Juliana Kurek

Coordenadora do Curso de Engenharia da Produção – Universidade de Passo Fundo, UPF
jkurek@upf.br

Luciana Marcondes Pandolfo

Docente da Faculdade de Engenharia e Arquitetura – Universidade de Passo Fundo, UPF
marcondes@upf.br

Adalberto Pandolfo

Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia – Universidade de Passo Fundo, UPF
adalbertopandolfo@hotmail.com

Rodrigo Rintzel

Docente da Escola de Arquitetura e Urbanismo– Faculdade Meridional, IMED
rodrigo.rintzel@imed.edu.br

Leandro Tagliari

Docente da Faculdade de Engenharia Mecânica– Universidade de Passo Fundo, UPF
leandrotagliari@upf.br

Resumo

A indústria da construção durante muitos anos tem desenvolvido suas atividades com base em um modelo de gerenciamento da produção com ênfase nas atividades de conversão, as quais representam atividades de processamento ou modificação da forma ou substância de um material. Esse modelo negligencia as demais atividades envolvidas na realização de um serviço, como inspeção, transporte e espera. O objetivo deste trabalho é introduzir os princípios fundamentais da Construção Enxuta em uma empresa de construção na cidade de Passo Fundo (RS), observando a realidade regional e as oportunidades de melhorias no processo de produção da empresa. A pesquisa foi realizada através de um estudo de caso em uma empresa construtora, sendo dividida em três fases. Inicialmente, foi realizada uma análise exploratória com a identificação da empresa para o estudo e observação direta no canteiro de obras e descrição dos processos. Na segunda fase, foram apresentados à empresa os princípios da construção enxuta e realizada a intervenção da obra. E, na terceira fase desta pesquisa, foram realizadas a avaliação e discussão dos resultados e uma proposta de lista de verificação, para o diagnóstico e para implantação dos princípios da construção enxuta, em empresas construtoras. Entre as principais conclusões deste estudo, podem ser destacadas as melhorias acionáveis no canteiro, a transparência do processo de produção e receptividade dos conceitos Lean na empresa.

Palavras-chave: Construção Enxuta, Gerenciamento da Produção, Planejamento e Controle da Produção.

Abstract

For many decades, the construction industry has been developed based on a production management model which emphasizes conversion activities the processing or modification in the shape or substance of the materials. This model clearly neglects all the flow activities involved in the production process, such as inspection, transport, and delay time. In this context, the main objective of the present work is to introduce the basic principles of Lean Production in a construction company in the city of Passo Fundo/RS, taking into account the regional reality and the actual possibilities of intervention in the company production processes. The case study described herein was divided into three different phases. At first, an exploratory study was carried out to get basic information and set a benchmark for the analysis, which included the identification of the company, the full description of the production processes, and the direct site observation of working people. In the second phase, the principles of lean construction were presented to the company staff and the interventions in the production processes were planned and implemented. In the last phase, from the evaluation and discussion of the results, a checklist for the diagnosis and implementation of basic Lean Production principles in similar construction companies was proposed. Amongst the main conclusions drawn from the case study, can be detached the improvements you set in motion in the seedbed, the transparency of the production process and receptivity of the concepts lean in the company

Keywords: : Lean Construction, Production Management, Planning and Control of the Production.

1. INTRODUÇÃO

O conceito de Mentalidade Enxuta ou Lean Thinking foi formulado no início da década de 90, baseado no Sistema Toyota de Produção, e firmou-se como o novo paradigma de produtividade na manufatura, existindo aplicações em vários setores industriais. Desde o trabalho pioneiro de Koskela (1992) o setor da construção civil tem demonstrado grande interesse nestes conceitos, diversos pesquisadores e empresas têm buscado interpretar os conceitos para este ambiente, bem como realizar aplicações práticas (FORMOSO, 1993; BALLARD e HOWELL, 1997; HOWEL, 1999; KOSKELA, 2000; SANTOS, 2002). Segundo Picchi (2001) a compreensão sistêmica dos conceitos e experiências desenvolvidos até o momento é um grande desafio para todos os setores que buscam o uso da Mentalidade Enxuta, que é uma complexa combinação de filosofia, sistema e técnicas (ou ferramentas).

No que tange ao desenvolvimento deste trabalho, apresenta-se os princípios da Lean Construction enfatizando seus desdobramentos em melhorias, modificações e inovações tecnológicas simples. Para ilustrar, utiliza-se um banco de dados de imagens recolhidas na obra do estudo de caso. Faz parte, também, do propósito da pesquisa o envolvimento da gerência de obra e da direção da empresa nos conceitos da filosofia de Produção Enxuta. Para auxiliar na implantação dos princípios utiliza-se o modelo de planejamento e controle da produção proposto por Bernardes (2001) para as empresas construtoras, o qual é implementado na obra em estudo.

2. A PRODUÇÃO ENXUTA: SURGIMENTO, CONCEITOS E UTILIZAÇÃO PELO SETOR DA CONSTRUÇÃO

O conceito Lean Thinking (Mentalidade Enxuta) é baseado no Sistema Toyota de Produção (também conhecido pela sua sigla em inglês TPS) e foi desenvolvido em um ambiente de manufatura, mais especificamente na indústria automobilística. O termo “enxuto” foi adotado por Womack e Roos (1990) visando caracterizar um novo paradigma de produção, para contrapor ao paradigma tradicional da produção em massa.

A base da Mentalidade Enxuta é a eliminação de desperdícios. Na definição de Taiichi Ohno (1997) “reduzir a linha do tempo, do momento que o cliente faz o pedido até o ponto de receber o dinheiro, removendo os desperdícios que não agregam valor ao longo desta linha”. A Figura 1 representa esquematicamente esta definição.

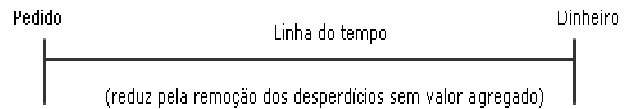


Figura 1 – Linha de tempo de produção

Fonte: Ohno, 1997

Segundo alguns autores, a Produção Enxuta representa uma mudança de paradigma na gestão da produção (HOPP e SPEARMAN, 1996; BARTEZZAGHI, 1999; KOSKELA, 2000). A partir da década de 70, as transformações dos sistemas de produção que se verificavam no Japão e a própria globalização da economia provocaram o aumento na competição mundial e a função produção começou a ser vista como uma área estratégica, em que mudanças fundamentais deveriam ser realizadas para a competitividade da empresa, (VANALLE, 1995 apud MARUOKA, 2004).

A Nova Filosofia de Produção na Construção Civil ou Lean Construction, surge em contraponto à filosofia tradicional. Tem como um de seus marcos iniciais a publicação por Lauri Koskela, na Universidade de Stanford, U.S.A., em 1992, de um relatório técnico intitulado “Application of the New Production Philosophy to Construction”. Neste relatório, Koskela lança as bases desta nova filosofia adaptada à construção civil (KOSKELA, 1992).

Para Alarcón (1997), a indústria da construção é diferente da manufatura, onde o ritmo de produção é fundamentalmente regido de informações e fluxos de recursos. Isto se deve a sua grande variedade de área de trabalho e o intenso uso de mão-de-obra e equipamentos não estacionários. Segundo o mesmo autor, a organização, o planejamento, a alocação e o controle destes recursos são o que realmente determina a produtividade que pode ser alcançada. O modelo conceitual usado para analisar a construção que é de conversão de entradas em

saídas do sistema e ignora importantes aspectos dos fluxos de informação e recursos.

Koskela (1992) faz críticas ao gerenciamento convencional da construção como um método de conversão e caracteriza o setor como atividade de conversão orientada, afirmando que seus métodos de gerenciamento violam os princípios de fluxo e melhoria. Como consequência é considerável o desperdício na construção, que é invisível em termos totais.

Por muitos anos, a utilização deste modelo tem ajudado a enfatizar a diferença entre construção e manufatura com instalações fixas e tem limitado a difusão de novas tecnologias de produção e filosofias que tem surgido em outras áreas. Um sistema de produção focalizado nas informações de fluxos de recursos pode aumentar a produtividade e ser aplicado na construção mesmo com suas peculiaridades (ALARCÓN, 1997).

3. O PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO COMO FERRAMENTA DE IMPLANTAÇÃO DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Os princípios da Construção Enxuta podem ser introduzidos nas empresas construtoras, através de técnicas e ferramentas, e o planejamento e controle da produção é uma delas. Neste item apresenta-se um modelo de planejamento e controle da produção para a construção

Nos últimos anos, alguns importantes avanços no planejamento e controle da produção (PCP), em empresas de construção, têm sido apresentados pela bibliografia da área, principalmente através da aplicação do método Last Planner de controle de produção.

Segundo Ballard (2000), através deste método consegue-se criar uma janela de confiabilidade para o sistema de produção, que facilita a aprendizagem e contribui para estabilizar o sistema de produção.

Este método foi proposto inicialmente por Ballard e Howell (1996) nos EUA, tendo sido ampliado e refinado em inúmeros estudos de caso. Apesar do seu sucesso, existe a necessidade de mais estudos, que permitam o seu desenvolvimento de forma integrada a outros sistemas de controle da empresa.

Assim, pode-se melhorar a compreensão dos requisitos necessários para a sua implementação bem sucedida e, conseqüentemente, para o aperfeiçoamento do método (BULHÕES et al., 2003).

Neste sentido, o NORIE/UFRGS propôs um modelo para o planejamento e controle da produção, em empresas de pequeno porte, que contém os principais elementos do método Last Planner (FORMOSO et al., 1999).

Os elementos principais do Last Planner são o plano operacional, elaborado de acordo com a sistemática da Shielding Production (produção protegida) (BALLARD e HOWELL, 1997) e o Lookahead Planning (olhar a produção à frente) (BALLARD, 1997).

Bernardes (2001) apresenta uma proposta de planejamento e controle da produção, também baseado no método Last Planner. Esse é dividido em três níveis de planejamento, com diferentes horizontes de tempo: o planejamento de curto prazo, tratado como operacional; o planejamento de médio prazo, tratado como tático e o planejamento de longo prazo, tratado como estratégico.

4. O DELINEAMENTO DA PESQUISA

O desenvolvimento da pesquisa foi dividido em três fases:

1. Fase I, exploratória, com a identificação da empresa, para o estudo e observação direta no canteiro de obras, para a descrição de seus processos;
2. Fase II, a apresentação dos princípios da Construção Enxuta e a intervenção na obra;
3. Fase III, a avaliação e discussão dos resultados e uma proposta de diagnóstico para empresas construtoras.

Como estratégia de pesquisa adotou-se o estudo de caso, com observação participante e intervenção. Segundo Yin (2001), o estudo de caso é uma estratégia aplicável a estudos científicos, onde se incluem estudos organizacionais e gerenciais. A Figura 2, apresenta a estrutura de pesquisa (design da pesquisa).

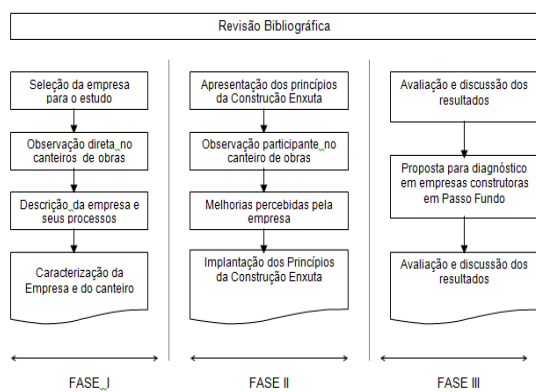


Figura 2 – Estrutura da pesquisa.

Fonte: Autores 2012.

5. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA DO ESTUDO DE CASO

A empresa de construção e incorporação de edificações estudada está no mercado desde 1980. Seus empreendimentos estão localizados no centro da cidade de Passo Fundo (RS) e são direcionados aos segmentos de classe média e classe média-alta da população, tais como profissionais liberais, funcionários públicos, empresários e comerciantes, com renda mensal entre quinze e quarenta salários mínimos. O seu quadro funcional é composto por, aproximadamente, quarenta funcionários exercendo funções técnicas, administrativas e operacionais no canteiro de obras. Enquadra-se, então, como uma empresa de pequeno porte, de acordo com a

classificação do SEBRAE. A empresa está organizada como apresenta a Figura 3.

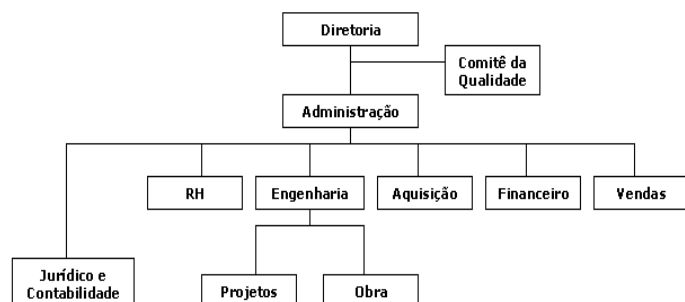


Figura 3 – Organograma da Empresa
Fonte: Autores 2012.

O processo de planejamento e controle de produção da obra estudada seguia os padrões da empresa, com o desenvolvimento em primeiro nível de um cronograma de longo prazo e seu acompanhamento quinzenal, e um segundo nível, com a distribuição e execução das tarefas coordenadas pelo encarregado da obra que repassava as equipes de maneira informal. As solicitações de recursos para a execução das tarefas eram realizadas na medida em que a necessidade surgia e as tarefas aproximavam-se de sua execução. A Figura 4 apresenta um modelo de cronograma utilizado para o planejamento e controle de execução. Os números indicam os andares dos pavimentos tipos.

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DA OBRA													
	set/03	out/03	nov/03	dez/03	jan/04	fev/04	mar/04	abr/04	mai/04	jun/04	jul/04	ago/04	
1 - SERVIÇOS PRELIMINARES													
1-1 Tapume e instalações prov.													
2- FUNDAÇÕES													
2-1 Estacas													
2-2 Blocos e vigas													
3- ESTRUTURA													
3-1 Superestrutura					1	2	3	4	5,6	7	8,9	10	
4- FECHAMENTO													
4-1 Externo						1	2	3	4,5	6	7	8	
4-2 Interno						1	2	3	4,5	6	7	8	
4-3 Churrasqueiras						1	2	3	4,5	6	7	8	
5- REVESTIMENTO													
5-1 Reboco externo													
5-2 Reboco interno								1	2	3,4	5	6	
5-3 Assentamento azulejos													
5-4 Colocação pingadeiras													
5-5 Forro Gesso													
5-6 Pastilhas Fachada													
6- PAVIMENTAÇÃO													
6-1 Contrapiso													

Figura 4 - Cronograma da obra utilizado pela empresa.
Fonte: Autores 2012.

Como a obra não possuía um planejamento de curto e médio prazo, observava-se dificuldade em sua execução. De acordo com o encarregado de obra, não havia como identificar, claramente, as causas

dos atrasos. Segundo ele, os problemas principais residiam nas condições climáticas e dificuldades na execução do projeto. Também, identificou-se coincidência de datas na entrega de diferentes

materiais, como a chegada de aço no dia de concretagem, a entrega pelo fornecedor de blocos cerâmicos, no mesmo momento do recebimento da areia.

5.1 O novo planejamento e controle da produção na empresa

O processo de planejamento e controle da produção facilita a implementação dos princípios da Construção Enxuta, na medida em que se busca reduzir atividades de movimentação, inspeção e espera, bem como aquelas atividades que consomem tempo, mas não agregam valor ao cliente final.

Para a realização do planejamento da obra, através da hierarquização do processo de planejamento de longo, médio e curto prazo, foram necessárias

algumas informações da diretoria e dos projetistas. Primeiramente, analisaram-se todos os projetos disponíveis e o cronograma já existente, onde se pode obter algumas informações, tais como os prazos prioritários do empreendimento e, principalmente, o prazo de conclusão da obra, que não poderia ser prolongado, pois já existiam unidades vendidas.

O planejamento de longo prazo abrange as principais atividades envolvidas na execução da obra; este nível possui como horizonte de planejamento a duração de toda construção. Desta forma, o cronograma já existente foi refeito e ajustado, com o auxílio dos gerentes da obra e aprovação do diretor executivo da empresa. Para a elaboração utilizou-se o software MS Project®, sua apresentação no diagrama de Gantt e a utilização da precedência de atividades, como apresenta a Figura 5.

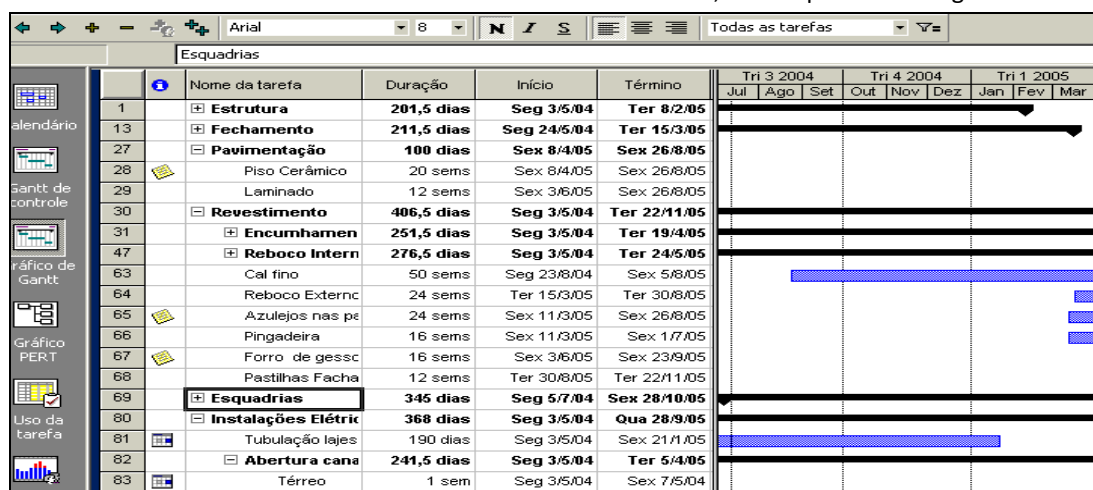


Figura 5 - Planejamento de Longo Prazo

Fonte: Autores 2012.

O planejamento de médio prazo iniciou com a coleta de informações, a partir do plano de longo prazo e da execução do empreendimento, tais como os ritmos de produção, os fluxos de trabalho e o seqüenciamento das atividades. Este é realizado num horizonte de cinco semanas e tem como principal objetivo eliminar as restrições para liberar, para a execução, as tarefas que estão chegando.

Cada atividade desse plano é submetida a uma análise de restrições. A responsabilidade pela realização deste nível de planejamento é da gerência da obra, a partir da qual são produzidos os planos e a programação de recursos, da necessidade de verificação de estoques e análises de projetos. A Figura 6 mostra o planejamento de médio prazo, utilizando a planilha proposta por Bernardes (2003).

ED. MAISON RENOIR -		Plano de Médio Prazo															
		Obra:	ED. MAISON RENOIR						Elaborado em:	12/01/05							
		Engenheiro:	VITOR LOSS						Elaborado por:	Juliana, Vitor e Helena							
		Mestre:	FELIPE ORLEI LODI						Alterado em:	VERSÃO							
		Supervisor:							Alterado por:								
PACOTES DE TRABALHO		12/01/05			19/01/05			26/01/05			02/02/05			Restrições			
		4'	5'	6'	2'	3'	4'	5'	6'	2'	3'	4'	5'		6'	2'	3'
Montagem da laje dos fundos		X	X	X	X	X	X	X	X	X							escoras de eucalipto de 5 m até 05/01. Contratar 2 carpinteiros / jan/01
Concretagem da laje dia 24/01									X								
Alvenaria das divisas		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Chegada Aço		X	X														
Chegada de Isopor				X													
Passagens Hidráulicas Lojas 01 e 02						X	X	X	X	X							
Passagens Elétricas Lojas 01 e 02						X	X	X	X	X							

Figura 6 - Planejamento de médio prazo
Fonte: Autores 2012.

O plano de curto prazo consiste nas metas da primeira semana do plano de médio prazo, após a devida análise. O horizonte de planejamento é de uma semana, e detalha diariamente as tarefas a serem executadas. Outra fonte de informação é o plano de curto prazo da última semana de trabalho, pois as parcelas de atividades, não executadas na semana anterior, deverão entrar no próximo plano de curto prazo. São avaliados os problemas ocorridos no período anterior e tomadas as medidas cabíveis. Em seguida, é efetuado o dimensionamento das equipes, os últimos ajustes no seqüenciamento das tarefas e a verificação da disponibilidade dos recursos.

A responsabilidade pela elaboração deste nível de planejamento é compartilhada entre a gerência da obra e os chefes de equipe de produção. A difusão da informação segue para a obra, para as equipes de produção e para os responsáveis pela compra e aquisição de materiais, de forma que haja tempo hábil de repor os estoques no prazo previsto. O campo de preenchimento mais importante desta planilha é a causa dos problemas, quando não executados os pacotes de trabalho. Esta informação possibilita ações preventivas para os próximos planos. A Figura 7 apresenta o modelo de planejamento de curto prazo utilizando a planilha proposta por Bernardes (2003).

SISTEMA DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA OBRA ED. TORRE DO SOL - CURTO PRAZO													
		Obra:	Ed. Torre do Sol				Semana:	7/02/05 A 11/02/05				Elaborado em:	04/02/05
		Engenheiro (a):	Juliana Kurek				PPC = Itens Exec. / 100% =					Elaborado por:	Juliana, Gesinei e Helena
		Supervisor:	Gesinei S. Souza				Itens Totais						
Equipe	Visto	Pacote de Trabalho	S	T	Q	Q	S	S	z	%	Problema		
Carpinteiros		Montagem da laje	P			x				100%			
		Concretagem da Laje Salão Festa	P						x	100%			
		Desforma Vigas	P						x	100%			
			E										
Pedreiros Reboco		Pav Tipo 7 (2/4)	P			x	x	x		100%			
			E										
Pedeiro Alvenaria		Pav Tipo 9 (final 1 e 4)	P			x	x	x		100%			
			E										
João e Antonio		Contrapiso pav. Tipo 6	P			x	x	x		100%			
			E										
Antonio		Contramarcos Tipo 8	P			x	x			100%			
			E										
Geseiros		Forro da loja 02	P			x	x			100%			
			E										
Gesin		Instalações hidráulicas Tipo 8	P			x	x			100%			
			E										
Arlei		Instalações elétricas Tipo 8	P			x	x			100%			
			E										

Figura 7 - Planejamento de curto prazo
Fonte: Autores 2012.

6. APRESENTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA A EMPRESA

Os onze princípios propostos por Koskela (1992) foram apresentados à Empresa utilizando as reuniões de planejamento da obra. Estas reuniões, que aconteciam quinzenalmente, passaram a ser realizadas semanalmente, para que se pudesse implementar o processo de planejamento e controle da produção (PCP). Essa etapa está fortemente embasada na proposta de Bernardes (2001). Este autor discute a aplicação dos princípios através do processo de planejamento e controle da produção. Esse processo consistia em apresentar os princípios e

identificar a utilização deles pela empresa ou propor sua implementação.

6.1 Redução da parcela de atividades que não agregam valor

Para evidenciar este princípio, que é o mais geral na Construção Enxuta, procurou-se primeiramente arranjar fisicamente o canteiro de obras, com a definição de um layout, no qual identificou-se entrada, saída, carga e descarga de matérias e vias de circulação e definiu-se local específico para armazenamento de insumos. A Figura 8 apresenta o layout do canteiro.

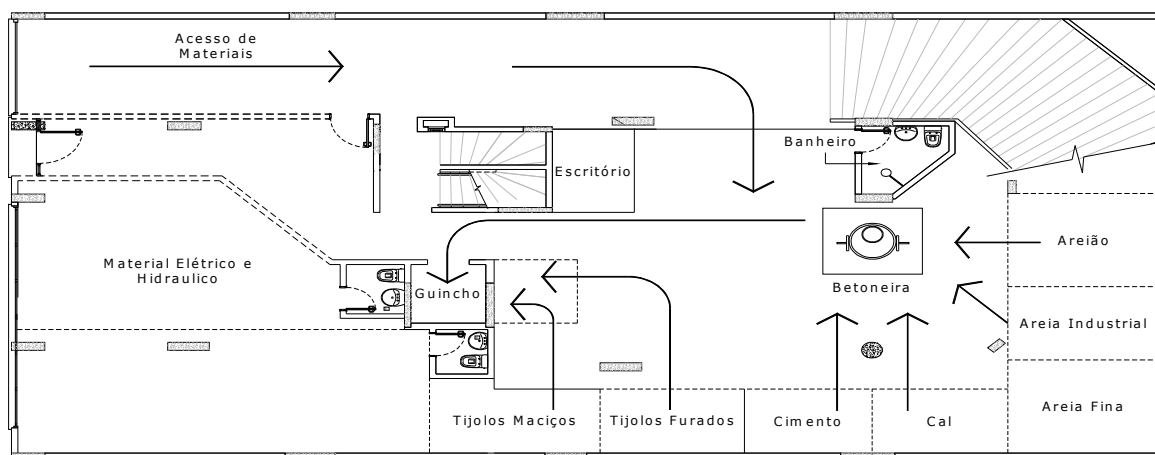


Figura 8 –Layout do canteiro de obras

Fonte: Autores 2012.

Outro exemplo de boa prática adotada para atendimento a este princípio foi a substituição do vibrador convencional, que necessitava de dois trabalhadores, como mostra a Figura 9, por um vibrador portátil que poderia ser carregado pelo mesmo trabalhador que estava fazendo a tarefa de vibração do concreto. Figura 10 evidencia esta evolução.



Figura 9 –Vibrados convencional

Fonte: Autores 2012.



Figura 10 – Vibrador Portátil
Fonte: Autores 2012.

6. 2 Aumentar o valor do produto através das considerações dos clientes

Para o atendimento deste princípio de agregar valor ao produto, considerou-se como cliente os internos e externos. Os clientes internos são os trabalhadores da empresa, principalmente, no sequenciamento de tarefas e de equipes e os clientes externos são os adquirentes dos imóveis. A Figura 11 apresenta o momento de inspeções dos serviços para garantir as especificações e tolerâncias para as próximas atividades e a Figura 12 as reuniões de planejamento com a diretoria e gerência da obra para análise dos requisitos dos clientes e externos.



Figura 11 – Inspeções de execução de serviços.
Fonte: Autores 2012.



Figura 12 – Reuniões de Planejamento
Fonte: Autores 2012.

6.3 Reduzir variabilidade

Através do processo de monitoramento da variabilidade da execução das tarefas, proporcionado pelo sistema de planejamento e controle da produção implantado, é possível identificar as causas dos problemas de não execução das tarefas. A Figura 13 mostra um exemplo de gráfico comparativo destas causas.

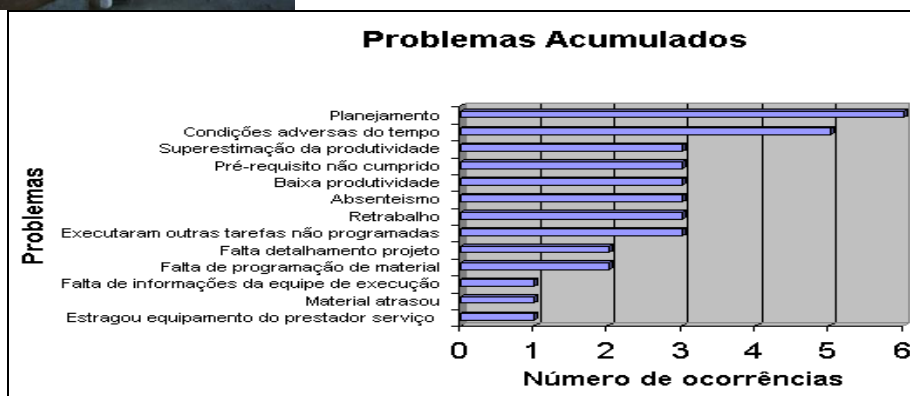


Figura 13 – Problemas Acumulados.

A Figura 14 apresenta a padronização do processo de recebimento de materiais (no exemplo as

amostras de areias) com inspeções no momento do recebimento.



Figura 14 – Amostra padrão das areia utilizada
Fonte: Autores 2012.



Figura 16- Aço cortado e dobrado no fornecedor
Fonte: Autores 2012.

6.4 Redução do tempo de ciclo

O planejamento e controle da produção com definição de tempos de ciclo menores tornam-se mais eficientes e possibilitam a identificação de melhorias. Para evidenciar este princípio foram utilizados as informações do planejamento de longo prazo, possibilitando sincronizar as atividades e o planejamento médio prazo onde se visualiza pacotes de trabalhos para as equipes. A Figura 15 apresenta esta informação.

		Obra: Ed. Torre do Sol	Semana: 7/02/05 A 11/02/05					
		Engenheiro (a): Vitor Loss	PPC = Itens Exec. * 100%					
		Supervisor: Gesislene B. Souza	Itens Totais					
Equipe	Visto	Pacote de Trabalho	S	T	Q	S	%	
Carpinteiros		Montagem da laje Salão Festas	P		x			100%
		Concretagem da Laje Salão Festa	E			x		100%
		Desforma Vigas Salão Festas	P				x	100%
Pedreiros Reboco		Pav 7* tipo (2/4)	P	x	x	x		100%
			E					
Pedreiro Alvenaria		Pav 9* tipo (final 1 e 4)	P	x	x	x		100%
			E					
João e Antonio		Contrapiso pav 7* tipo	P	x	x	x		100%
			E					
Antonio		Contramarcos 7* tipo	P		x	x	x	100%
			E					
Gesseiros		Forro da loja 02	P		x	x	x	100%
			E					

Figura 15 -- Planejamento por pacotes de trabalho
Fonte: Autores 2012.

6.5 Simplificação pela minimização do número de passos e partes

Com o objetivo de atender à simplificação, a empresa utiliza aço cortado e dobrado no fornecedor (Figura 16 evidencia esta prática), na obra o processo é apenas de montagem das peças estruturais. Outro exemplo é o emprego de vergas pré-fabricadas; que reduz o numero de etapas para a execução. O pedreiro posiciona a verga no local e continua a execução da alvenaria. As Figuras 17 apresentam a utilização de vergas pré-fabricadas.



Figura 17- Verga pré moldada
Fonte: Autores 2012.

6.6 Aumento da flexibilidade de saída

Este conceito está vinculado ao processo de gerar valor ao produto, possibilitando mudanças rápidas no produto para satisfazer as exigências do consumidor. Com a utilização de um sistema construtivo utilizando laje plana é possível a mudança de layout dos apartamentos sem a preocupação com a localização de vigas, tornando o produto flexível a mudanças. Esta possibilidade foi evidenciada na ocasião em que um cliente adquiriu duas unidades de apartamentos e solicitou a união das duas unidades para transformá-las em uma. A Figura 18 apresenta os apartamentos padronizados e a Figura 19 a modificação solicitada pelo cliente.

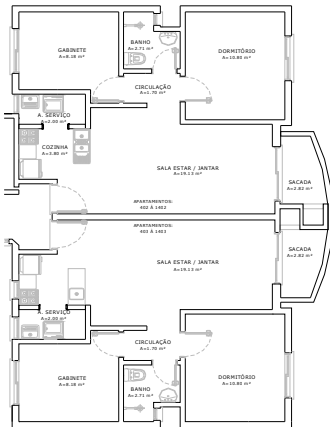


Figura 18- Apartamentos tipo padrão
Fonte: Autores 2012.

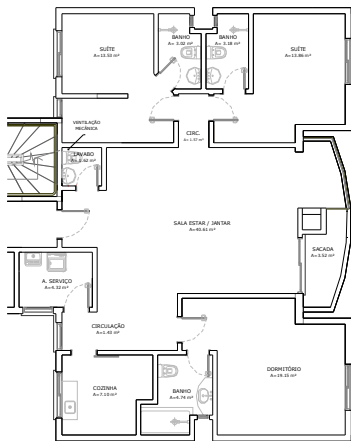


Figura 19- Apartamentos tipo modificado
Fonte: Autores 2012.

6.7 Aumento da transparência

A primeira iniciativa no sentido de transparência dos canteiros foi a implantação do programa 5S, dividindo o canteiro em áreas e aplicando os cinco sentidos (Utilização, Ordenação, Limpeza, Disciplina e Asseio). A organização e utilização dos materiais e equipamentos são baseados no layout, projetadas e divulgadas para cada área do canteiro (Figura 20). Também é exemplo a utilização de um tubo-fone para a comunicação dos trabalhadores dos pavimentos superiores com o guincheiro (Figura 21) e a organização dos estoques de materiais (Figura 22).



Figura 20- Equipe vencedora 5S
Fonte: Autores 2012.



Figura 21- Tubo-fone
Fonte: Autores 2012.



Figura 22- Estoque materiais
Fonte: Autores 2012.

6.8 Focar o controle no processo global

Este princípio foi atendido com a utilização de parcerias com os fornecedores e avaliação dos mesmos. A identificação da cadeia de valor do produto da construção é um princípio da Mentalidade Enxuta, pois proporciona uma visão mais ampla do percurso do produto até chegar ao consumidor e possibilita a identificação de possíveis desperdícios que ocorrem considerando a cadeia como um todo, como repetidas atividades de transporte, inspeções, estoques, re-trabalho. A Figura 23 mostra a ficha de avaliação de fornecedor.

Figura 23 - Avaliação de fornecedores
Fonte: Autores 2012.

motivos de não-conformidade para serem assinalados.

Figura 24 - Relatório de não conformidade
Fonte: Autores 2012.

6.9 Estabelecimento de melhoria continua ao processo

A introdução dos procedimentos de ação corretiva e preventiva possibilita a identificação de problemas no processo e suas prováveis causas. Este procedimento foi aplicado por ocasião da implementação do PBQP-H e é um instrumento muito pertinente à aplicação deste princípio. O modelo de relatório de não-conformidade utilizado pela empresa é apresentado na Figura 24. Neste, relatório são identificadas, as origens da não-conformidade, suas descrições e quais suas ações corretivas. Também já estão definidos alguns

6.10 Equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões

A aplicação de mapeamento dos processos e identificação de seus requisitos para cada estágio foi uma forma de atender a este princípio. Foi mapeado o processo de montagem da armadura e aplicadas melhorias em seu fluxo, a Figura 25 apresenta esta aplicação.

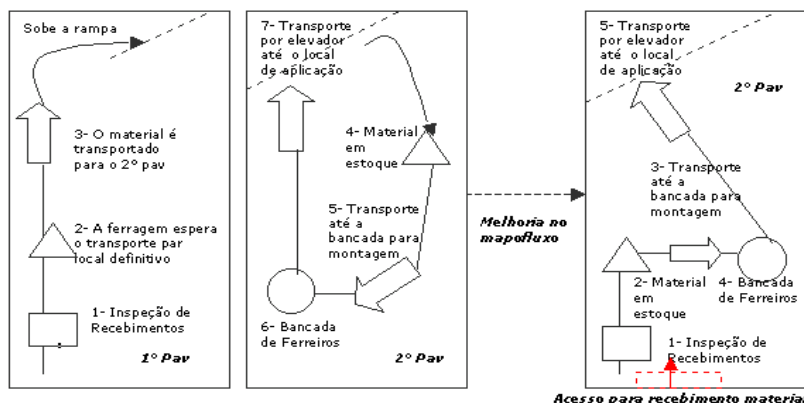


Figura 25 - Mapofluxo do processo de montagem da armadura
Fonte: Autores 2012

6.11 Fazer benchmarking

Para atender a este princípio da Construção Enxuta, é importante a empresa conhecer seus processos para que estes possam ser melhorados através do aprendizado com as práticas de outras empresas. Por isso, foi importante para o sistema a descrição

dos processos da empresa em Diagrama de Fluxos de Dados (DFD).

Esta pesquisa serve de benchmarking para o processo pois reúne aplicações dos princípios lean e sugestões de aplicações por diversos autores.

7. A EMPRESA PROPOSTA DE DIAGNÓSTICO DE IMPLANTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

O diagnóstico de implantação dos princípios da Construção Enxuta foi elaborada englobando os onze princípios propostos por Koskela (1992). Para cada princípio foram elaboradas perguntas que envolvem práticas, atitudes e comportamentos, cujas aplicações apresentam as evidências da utilização da filosofia de Construção Enxuta.

A avaliação individualmente por princípio Lean Construction tem o objetivo de identificar quais estariam sendo contemplados nas práticas de produção de obras, e para finalizar gera-se um indicador geral.

Para aplicação do diagnóstico, os itens, são separados por princípios, devem ser assinalados conforme a sua aplicação SIM, NÃO ou NÃO SE APLICA . No caso do item não ser aplicado, este não deve entrar no cálculo da pontuação. Para obter o indicador da pontuação por princípio Lean Construction (IPI) deve ser aplicada a fórmulas:

$$IPI = (PO/PP) \times 100 \quad (1)$$

Onde:

IPI = Indicador por Princípio

PO = Pontos Obtidos

PP = Pontos Possíveis

O indicador geral de Construção Enxuta é obtido através da média ponderada dos pontos obtidos por indicador por princípio:

$$ICE = \frac{\sum IPI \times p}{\sum p} \quad (2)$$

ITENS DE VERIFICAÇÃO	SIM	NÃO	NÃO SE APLICA
1) Reduzir a parcela de atividades que não acrescentam valor:			
1.1) A obra possui um arranjo físico para armazenamento de materiais visando minimizar a distância entre locais de descarga e os respectivos locais de utilização			
1.2) Existem evidências de redução de atividades de movimentação, inspeção e espera (utilização de algum dispositivo de melhoria do fluxo do processo)			
IP1= (PO/PP) X 100 = _____			
2) Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente:			
2.1) São identificadas as necessidades do cliente internos e externos			
2.2) Os processos são mapeados e identificados os clientes e seus requisitos			
2.3) Existe alguma forma sistemática para obter os requisitos do cliente (pesquisa de mercado e avaliações pós-ocupação)			

2.4) Existe retroalimentação com projetistas como reuniões onde são debatidos os requisitos dos clientes			
2.5) Existe planejamento das tarefas afim de garantir os requisitos dos clientes internos na seqüência de atividades			
IP 2= (PO/PP) X 100 = _____			
3) Reduzir variabilidade;			
3.1) Existem procedimentos padronizados para execução das tarefas			
3.2) Existem procedimentos padronizados para recebimento dos materiais			
3.3) Existe controle da variabilidade na execução das tarefas			
IP 3= (PO/PP) X 100 = _____			
4) Reduzir o tempo do ciclo de produção;			
4.1) Existem boas condições de trabalho, com segurança e equipamentos adequados ao operários			
4.2) Existe uma divisão dos ciclos de produção (como pacotes de trabalho, conclusão de uma metragem especificada, conclusão por pavimento)			
4.3) Existe alguma evidência de eliminação de atividades de fluxo que fazem parte de um ciclo de produção			
IP 4= (PO/PP) X 100 = _____			
5) Simplificar através da redução do número de passos ou partes;			
5.1) É evidenciada a utilização de elementos pré fabricados, kits ou máquinas polivalentes no processo de produção			
5.2) Existe um planejamento do processo de produção			
5.3) Existe uma constante avaliação do processo, buscando a melhoria (reuniões, discussões para identificação de simplificação das operações)			
5.4) Existe uma organização no canteiro com relação ao armazenamento de equipamentos e material visando eliminar ou reduzir a ocorrência de movimentação e deslocamento			
IP 5= (PO/PP) X 100 = _____			
6) Aumentar a flexibilidade de saída;			
6.1) O produto é customizado no tempo mais tarde possível. Existem evidências			
6.2) O processo construtivo permite a flexibilização do produto, rapidamente sem grandes ônus para a produção (como utilização de divisória de gesso acartonado, lajes planas)			

6.3) As equipes de produção são polivalentes			
6.4) Existe uma minimização no tamanho dos lotes aproximando-os de sua demanda			
IP 6= (PO/PP) X 100 = _____			
7) Aumentar a transparência do processo;			
7.1) O canteiro de obras está livre de obstáculos visuais como divisórias			
7.2) No canteiro são utilizados dispositivos visuais, como cartazes, sinalização e demarcação de áreas			
7.3) São empregados indicadores de desempenho que tornam visíveis atributos do processo			
7.4) São empregados programas de melhoria na organização e limpeza como o Programa 5S			
IP 7= (PO/PP) X 100 = _____			
8) Focar o controle no processo global;			
8.1) A empresa faz parceria com fornecedores, no sentido de reduzir atividade que não agregam valor no momento da entrega e qualidade do material			
8.2) Existe planejamento e controle da produção afim de garantir a entrega da obra no prazo			
IP 8= (PO/PP) X 100 = _____			
9) Introduzir melhoria continua no processo;			
9.1) Existem evidencias exemplos de dignificarão e iniciativas de apoio a mão-de-obra			
9.2) Existem procedimentos para monitorar as ações corretivas (as causas reais) e a eliminação com ações preventivas			
9.3) A gestão é participativa, são aceitas sugestões de funcionários			
9.4) Utiliza-se indicadores de desempenho para monitoramento dos processos			
IP 9= (PO/PP) X 100 = _____			
10) Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões;			
10.1) São evidenciadas práticas de melhorias nos fluxos como o mapeamento do processo			
10.2) Existe uma estratégia de ataque à obra			
IP10= (PO/PP) X 100 = _____			

11) Referenciais de ponta (<i>benchmarking</i>).			
11.1) A empresa conhece seus próprios processo (estão descritos e entendido)			
11.2) São evidenciadas aprendizado a partir de praticas adotadas em outras empresas similares,			
11.3) Adapta as boas práticas encontradas a sua realidade			
IP11= (PO/PP) X 100 = _____			

INDICADOR DE CONSTRUÇÃO ENXUTA:

$$ICE = \sum IPI \times p$$

8. CONCLUSÕES

Conclui-se que as informações geradas com a inserção dos princípios Lean no estudo de caso propiciaram melhorias percebíveis no sistema de gestão da produção da empresa. As ferramentas utilizadas para a introdução dos princípios, tais como o planejamento e controle da produção (PCP), o programa 5S, a integração com os demais sistema de melhoria na gestão de produção como o PBQP-H e boas práticas apresentadas na bibliografia, são uma maneira de introduzir o elementos fundamentais da nova filosofia de produção para a construção em empresas construtoras.

No tocante às dificuldades, a inércia para a transposição da falta de hábitos de controle da produção para a coleta de dados para geração de indicadores não é fácil de ser vencida e exige persistência.

Observa-se, também, que os conceitos e aplicações sugeridos pela bibliografia, em alguns princípios são mais profundos do que os apresentados e evidenciados no estudo de caso como, por exemplo, a geração de valor ao cliente e a produção “puxada” pelo cliente. Mas, considerando o início de um processo de melhoria, existe uma tendência de integração e melhor compreensão dos princípios da nova filosofia de Produção Enxuta na Empresa.

Um fator relevante para a implantação das diretrizes propostas depende tanto de características comportamentais e organizacionais das empresas, quanto de características conjuntas da obra.

Aspectos como o comprometimento da alta gerência, a priorização das necessidades da obra e o treinamento dos funcionários revelam-se essenciais

ao sucesso na implantação dos princípios da Construção Enxuta.

Referências Bibliográficas

ALARCÓN, L. (Ed.). **Herramientas para identificar a reducir perdas em proyectos de contrucción**. Revista de Ingenieria de Construcción, n. 15, p. 37-45, enero/julio. 1997

BALLARD, G. **The last planner system of productions control**. 2000. (Thesis) - Dpt. Of Civil Engineering, University of Birmingham, Birmingham, U.K., June, 2000.

BALLARD, G. **Lookahead Planning: the missing link in production control**. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 5, 1997, Goald Cost. Proceedings... Goald Coast: Griffith University, 1997

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Shielding Production: An Excential in Production Control**. Technical Report, Califórnia, n. 97-1, 1997

BALLARD, G.; HOWELL, G. **Shielding production from uncertainty: first step in an improvement strátégý**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROFESIONALES DE PROJECT MANAGEMENT, 1996, Santiago. Anais... Santiago: 1996.

- BARTEZZAGHI, E. **The Evolution of Production Models: il a New Paradigm Emerging?** International Journal of Operation & Production Management, v. 19, n. 2, p. 229-250, 1999
- BERNARDES, M. M. S. **Planejamento e controle da produção para empresas da construção civil.** Rio de Janeiro: LTC Editora, 2003.
- BERNARDES, M. M. S.. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção.** 2001. Tese (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001
- BULHÕES, I.R.; AKKARI A.; SOUSA, M. G. L. de, FORMOSO, C. T. **Informatização do planejamento e controle de produção.** In: IIISIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO -SIBRAGEC, 2003, 3, São Carlos . Anais..., São Carlos –SP, 2003.
- FORMOSO, C.T.; BERNARDES, M.M.; OLIVEIRA, L.F.; OLIVEIRA, K. **Termo de referência para o processo de planejamento e controle da produção em empresas construtoras.** Porto Alegre: NORIE/UFRGS/SINDUSCON/SP, 1999
- FORMOSO, C. T. et al. **Desenvolvimento de um modelo para a gestão da qualidade e produtividade em empresas de construção civil de pequeno porte.** In: SEMINÁRIO DA QUALIDADE DA CONSTRUÇÃO CIVIL – GESTÃO E TECNOLOGIA, 2, 1993, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, 1993.
- HOPP, W.; SPEAEMAN, M. **Factory physics: foundations of manufacturing management.** United States: Irwin McGraw-Hill, 1996
- HOWELL, G. **What Is Lean Construction.** In Annual Conference of the International Group for Lean construction, 7, 26-28 Jul, 1999. Berkeley (CA) Proceedings... University of California.
- KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** Espoo: VTT. Building Technology, 2000.
- KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction.** Technical Report, Finland, CIFE, 1992.
- MARUOKA, L.M.A. **Estratégias de produção adotadas pelas construtoras no ambiente contemporâneo.** 2003. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Paulo.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1997.
- PICCHI, F. A . **Lean Thinking (Mentalidade Enxuta): avaliação sistemática de potencial de aplicação do setor da construção.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO -SIBRAGEC, 2, 2001, Fortaleza. Anais.... Fortaleza: 2001.
- SANTOS, A. **Por onde iniciar na implantação das modernas práticas de engenharia de produção da construção?** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ENTAC 9, 2002, Foz de Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu, 2002. p. 1525-1534
- WOMACK, J. T.; ROOS D. **The Machine that Changed the World.** New York: Tawson Associates, 1990.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001