



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

JULIANA KUREK

INTRODUÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA FILOSOFIA DE
CONSTRUÇÃO ENXUTA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO
EM UMA CONSTRUTORA EM PASSO FUNDO-RS

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia e Arquitetura da Universidade de
Passo Fundo, para obtenção do título de Mestre
em Engenharia.

Passo Fundo

2005

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

Juliana Kurek

ORIENTADOR: Professor Adalberto Pandolfo, Dr.

INTRODUÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA FILOSOFIA DE CONSTRUÇÃO
ENXUTA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO EM UMA CONSTRUTORA
EM PASSO FUNDO-RS

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia e Arquitetura da Universidade de
Passo Fundo, para obtenção do título de Mestre
em Engenharia.

Passo Fundo

2005

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação:

**“Introdução dos princípios da filosofia de construção enxuta no processo de produção
em uma construtora em Passo Fundo-RS”**

Elaborada por:

Juliana Kurek

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia

Aprovado em: 15/04/2005
Pela Comissão Examinadora

Professor Adalberto Pandolfo, Dr.
UPF – Universidade de Passo Fundo
Orientador

Professor Marco Aurélio Stumpf González, Dr.
UNISINOS-Universidade do Vale dos Rio do Sinos

Professor Antonio Thomé, Dr.
Coord. Prog. Pós-Graduação em Engenharia
UPF – Universidade de Passo Fundo

Professor Fernando Pugliero Gonçalves, Dr.
UPF – Universidade de Passo Fundo

Professor Pedro Domingo Marque Prietto, Dr.
UPF – Universidade de Passo Fundo

Professora Luciana Londero Brandli, Dra.
UPF – Universidade de Passo Fundo
UNIJUI – Universidade Regional do Noroeste do
Estado do Rio Grande do Sul

Passo Fundo

2005

Dedico este trabalho a minha mãe Jurema, aos meus irmãos Marta e Rodrigo e ao José Waldomiro por todo o amor e carinho.

Agradeço à UPF- Universidade de Passo Fundo pela bolsa de estudos que possibilitou o desenvolvimento desta dissertação.

Ao professor Adalberto Pandolfo pela orientação deste trabalho, por me proporcionar e incentivar o crescimento científico e pessoal e, também, por confiar e acreditar no meu trabalho.

Às empresas Coplan e Investplan, em especial, aos seus diretores Dr. Milton Roos e Helena Roos, que colaboraram e acreditaram em mim e por me proporcionarem experiência profissional e pessoal.

Aos colegas de empresa Arquiteta Gabriele, Engenheiro Vitor Hugo Loss, ao Gesisnei, à Ju e à Sandra, que me ajudaram muito neste período de pesquisa e coleta de dados.

Aos professores e colegas do Mestrado em Engenharia, por estes dois anos de companheirismo, em especial ao professor Alcione Becker.

À professora Luciana Brandli, ao professor Luis Airton e ao professor Marco Aurélio pelas críticas e sugestões que contribuíram para dar foco a este trabalho.

Ao José Waldomiro pela inesgotável paciência, compreensão, amor e pela pessoa maravilhosa que é.

Ao meu irmão Rodrigo que, mesmo estando tão longe, esteve sempre presente, motivando-me. À Marta por ser minha irmã querida.

Aos meus amigos pelos momentos de alegria e descontração.

E o meu especial e eterno agradecimento ao meu pai Pedro (*in memória*) e à minha mãe Jurema, por ser minha maior incentivadora nesta vida.

A melhoria é sempre um processo inacabado.

Adaptado de Taiichi Ohno

RESUMO

Durante muitos anos, a indústria da construção tem desenvolvido suas atividades com base em um modelo de gerenciamento da produção, com ênfase às 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, tais como inspeção, transporte e espera. Esforços estão sendo realizados, nos últimos anos, no sentido da modernização do setor e introdução de um modelo de produção, que considera as atividades de conversão e fluxo, denominada filosofia de produção enxuta. Estas iniciativas são baseadas em pesquisas, desenvolvidos pela comunidade acadêmica, programas institucionais envolvendo entidades setoriais e governamentais e iniciativas individuais, por parte de algumas empresas de construção. Esta dissertação propõe introduzir os princípios fundamentais da construção enxuta, em uma empresa de construção, na cidade de Passo Fundo, 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, pode-se destacar: que as ferramentas como o PCP, programa 5S, e a integração dos princípios da construção enxuta ao PBQP-H, proporcionam a introdução da nova filosofia de produção na construção e possibilitam a geração de melhorias da produção de obras. Também identificam, com clareza, a necessidade de ampliação das boas práticas, propostas pelos princípios *lean*, para as demais empresas de construção da região de Passo Fundo, possibilitando a discussão, desenvolvimento e aprendizado dos princípios e conceitos apresentados pela filosofia de construção enxuta.

Palavras-chaves: Construção Enxuta, Gerenciamento da Produção, Melhorias no Processo Construtivo.

ABSTRACT

For many decades, the construction industry has been developed based on a production management model which emphasizes conversion activities, i.e. 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 the last few years, however, general efforts are being made aiming at the construction industry modernization and the implementation of a production model that considers both conversion and flow. This new approach, which has been generally called Lean Production or Lean Construction, is the result of a great deal of research work done mainly by the academic community with the cooperation of governmental and industrial institutions as well as of individual construction companies. 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, it can be highlighted that management tools, as the planning and production control, and the 5S program, along with the integration of the Lean Construction principles to the Brazilian Program of Habitat Quality and Productivity (PBQP-H), provide a new standard that makes possible major improvements in the construction industry. Also, the study showed the necessity of extending the work done to other construction companies in the Passo Fundo region, so the principles of Lean Construction could be widely discussed, learned, and practiced.

Keywords: Lean Construction; Production Management; Production Process Improvements.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Considerações iniciais	13
1.2 Problema da pesquisa	13
1.3 Justificativa.....	15
1.4 Objetivos.....	16
1.4.1 Objetivo geral	16
1.4.2 Objetivos específicos.....	16
1.5 Escopo e delimitação do trabalho.....	17
1.6 Estrutura do trabalho	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 A Produção Enxuta: surgimento e conceitos.....	19
2.2 A Gestão da produção na construção	23
2.3 A Nova filosofia de produção para a construção.....	27
2.3.1 Aplicação dos princípios da construção enxuta.....	30
2.4 O Planejamento e controle da produção como ferramenta de implantação da Construção Enxuta	37
2.4.1 Planejamento de longo prazo.....	39
2.4.2 Planejamento de médio prazo.....	40
2.4.3 Planejamento de curto prazo.....	40
2.5 A organização do canteiro de obras.....	41
3 MÉTODOS E MATERIAIS	43
3.1 A classificação e a estratégia da pesquisa	43
3.2 O delineamento da pesquisa	44
3.2.1 Fase I: Caracterização da empresa e do canteiro de obras	45
3.2.1.1 Análise documental	46
3.2.1.2 Entrevistas	47
3.2.1.3 Observação direta	47
3.2.1.4 Descrição da empresa e seus processos.....	47
3.2.2 Fase II: Implantação dos princípios da Construção Enxuta	48
3.2.2.1 Observação participante	48
3.2.2.2 Melhorias percebidas pela empresa.....	49
3.2.3 Fase III: Avaliação e discussão dos resultados.....	50

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	51
4.1 Características gerais da empresa	51
4.1.1 Estrutura organizacional	51
4.1.2 Descrição da obra em estudo	55
4.1.3 Análise do processo de gerenciamento e execução	56
2.2 O novo planejamento e controle da produção na empresa	56
4.3 Apresentação dos princípios da Construção Enxuta à Empresa.....	59
4.3.1 Redução da parcela de atividades que não agregam valor	60
4.3.2 Aumentar o valor do produto através das considerações dos clientes.....	62
4.3.3 Reduzir variabilidade.....	64
4.3.4 Redução do tempo de ciclo.....	65
4.3.5 Simplificação pela minimização do número de passos e partes.....	66
4.3.6 Aumento da flexibilidade na execução do produto	68
4.3.7 Aumento da transparência	69
4.3.8 Focar o controle no processo global	72
4.3.9 Estabelecimento de melhoria contínua ao processo	74
4.3.10 Equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões.....	76
4.3.11 Fazer benchmarking	77
4.4 Avaliação das melhorias no processo de produção da empresa	77
4.4 Proposta de lista de verificação para diagnóstico de implantação dos princípios da Construção Enxuta.....	79
4.4.1 O desenvolvimento da lista de verificação para diagnóstico para implantação dos princípios da Construção Enxuta.....	80
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	84
5.1 Conclusões.....	84
5.2 Recomendações para trabalhos futuros	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
ANEXO A –MODELOS DE PLANILHAS PARA ELABORAÇÃO DE PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO E CURTO PRAZO	91
ANEXO B - ROTEIRO DA ENTREVISTA DE AVALIAÇÃO COM A DIRETORIA .	92
ANEXO C – LISTA DE VERIFICAÇÃO PARA DIAGNÓSTICO E IMPLANTAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Linha de tempo da produção	19
Figura 2 - Modelo tradicional de processo.....	26
Figura 3 - Modelo de processo na <i>lean construction</i>	26
Figura 4 - Delineamento da pesquisa.	45
Figura 5 - Estrutura organizacional da empresa.....	52
Figura 6 - Diagrama de Fluxo de Dados (DFD) da Empresa.....	53
Figura 7 - Cronograma da obra utilizado pela empresa.	54
Figura 8 - O novo planejamento de longo prazo.....	57
Figura 9 - Planejamento de médio prazo.....	58
Figura 10 - Planejamento de curto prazo.....	59
Figura 11 - Arranjo físico para armazenamento e fluxo de materiais no canteiro de obra	60
Figura 12 - Registros do canteiro de obras antes da intervenção	61
Figura 13 - Registros do canteiro de obras com implementação do layout.....	61
Figura 14 - Trabalhador utilizando o antigo vibrador	62
Figura 15 - Trabalhador utilizando o vibrador portátil.....	62
Figura 16 - Inspeção de serviço controlado.....	63
Figura 17 - Reuniões de planejamento da obra.	63
Figura 18 - Amostras padrão de areia	64
Figura 19 - Gráfica de problemas por atraso das tarefas	65
Figura 20 - Divisão das tarefas em pacotes de trabalho	66
Figura 21- Gráfico dos PPC	66
Figura 22 – Aço cortado e dobrado pelo fabricante	67
Figura 23 - Pré-moldagem das vergas.....	67
Figura 24 - Utilização das vergas pré-moldadas	67
Figura 25 - Apartamentos tipo padrão.....	68
Figura 26 - Apartamento com as solicitações de modificações do cliente.....	69
Figura 27 - Equipe vencedora 5 S	70
Figura 28 - Tapume da obra.....	70
Figura 29 - Dispositivos visuais de comunicação	71
Figura 30 - Aviso para empilhamento máximo de sacos.	71
Figura 31 - Tubo-fone para comunicação com o guincheiro	72
Figura 32 - Itens de inspeção de materiais	73
Figura 33 - Os três níveis do PCP da obra	74
Figura 34 - Relatório de Não Conformidade.....	75

Figura 35 - Quadro de medição de indicadores.....	75
Figura 36 - Mapofluxo do processo de montagem da armadura.....	76
Figura 37 - Acesso ao segundo pavimento.....	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Produção Convencional <i>versus</i> Produção Enxuta.....	29
Quadro 2 - Sugestões de aplicação dos princípios da produção enxuta	31
Quadro 3 - Símbolos básicos do Diagrama de Fluxo de Dados.....	48
Quadro 4 - Símbolos empregados nos Diagramas de Fluxo e Mapofluxo.....	49

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

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.

O setor da construção civil tem demonstrado grande interesse neste conceito, tendo diversas empresas e pesquisadores discutido essa aplicação. É um conceito relativamente novo para o setor e uma pequena parcela de seu potencial de aplicação foi explorado até hoje (PICCHI, 2001).

Desde o trabalho pioneiro de Koskela (1992), 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).

1.2 Problema da pesquisa

Durante muitos anos a construção civil tem desenvolvido suas atividades com base em um modelo de administração 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, que não sejam consideradas com a devida importância (KOSKELA, 1992).

No entanto, a necessidade de um modelo que explicasse, de forma mais adequada, as práticas da construção civil foi abordada por Koskela (1992). Esse autor apresentou ao setor da construção civil a possibilidade de utilização de uma Nova Filosofia de Produção, para a Construção ou Construção Enxuta. Uma das idéias que diferencia a Produção Enxuta da produção baseada no modelo de conversão é o fato de que a primeira considera os processos como sendo constituídos de atividades de conversão e fluxo, enquanto que a segunda só considera as atividades de conversão.

Koskela (1992) identifica o processo e produção como um fluxo de materiais e/ou informação desde a matéria-prima ao produto acabado. Durante o processo, o material passa pelo processamento ou conversão (alteração no material) e ainda por atividades de inspeções, transporte e espera, que constituem as chamadas atividades de fluxos da produção. Portanto, o gerenciamento de processos deve considerar estes dois tipos de atividades, procurando torná-las transparentes (KOSKELA, 1997e ALARCON, 1997).

Devido aos princípios do gerenciamento tradicional, na construção civil, as atividades de fluxo, normalmente, não têm sido controladas ou melhoradas. A preocupação tem sido com as atividades de conversão. Isto tem levado a um complexo, incerto e confuso processo de fluxo nos canteiros de obras e, conseqüentemente, ao aumento de atividades que não agregam valor e redução do valor final dos produtos (KOSKELA, 1992).

Nos últimos anos, esforços estão sendo realizados no sentido da modernização do setor. Estes esforços incluem estudos e pesquisas desenvolvidos pela comunidade acadêmica, programas institucionais envolvendo entidades setoriais e governamentais e também iniciativas individuais por parte de algumas empresas de construção.

Tais iniciativas são de importância estratégica para o setor, na medida em que a indústria da construção cumpre um importante papel, na ampliação e manutenção da infraestrutura necessária para suprir as necessidades básicas da população (habitação, saúde, educação e transporte). Esta importância se destaca, também, na realização de outras atividades econômicas, além de ter um grande impacto na geração de empregos diretos e indiretos.

Diversos pesquisadores do Brasil (HEINECK, 1998; CARVALHO, 1998; FORMOSO, 1999; BERNARDES, 2003;) e de outros países (LAUFER e TUCKER, 1987; LIRA, 1996; BALLARD e HOWELL, 1997; ALARCÓN et al, 1997; TOMMELEIN e BALLARD, 1997; KOSKELA, 2000) têm dedicado muitos de seus trabalhos ao desenvolvimento de um referencial teórico, que contribua para a formulação de modelos de

planejamento e controle do processo construtivo e introdução dos princípios da Construção Enxuta nos canteiros de obra.

A adaptação e aplicação dos conceitos e princípios da Produção Enxuta, na construção, são um desafio, principalmente, porque esse processo representa a construção de uma teoria para o gerenciamento da construção.

Nesse sentido, Hirota (2000), defende que os conceitos e princípios da Nova Filosofia de Produção na Construção precisam ser colocados em prática para que, através do estudo empírico, a teoria possa ser consolidada. Para tanto, torna-se necessário disseminar seu conteúdo, para possibilitar sua aplicação.

Com base nestas considerações iniciais, destaca-se a questão da pesquisa: “Como podem ser introduzidos os princípios da filosofia de Construção Enxuta, oportunizando melhorias no processo de produção de obras de edificação, com base em um estudo de caso na cidade de Passo Fundo?”.

1.3 Justificativa

As empresas da construção da região de Passo Fundo -RS estão em busca da qualificação de seu produto. Com esta finalidade, ingressaram em programas de gestão da qualidade e estão em processo de certificação, conforme o sistema evolutivo do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H).

As construtoras buscam melhorar a eficiência dos seus processos produtivos, através da criação de um ambiente de transparência em seus canteiros de obras e da utilização de ferramentas e práticas de gerenciamento e controle da produção. Desta forma, a apresentação dos conceitos da Construção Enxuta, neste momento, contribui com a formulação de estratégias de melhoria e apoio gerencial para estas empresas.

Segundo Picchi (2001), são diversas as empresas que têm atingido o importante passo de estabilização dos processos produtivos, garantindo a qualidade de seu produto, utilizando os conceitos da mentalidade enxuta. As empresas procuram formas de dar passos além, na direção de ganhos significativos de produtividade e competitividade.

A mentalidade enxuta é, sem dúvida, um caminho para este salto esperado, como tem sido demonstrado, em diversos setores e por experiências iniciais na construção. Por outro lado, a base propiciada por estes sistemas de gestão, com a utilização de procedimentos padronizados, controle e melhoria da qualidade, servem de apoio à implantação da Produção Enxuta (PICCHI, 2001).

Segundo Paliari (1999), se, por um lado, a ocorrência das perdas de materiais/componentes tem uma expressão significativa, no que se refere à possibilidade de redução dos custos de produção, por outro, as implicações de tal ocorrência extrapolam o âmbito dos canteiros de obras, pois ao se desperdiçar materiais/componentes, estar-se-á incorrendo em desperdício de recursos naturais.

Este trabalho propõe aplicar práticas embasadas nos conceitos da filosofia de Construção Enxuta, para análise sistemática das oportunidades potenciais de melhoria no setor da construção em Passo Fundo - RS. Essa discussão deve ajudar a entender as complexas relações que existem entre os conceitos e técnicas e na identificação de lacunas e prioridades, para futuros estudos, na região de Passo Fundo -RS. A proposta é baseada em um estudo de caso.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é a introdução dos elementos fundamentais dos princípios da Construção Enxuta, em uma empresa de construção na cidade de Passo Fundo - RS, observando as oportunidades de melhorias no processo de produção da empresa.

1.4.2 Objetivos específicos

- Conhecer técnicas e métodos utilizados no sistema de Construção Enxuta e casos de implantação na construção civil;
- Identificar e apresentar os princípios da Construção Enxuta para a empresa em estudo;
- Propor práticas que evidenciem a implementação dos princípios da Construção Enxuta no canteiro de obras;
- Coletar informações sobre as melhorias observadas no processo de produção da empresa;
- Elaborar uma lista de verificação para diagnóstico e identificação dos princípios da Construção Enxuta em canteiros de obras;
- Identificar os fatores críticos para a implantação dos princípios da Construção Enxuta, no estudo de caso.

1.5 Escopo e delimitação do trabalho

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 da 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.

A apresentação de algumas boas práticas para a introdução da Construção Enxuta, descritas neste estudo não tem o objetivo de esgotar o assunto, mas de contribuir, através de discussão, para a introdução desta filosofia de produção e dos benefícios proporcionados por ela, nas empresas de construção da região de Passo Fundo.

1.6 Estrutura do trabalho

Além do presente capítulo, no qual se apresenta o problema de pesquisa, a justificativa, os objetivos e as delimitações do trabalho, este relatório de dissertação está composto por mais quatro capítulos.

No capítulo 2, discute-se o surgimento e os conceitos da produção enxuta e as aplicações na indústria. São discutidos, também, a gestão da produção da construção, o modelo atual de produção e sua adaptação para a Construção Enxuta. Para compreender a aplicação da Construção Enxuta, são abordados os seus princípios e formas de sua aplicação na indústria da construção.

No capítulo 3, apresenta-se o método de pesquisa utilizado no presente trabalho. Ainda, nesse capítulo, a estratégia, o delineamento da pesquisa, assim como as atividades realizadas, são discutidas detalhadamente.

No capítulo 4, são apresentados os resultados das três fases da pesquisa. A Fase I, exploratória, com a identificação da empresa para o estudo e observação direta no canteiro de obras, para a descrição de seus processos; a Fase II, a apresentação dos princípios da Construção Enxuta e a intervenção na obra; e na Fase III, a avaliação e discussão dos resultados e uma proposta de diagnóstico para empresas construtoras.

No capítulo 5, apresentam-se as conclusões da pesquisa, discutem-se as perspectivas de utilização do modelo proposto e sugerem-se novos trabalhos relacionados ao tema estudado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

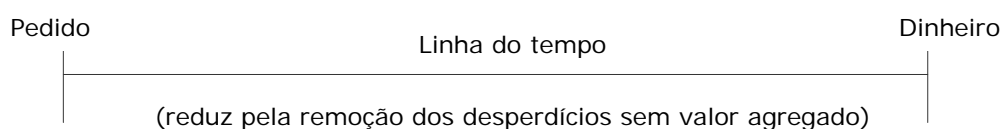
2.1 A Produção Enxuta: surgimento e conceitos

Produção Enxuta (*Lean Production*) é a denominação de uma nova concepção dos sistemas de produção, que teve origem na indústria japonesa, a partir da década de 50, mais especificamente na Toyota Motor Company, a partir do trabalho desenvolvido por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo. Diante da necessidade de produzir pequenas quantidades de numerosos modelos de produtos, Ohno (1997) estudou os sistemas de produção norte-americanos, adaptou seus conceitos para a realidade japonesa da época, que se caracterizava pela escassez de recursos (materiais, financeiros, humanos e de espaço físico), e aplicou novas abordagens para a produção industrial, o que acabou consolidando, na prática, o chamado Sistema Toyota de Produção ou Produção com Estoque Zero (CORIAT, 1994).

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.



Fonte: Ohno, 1997

Figura 1 - Linha de tempo da produção

Ohno (1988) *apud* Koskela (1992), líder do desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção, define sete tipos de desperdício durante o processo de produção: superprodução, espera, transporte, processamento desnecessário, estoque, movimento e defeitos. O autor diferencia dois tipos de desperdícios: atividades que não agregam valor, do ponto de vista do cliente, mas que são necessárias no atual estágio de desenvolvimento tecnológico (ex.: alguns tipos de inspeção), e atividades que não agregam valor e que podem ser eliminadas imediatamente.

Na busca pela eliminação destas atividades que não agregam valor, diversas técnicas foram desenvolvidas, estando muitas delas intimamente ligadas à Mentalidade Enxuta. Pode-se citar o *Kanban*, um sistema de cartões usados na produção; o *Just-in-time*, um sistema baseado na produção de somente o necessário, quando requerido pelo cliente, sem uso de estoques; 5S, utilizado para a organização e limpeza do ambiente de trabalho; *Poka-yoke*, o uso de dispositivos que impedem erros (KOSKELA, 1992).

Segundo alguns autores, a Produção Enxuta representa uma mudança de paradigma na gestão da produção (HOPP e SPEARMAN, 1996; BARTEZZAGHI, 1999; KOSKELA, 2000).

Hopp e Spearman (1996) destacam o fato de que a essência da mudança observada na Produção Enxuta não está nos conceitos, mas na forma de pensar a produção. O Fordismo e o Taylorismo, tidos como padrões de sucesso, antes do advento da Produção Enxuta, foram concebidos sob a influência de métodos científicos reducionistas. Esta abordagem parte do princípio de que a análise e compreensão de sistemas complexos devem ser desenvolvidas através da divisão em partes menores e do estudo detalhado de cada uma das partes isoladas. Segundo Hopp e Spearman (1996), a abordagem reducionista é uma característica fundamental da forma como os problemas são abordados no mundo ocidental, já que o reducionismo teve neste, a sua origem e resultou em muitos avanços para a ciência.

Ohno optou pela produção de pequenas quantidades de numerosos modelos de produtos, para atender a uma demanda diversificada (foco no cliente) em substituição à padronização de produtos e obtenção de redução de custos, através da produção de grandes quantidades (produção em massa) adotada por Taylor (CORIAT, 1994). O resultado é a flexibilização da produção. Para ganhar produtividade com essa diversidade, Ohno buscou a “fábrica mínima”, voltando sua atenção para a redução dos recursos estocados em fábrica tais como: materiais, equipamentos, recursos humanos e área construída. A idéia era de que os estoques escondiam as ineficiências do processo e a explicitação de problemas dava

oportunidades para aprender e melhorar o processo. A transparência predominava no ambiente de trabalho e nos processos (CORIAT, 1994). Esta “fábrica mínima” exigia mão de obra multifuncional e que desempenhasse, também, atividades de planejamento e controle.

Para Ghinato (1996) o sucesso do Sistema Toyota de Produção ocorreu a partir da combinação das características dos ambientes sócio-cultural, empresarial-governamental, concorrencial e organizacional. Este autor aponta, entre outros elementos: lealdade, a administração pelo consenso, espírito coletivo e cooperação, como características importantes do contexto japonês.

Picchi (2001) reúne os esforços de alguns autores mais recentes, para generalizar o Sistema Toyota de Produção e entender o *Lean Thinking*. O autor reúne os cinco princípios de Womack e Jones (1998) para compreender a Produção Enxuta:

1) Valor: especificar e melhorar o valor. A grande ênfase deste princípio é que o valor deve ser identificado a partir da ótica do cliente. Embora pareça óbvio, são inúmeros os exemplos de empresas que projetam seus produtos e determinam a forma como os serviços serão prestados, negligenciando aspectos fundamentais para os clientes.

2) Cadeia de Valor: identificar a cadeia de valor e remover os desperdícios na realização de um produto, desde a matéria prima até sua entrega ao consumidor final. Observam-se inúmeras atividades que não agregam valor, do ponto de vista do cliente como: transportes, estoques, re-trabalhos. Em geral diversas empresas participam desta cadeia de valor, com visão restrita a suas atividades, não enxergando os enormes desperdícios que ocorrem, considerando-se a cadeia como um todo.

3) Fluxo: fazer o produto fluir. A produção ideal, do ponto de vista da Mentalidade Enxuta, é um fluxo contínuo, peça a peça, sem estoques intermediários e nem paradas durante o processamento. Isto traz inúmeros benefícios, dentre os quais: menores *lead times* (tempos de produção), obrigatoriedade de qualidade em 100% e eliminação de vários tipos de desperdícios, tais como movimentos e transportes desnecessários.

4) “Puxar”: deixar o cliente “puxar”. Para a Mentalidade Enxuta, produzir mais que o necessário, criando estoques (superprodução) é a forma de desperdício mais combatida, inclusive por ser esta uma cultura largamente difundida pela produção em massa. Produção enxuta significa produção na quantidade certa, na hora certa, somente para atender a demanda.

5) Perfeição: gerenciar em direção à perfeição. Melhoria contínua, com participação dos níveis operacionais, identificando as causas dos problemas, faz parte da Mentalidade

Enxuta e conta com métodos específicos, baseados em cinco “porquês” e ferramentas da qualidade.

O mesmo autor também relaciona as quatro regras de Spear e Bowen (1999) *apud* Picchi (2001):

- 1) **Trabalho:** altamente especificado quanto ao conteúdo, à seqüência, e ao ritmo e saídas;
- 2) **Conexões:** todas as comunicações devem ser diretas e sem ambigüidades;
- 3) **Caminho:** para todo o produto e serviço, deve ser simples e direto;
- 4) **Melhorias:** devem ser feitas usando método científico, nos mais baixos níveis hierárquicos da organização.

Spear e Bowen (1999) *apud* Picchi (2001) discutem como estas regras, na base do Sistema Toyota de Produção, criam um ambiente com alto grau de delegação, que viabiliza mudanças descentralizadas e contínuas, sem criar o caos.

Picchi (2001), também apresenta as capacidades citadas por Fujimoto (1999) *apud* Picchi (2001):

- 1) **Capacidade de manufatura rotinizada:** de forma padronizada e precisa realizam-se atividades em todos os processos da empresa;
- 2) **Capacidade de aprendizado rotinizada:** rotinas para identificação e solução de problemas e retenção da solução;
- 3) **Capacidade de aprendizado evolutivo:** capacidade de aprendizado intencional e oportunístico de lidar com mudanças e construir as capacidades rotinizadas.

Fujimoto (1999) *apud* Picchi (2001) reinterpreta as atividades de manufatura como um sistema de informações e resume as capacidades dos mais efetivos fabricantes automobilísticos japoneses, como densa e precisa transmissão de informações entre recursos produtivos. O aspecto denso está relacionado com produtividade, eficiência e eliminação de desperdícios. A importância de um ritmo regular de transferência de informações é também enfatizada, e a qualidade é interpretada como exatidão das informações transmitidas.

Santos (2002) ao analisar criticamente o histórico evolutivo da aplicação de conceitos e princípios de engenharia de produção, em empresas como a Toyota e Motorola, sugere que o alcance da excelência em vários critérios competitivos é possível e, mais importante, segue um caminho evolutivo lógico e natural.

Este caminho evolutivo, geralmente, inicia-se pela ênfase na busca da melhoria da qualidade do processo, o que implica esforços para reduzir a variabilidade da produção. A

partir da obtenção da estabilidade do processo, passa-se a buscar reduções nos tempos de ciclo do processo, redução de custo e, finalmente, flexibilidade da produção (SANTOS, 2002).

Hill (1992) *apud* Santos (2002) argumenta que a qualidade está gradualmente se tornando um critério de entrada ou permanência em mercados competitivos. Nestes mercados, a obtenção da qualidade no sistema de produção é condição básica para alcançar vantagem em outros critérios competitivos.

Essa dinâmica mundial faz com que as empresas busquem atingir um elevado grau de competitividade, o que tem exigido das mesmas uma revisão de suas estratégias e a perfeita visão do ambiente empresarial em que atuam. Além disso, a busca da melhoria do desempenho, através da alta produtividade e da qualidade, torna-se imperativo para a sobrevivência das mesmas.

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).

Segundo Porter (1991), cada empresa que compete em um setor deve possuir uma estratégia competitiva, seja ela explícita ou implícita. Ansoff (1991) ressalta que em ambientes instáveis é necessário ter respostas rápidas e estratégicas.

Considerando o contexto, surge a preocupação em relação à capacidade da indústria da construção civil quanto à sobrevivência e à evolução no ambiente contemporâneo, uma vez que estas trazem a característica de serem atrasadas tecnologicamente, de adotarem mão-de-obra desqualificada e de apresentarem elevado desperdício de material, de mão-de-obra e outros recursos (MARUOKA, 2004).

A atual gestão da produção na construção está descrita no próximo item.

2.2 A Gestão da produção na construção

A construção civil possui características estruturais que a diferenciam de outros setores. A construção de edificações, em especial, apresenta características peculiares, principalmente, no que diz respeito à sua função produção. Messeguer (1991) destaca as seguintes características do setor:

a) a construção é uma indústria de caráter nômade, com produtos únicos e não seriados. A produção é centralizada (operários móveis em torno de um produto fixo), ao invés da produção em cadeia (produtos passando por operários fixos), como em outras indústrias;

- b) é uma indústria muito tradicional, com grande inércia às alterações;
- c) utiliza mão-de-obra intensiva e pouco qualificada, sendo que o emprego dessas pessoas tem caráter eventual e suas possibilidades de promoção são escassas, o que gera baixa motivação no trabalho;
- d) a construção, de maneira geral, realiza seus trabalhos a céu aberto;
- e) o produto é único, ou quase único, na vida do cliente final;
- f) são empregadas especificações complexas e muitas vezes confusas;
- g) as responsabilidades são dispersas e pouco definidas dentro da empresa;
- h) o grau de precisão com que se trabalha na construção é, em geral, menor do que em outras indústrias, por exemplo, parâmetros relativos ao orçamento, prazo e conformidade.

Barros Neto (2002) apresenta uma análise baseada nos estudos de Porter (1991), destacando cinco características importantes apresentadas pelo subsetor edificações da indústria da construção:

- a) as barreiras de entrada são pouco significativas, pois a construção civil apresenta baixos investimentos em equipamentos e para instalação da empresa, além do uso de tecnologia basicamente artesanal;
- b) ausência de economia de escala ou curva de experiências, uma vez que muitas empresas trabalham com um pequeno número de obras, que são tratadas isoladamente, dificultando a redução de custos através deste mecanismo;
- c) ausência de vantagem de tamanho em transações com compradores ou fornecedores, devido ao poder de barganha, que boa parte dos fornecedores exerce sobre a maioria das empresas construtoras;
- d) necessidade variada de mercado, pois a construção civil trabalha com produtos duráveis e caros e, em geral, o cliente exige que o produto seja de boa qualidade e diferenciado de outros empreendimentos já lançados;
- e) altas flutuações nas vendas, em virtude da estreita dependência do setor em relação ao nível de crescimento econômico, que acabam não estimulando as empresas a investirem em tecnologias que proporcionam aumento do volume de obras, as quais poderiam gerar aumento da fatia de mercado e redução de custos.

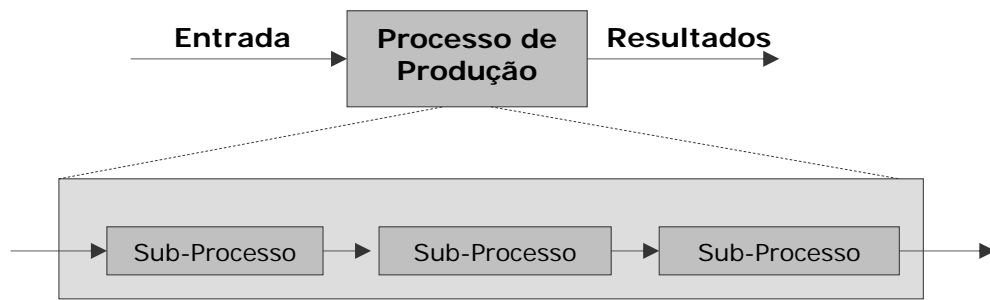
Além dessas características, é importante ressaltar que a cadeia produtiva na qual se insere o setor da construção civil é bastante complexa e heterogênea e possui uma grande diversidade de agentes intervenientes e de produtos, com diferentes graus de industrialização (BARROS NETO, 2002).

Diante do exposto, pode-se observar que as características do setor da construção, das empresas que o compõem e do seu produto devem ser consideradas quando da análise de processos de formulação e formação das estratégias nas empresas de construção civil.

Para Alarcón (1997), a indústria da construção é diferente da manufatura, onde o ritmo de produção é fundamentalmente regido por informações e fluxos de recursos. Isso se deve a sua grande variedade de área de trabalho e ao intenso uso de mão-de-obra e equipamentos não estacionários. Segundo o mesmo autor, a organização, o planejamento, a alocação e o controle desses recursos são o que realmente determinam a produtividade que pode ser alcançada. O modelo conceitual usado para analisar a construção, que é de conversão de entradas em saídas do sistema ignora importantes aspectos dos fluxos de informação e recursos.

Por muitos anos, a utilização desse 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 têm 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)

Para Isatto *et al.* (2000), o modelo conceitual dominante na construção civil costuma definir a produção como um conjunto de atividades de conversão que transforma os insumos (materiais e informação) em produtos intermediários (alvenaria, estrutura, revestimento) e, por esta razão, é denominado modelo de conversão. Os mesmos autores caracterizam o modelo de conversão, como um processo que pode ser subdividido em sub-processos, como por exemplo, a estrutura de concreto: execução de formas, corte e dobra da armadura e lançamento e cura do concreto, e consideram que o esforço de minimização do custo total de um processo, em geral, é focado no esforço de minimização do custo de cada sub-processo separadamente; que, o valor do produto de um sub-processo é associado somente ao custo dos seus insumos. Desta forma, assume-se que o valor de um produto pode ser melhorado somente através da utilização de materiais de melhor qualidade ou mão-de-obra mais qualificada. Este modelo é adotado nos orçamentos convencionais, que são tipicamente segmentados por produtos intermediários e nos planos da obra, nos quais, normalmente, são representadas apenas as atividades de conversão (ISATTO *et al.*, 2000). A Figura 2 representa o modelo de processo de conversão, dividido em sub processos, baseado em Koskela (1992).



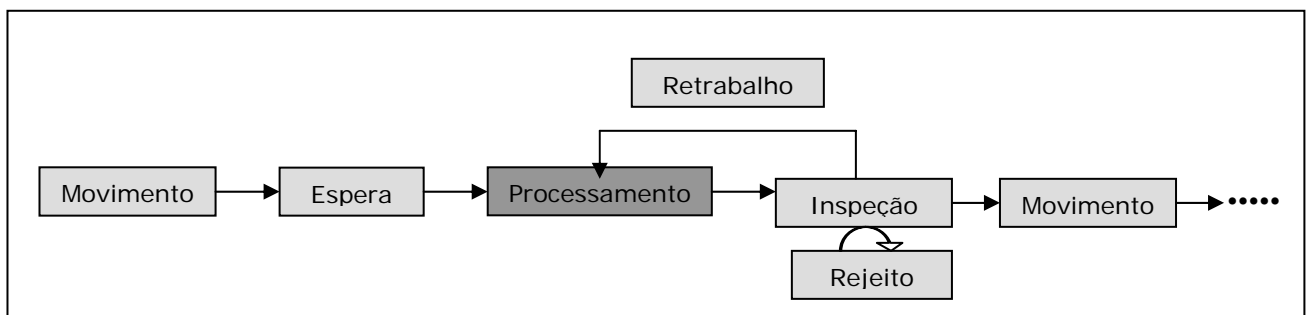
Fonte: Koskela (1992)

Figura 2 - Modelo tradicional de processo.

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.

Para o mesmo autor, a produção é um fluxo de material e/ou informação, desde a matéria prima inicial até o produto final. Nesse fluxo, o material é processado (convertido), inspecionado, estocado ou movimentado. Processos de fluxo podem ser caracterizados por seu custo, tempo e valor. A conversão é representada pelo processamento enquanto que as atividades de inspeção, movimentação e espera constituem os fluxos da produção, os quais também podem ser caracterizados por tempo e custo embora não agreguem valor. O valor está referido ao grau de satisfação das necessidades do consumidor (KOSKELA, 1992).

A Figura 3 apresenta as etapas do processo de produção na construção, proposto por Koskela (1992). Os retângulos escuros representam as atividades do processo que não agregam valor, em contraste com aquelas que agregam, representadas pelos processamentos.



Fonte: Koskela (1992)

Figura 3 - Modelo de processo na *lean construction*.

O planejamento da construção, baseado no processo de fluxos, leva a entendimentos teóricos e orientações práticas que objetivam melhoras. Teoricamente, as causas que originam problemas crônicos são evidenciadas. Há dois grupos de causas: primeiro, o uso de conceitos tradicionais para projeto, produção e organização, que ao longo do tempo tem se mostrado ineficiente, e segundo, a construção tem particularidades que não têm sido adequadamente analisadas e manipuladas (KOSKELA, 1992).

O mesmo autor faz três recomendações para incorporar a qualidade (KOSKELA, 1992):

- a) Projetar e preferir processos que tenham pouca variabilidade;
- b) Estabelecer mecanismos para detectar e corrigir defeitos rapidamente;
- c) Alentar procedimentos para que as especificações sejam definidas para cada atividade de transformação.

No contexto da tradução das práticas da manufatura, para o setor da construção civil e do enfoque voltado para a gestão dos processos produtivos, em vez da implementação de tecnologias sofisticadas, baseadas em computador ou na automação, torna-se necessário entender o paradigma organizacional adotado pelas empresas construtoras, nas últimas décadas (HEINECK e MACHADO, 2001).

No item seguinte, são apresentadas algumas recomendações para a transferência dos princípios da Produção Enxuta, para a gestão da produção de obras.

2.3 A Nova filosofia de produção para a construção

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).

As atividades da construção civil apresentam particularidades específicas em relação àquelas desenvolvidas na manufatura. Desta maneira, vários trabalhos de pesquisa vêm sendo conduzidos, buscando desenvolver um arcabouço conceitual, bem como implementar aplicações práticas, no contexto da construção civil (BALLARD e HOWELL, 1997; HOWELL, 1999; HOWELL e KOSKELA, 2000; ISATTO *et al.*, 2000; SANTOS, 2002).

A nova filosofia de produção passa a ser uma teoria sobre o gerenciamento da construção. Apesar da complexidade do tema, as inovações desta filosofia podem ser resumidas em três pontos principais (KOSKELA, 1992; SHINGO, 1996; SOUZA, 1997):

1) abandono do conceito de processo, como transformação de *inputs* em *outputs*, passando a designar um fluxo de materiais e informações;

2) análise do processo de produção através de um sistema de dois eixos ortogonais: um representando o fluxo de materiais (processo) e outro, o fluxo de operários (operação);

3) consideração do valor agregado sob o ponto de vista dos clientes internos e externos, tendo como consequência a reformulação do conceito de perdas, que passa a incluir, também, as atividades que não agregam valor ao produto, como transporte, estoque, espera, inspeção e retrabalho.

A construção da teoria, sobre esta nova abordagem, com base na Produção Enxuta encontra dois tipos de problemas: a adaptação de conceitos do contexto da indústria automobilística japonesa, para a construção civil ocidental e a postura conservadora predominante entre os profissionais. A postura conservadora, a falta de visão estratégica e sistêmica e a predominância da visão de curto prazo são algumas das características observadas em gerentes de construção, e relatadas em literatura (SOMMERVILLE e SULAIMAN, 1997 *apud* HITOTA, 2000).

Esta nova filosofia de produção, embora pouco utilizada pela indústria da construção, apresenta-se como uma solução adequada para os problemas do setor. Isso se deve à sua característica de baixa utilização de tecnologias de hardware e software, em termos de máquinas, robôs, sistemas computacionais de gestão ou de automação, que são substituídas por soluções tecnológicas mais simples, baseadas no envolvimento da mão-de-obra (HEINECK e MACHADO, 2001).

Segundo estes autores existe uma outra tendência na manufatura, cujo impacto parece ser bem mais positivo que as soluções sugeridas, para resolver os problemas da construção, baseadas em tecnologias de informação e automação. Essa tendência não se baseia na implementação de novas tecnologias, mas na aplicação de teorias e princípios básicos de gestão, relacionados à melhoria dos processos de produção.

A necessidade de discutir, amadurecer, consolidar e difundir esta nova abordagem para a construção civil, levou vários autores, a partir do trabalho de Koskela (1992), a oferecer contribuições, no sentido de melhorar e definir esta nova filosofia de produção, na construção civil. Para Ballard e Howell (1996) a *Lean Construcion*, possui pelo menos dois focos que a distinguem do gerenciamento tradicional da construção. Um foco é sobre perdas e sua redução, o tempo e dinheiro perdidos, quando materiais e informação são imperfeitos e ineficientes. E o outro foco é no gerenciamento dos fluxos, e para isso, coloca em evidência o sistema de gerenciamento de processos, juntamente com o processo de produção.

Koskela (1996) propõe uma comparação entre a produção convencional e a Produção Enxuta, conforme apresentado no Quadro 1.

	Filosofia de Produção Convencional	Filosofia de Produção Enxuta
Conceito de produção	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Produção consiste em conversão ▪ Todas as atividades agregam valor. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Produção consiste em conversão e fluxos. ▪ Existem atividades que agregam e atividades que não agregam valor.
Foco do controle	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Custo das atividades. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Custo, tempo e valor dos fluxos.
Foco de melhorias	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incremento de eficiência pela implantação de novas tecnologias. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eliminação ou redução de atividades que não agregam valor. ▪ Incremento de eficiência em atividades que agregam valor, através de melhoria contínua e novas tecnologias.

Fonte: Koskela, (1996)

Quadro 1 - Produção Convencional *versus* Produção Enxuta.

Para Koskela (1996), seguindo uma tendência da manufatura, a nova tarefa é reconceituar construção como fluxo. O ponto de partida é a manufatura no modo de pensar. A sugestão do autor é que o fluxo de informação e o fluxo de material, bem como o fluxo de trabalho do projeto e construção, sejam identificados e medidos em termos de suas perdas internas (atividades que não agregam valor) duração e valor de saída. Para melhorar estes fluxos é um pré-requisito que um novo método gerencial, voltado para a melhoria dos fluxos, seja desenvolvido e aplicado. Na *Lean Construction*, um dos pontos centrais ou palavra de ordem é FLUXO.

Segundo Hirota (2000), uma das dificuldades, no processo de comunicação da nova filosofia de produção para a construção, é a adaptação dos termos usualmente empregados na cultura predominante, na gestão do processo de produção, que passaram a ser fundamentais na nova filosofia, porém com significados diferentes, tais como fluxo, perdas, processo, operação, transparência ou eficácia. A palavra fluxo, por exemplo, pode passar uma idéia positiva, na prática atual da construção, na medida em que a ênfase na produtividade e na conversão faz com que a conduta do gerente seja de evitar ao máximo as horas paradas. A movimentação no canteiro e a existência de estoques de materiais são indicativos de que o processo está em desenvolvimento.

Na Produção Enxuta, entretanto, “fluxo” é uma palavra vinculada a um problema: a existência de atividades de inspeção, espera e transporte, que devem ser eliminadas ou reduzidas ao mínimo porque não agregam valor ao produto.

Mais do que possibilitar a comunicação, os conceitos são responsáveis pelo poder de generalização da mente humana (VYGOTSKY, 1993, *apud* HIROTA, 2000). Desta forma, o processo de abstração mencionado por Lillrank (1995, *apud* Hirota, 2000) implica um processo de identificação clara dos conceitos envolvidos, na inovação gerencial a ser transferida.

O desafio que se apresenta para pesquisadores e profissionais da construção, no momento, é o de adaptar os conceitos e princípios da produção enxuta, para aplicação na indústria da construção, buscando, desta forma, um melhor desempenho em seu processo de produção (HEINECK *et al.*, 2004).

No próximo item são apresentados exemplos de aplicação dos princípios fundamentais da Construção Enxuta.

2.3.1 Aplicação dos princípios da construção enxuta

Santos (1999) *apud* Bernardes (2003) constata que a aplicação de algumas ferramentas *lean*, em canteiro de obras, apresenta-se de maneira isolada e fragmentada, mas argumenta que estas iniciativas são passos importantes na disseminação do uso de técnicas da Construção Enxuta, em canteiros de obra, porém a implementação destes conceitos, de maneira integrada, aumenta o escopo de ação, certamente, trará resultados mais relevantes.

Os resultados obtidos são, entretanto, muito limitados, se comparados a resultados que podem ser obtidos com aplicações que partam de uma visão sistêmica, como relatados em diversos setores (WOMACK e JONES, 1998; LIKER, 1997).

Para Picchi (2004), as aplicações observadas até o momento da Mentalidade Enxuta, no fluxo de obra, também focam, principalmente, na aplicação isolada de ferramentas. Estas aplicações demonstram que as ferramentas *lean* podem ser aplicadas em canteiros de obras, apesar das características específicas da construção. Esta forma de aplicação leva a resultados limitados e ocorre, também, em setores manufatureiros mais próximos do ambiente onde o conceito *lean* foi desenvolvido. O grande desafio, tanto para pesquisas futuras, quanto para empresas e profissionais, que busquem a aplicação prática do *Lean Thinking*, no setor de construção, é a busca de metodologias que traduzam formas de implementação dos princípios, para o ambiente da construção, sendo a aplicação específica de ferramentas uma decorrência.

Rother e Shook (1999 *apud* PICCHI, 2004) enfatizam que a aplicação do *Lean Thinking*, em um ambiente produtivo, deve iniciar por uma análise do fluxo de valor porta a porta. Isto inclui todo o fluxo de informação e materiais, da matéria-prima ao produto acabado, dentro dos limites da unidade estudada, o que, no caso da construção, equivaleria a

uma obra. Isso possibilita que todas as melhorias e aplicação de ferramentas fiquem subordinadas a uma visão sistêmica, cujo objetivo é melhorar o fluxo como um todo, e não melhorias pontuais.

Os níveis superiores de desempenho obtidos pelo Sistema Toyota de Produção são decorrentes, na realidade, da aplicação dos princípios *lean*, não só na produção, mas também na empresa toda, constituindo-se em um sistema de negócio que abrange desenvolvimento de produtos e processos, relações com clientes e fornecedores, gestão de pessoas, finanças (WOMACK e JONES, 1998; LIKER, 2003).

No Quadro 2 apresentam-se as sugestões de Picchi (2004) para aplicação dos conceitos de *lean thinking*, ao fluxo de obra, de maneira mais ampla e integrada. Estas sugestões tomam como base as recomendações e experiências de implementação, acumuladas em diversos setores industriais, registradas na literatura ou acompanhadas pelo autor.

Princípios	Exemplos de ferramentas já aplicadas na construção	Sugestões para a aplicação mais amplas e integradas
Valor	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciativas de racionalização construtiva, em geral, visando à redução de custos, sem partir de uma identificação sistemática do que é valor, para o cliente, como regra geral. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificação do que é valor para o cliente. • Revisão sistemática de processos construtivos visando aumentar o valor oferecido ao cliente, tanto reduzindo os desperdícios, quanto oferecendo novas características desejadas.
Fluxo	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de mapeamento de processos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mapeamento do fluxo de valor, considerando informações e materiais. • Desenho de um estado futuro do fluxo de valor identificando as melhorias necessárias e ferramentas decorrentes.
Fluxo de Valor	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de ferramentas específicas, tais como controles visuais e <i>poka-yoke</i>, em aspectos de segurança. • Uso de <i>last planner</i> para melhorar a estabilização de fluxos de trabalho. • Uso de <i>work structuring</i> para identificação e minimização de desperdícios em processos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de fluxo entre atividades, revendo a estrutura e divisão de trabalhos entre equipes e entre operadores, de forma a minimizar interrupção e espera entre atividades. • Adoção de trabalho padronizado, definindo seqüência, ritmo, estoques.
Puxar	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicação de <i>just-in-time</i> entre serviços ou fornecimento de materiais específicos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização extensiva de formas de comunicação direta, para puxar, no momento que sejam necessários, serviços, componentes e materiais.
Perfeição	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de sistemas da qualidade com foco prioritário em padronização de aspectos do processo que afetam o produto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adoção de processos que possibilitem a rápida exposição de problemas. • Estabelecimento, na base da hierarquia funcional, de procedimentos sistêmicos de melhoria e aprendizado contínuos, acionados sempre que ocorra qualquer variação no trabalho padronizado.

Fonte : Picchi , 2004

Quadro 2 - Sugestões de aplicação dos princípios da produção enxuta

Koskela (1992) apresenta um conjunto de princípios para a gestão de processos e diversos autores (ISATTO *et al.*, 2000; BERNARDES, 2003, POZZOBON *et al.*, 2004) apresentam exemplos de aplicação destes princípios e os benefícios proporcionados, no sistema de produção, através de modificações tecnológicas simples. São onze os princípios discutidos a seguir:

1) Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor

Para Koskela (1992), as atividades podem ser definidas como: a) atividades que agregam valor ou atividades de transformação/conversão de material ou informação, na direção do que é requerido pelo consumidor; b) atividades que não agregam valor, também denominadas de desperdício; atividades que consomem tempo, recursos e espaço, mas que não acrescentam valor ao produto.

Este é um dos princípios fundamentais da Construção Enxuta, segundo o qual a eficiência dos processos pode ser melhorada e as suas perdas reduzidas, não só através da melhoria da eficiência das atividades de conversão e de fluxo, mas também pela eliminação de algumas atividades de fluxo (ISATTO *et al.*, 2000). Isso significa reduzir as atividades que consomem tempo, recurso ou espaço, mas não contribuem para atender aos requisitos dos clientes (KOSKELA, 1992).

O estudo e a elaboração de um arranjo físico do canteiro, que minimize distâncias entre os locais de descarga de materiais e seu respectivo local de aplicação, podem reduzir a parcela das atividades de movimentação (SANTOS, 1999 *apud* BERNARDES, 2003).

A utilização do processo de planejamento e controle da produção facilita a implementação deste princípio da *Lean Construction*, à medida que busca reduzir as atividades de movimentação, inspeção e espera, bem como aquelas que consomem tempo, mas não agregam valor ao cliente final (BERNARDES, 2003).

2) Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente

Segundo Koskela (1992), o valor não é uma qualidade inerente ao processo de conversão, mas é gerado como consequência do atendimento aos requisitos do cliente. O cliente pode ser o consumidor final ou a próxima atividade no processo de produção. A aproximação prática a este princípio passa por sistematizar a projeção para os fluxos, onde o cliente é definido para cada estágio e suas necessidades analisadas.

Para Isatto *et al.* (2000), este princípio pode ser atendido, ao longo do processo de projeto, com a disponibilização de dados relativos aos requisitos e preferências dos clientes finais, através de pesquisas de mercado e avaliações pós-ocupação de edificações. O mesmo autor exemplifica a aplicação deste princípio, no processo de produção, com o controle de tolerâncias dimensionais de uma tarefa, para que os processos seguintes não sejam dificultados.

3) Reduzir a variabilidade

A padronização de procedimentos é, normalmente, o melhor caminho para conseguir reduzir variabilidade, tanto na conversão quanto no fluxo do processo de produção (SHINGO, 1996).

Para Bernardes (2003), existem várias razões para se reduzir a variabilidade no processo produtivo. Inicialmente, do ponto de vista do cliente, um produto uniforme é mais bem aceito. No que tange aos prazos de produção, a variabilidade tende a aumentar o tempo de ciclo, bem como o percentual de atividades que não agregam valor.

Segundo Isatto *et al.* (2000), existem diversos tipos de variabilidade, relacionados ao processo de produção, como por exemplo, a variação dimensional dos materiais entregues, a variabilidade existente na própria execução de um determinado processo e a variabilidade da demanda, que está relacionada aos desejos e às necessidades dos clientes de um processo.

Os mesmos autores sugerem a aplicação deste princípio, através de procedimentos padronizados de execução de processos, reduzindo o surgimento de problemas e eliminando incidências de retrabalho.

O processo de planejamento e controle da produção facilita a implantação desse princípio, na medida em que se busca a proteção da produção, através da consideração sistemática de tarefas passíveis de serem executadas, e da identificação das reais causas dos problemas, o que permitirá uma tomada de decisão mais condizente com a realidade da obra (BERNARDES, 2003).

4) Reduzir o tempo do ciclo de produção

Santos (1999) *apud* Bernardes (2003), conclui que uma das formas de minorar as atividades que não agregam valor é através da sincronização do fluxo de materiais e mão-de-obra, bem como do desenvolvimento de programações mais repetitivas e padronizadas.

O fluxo de produção pode ser caracterizado pelo tempo do ciclo de produção, que é o tempo necessário para que uma peça particular percorra o fluxo. Esse processo pode ser

implementado pelo processo de planejamento e controle da produção, na medida em que se consegue reduzir a parcela das atividades que não agregam valor ao processo produtivo, através das decisões nos diferentes níveis de planejamento (BERNARDES, 2003).

Isatto *et al.* (2000) apresentam algumas vantagens da redução do tempo de ciclo, com a entrega mais rápida ao cliente, a gestão dos processos torna-se mais fácil, o efeito aprendizagem tende a aumentar, a estimativa das futuras demandas é mais precisa e o sistema de produção torna-se menos vulnerável às mudanças de demanda.

Heineck e Machado (2002) *apud* Pozzobon *et al.* (2004) sugerem vantagens no uso da linha de balanço em relação às demais técnicas, em decorrência de sua eficiência em responder às perguntas básicas do planejamento, referentes a quando fazer, o que fazer, quanto fazer, onde fazer e com que recursos fazer.

Para Bernardes (2003), um planejamento de médio prazo (tático) aliado ao ritmo das equipes de produção, é um instrumento potencial para que o fluxo seja analisado na busca da sincronização. No nível de curto prazo (operacional), as ações destinadas à proteção, para a produção possibilitam a continuidade das operações no canteiro, diminuindo a variabilidade e seu conseqüente tempo de ciclo.

5) Simplificar através da redução do número de passos ou partes

A simplificação pode ser entendida como a redução do número de componentes num produto ou a redução do número de partes ou estágios num fluxo de materiais ou informações (BERNARDES, 2003). Através da simplificação pode-se eliminar atividades que não agregam valor ao processo de produção, pois quanto maior o número de componentes ou de passos num processo, maior tende a ser o número de atividades que não agregam valor (ISATTO *et al.*, 2000).

Os mesmos autores apresentam formas de atingir a simplificação, como a utilização de elementos pré-fabricados, o uso de equipes polivalentes e o planejamento eficaz do processo de produção, buscando eliminar interdependências e agregar pequenas tarefas em atividades maiores.

Bernardes (2003) apresenta a implementação destes princípios, através do planejamento e controle da produção, na medida em que se consegue estabelecer, durante a etapa de preparação do processo de planejamento e desenvolvimento da produção, zonas de trabalho similares. Isso pode garantir certa repetitividade ao processo facilitando a identificação de possíveis simplificações.

6) Aumentar a flexibilidade na execução do produto

À primeira vista isto parece contraditório com a simplificação. Na realidade podem ser complementares. O projeto de produtos ou componentes modulares pode ser combinado com redução do tempo dos ciclos e maior transparência (KOSKELA, 1992).

Segundo Isatto *et al.* (2000), o aumento de flexibilidade de saída está também vinculado ao conceito de processo, como gerador de valor, e refere-se à possibilidade de alterar as características dos produtos entregues aos clientes, sem aumentar substancialmente os custos dos mesmos. A aplicação desse princípio pode ocorrer na redução do tamanho dos lotes, no uso de mão-de-obra polivalente, na customização do produto, no tempo mais tarde possível, e na utilização de processos construtivos, que permitam a flexibilidade do produto, sem grande ônus para a produção, ou seja, a flexibilidade permitida, planejada (ISATTO *et al.*, 2000).

7) Aumentar a transparência do processo

Pode-se diminuir a possibilidade de ocorrência de erros na produção, proporcionando maior transparência aos processos produtivos. Isso ocorre porque à medida que o princípio é utilizado, pode-se identificar problemas mais facilmente, no ambiente produtivo, durante a execução dos serviços (KOSKELA, 1992).

Para este autor, a identificação desses problemas é facilitada, normalmente, pela disposição de meios físicos, dispositivos e indicadores, que podem contribuir para uma melhor disponibilização da informação nos postos de trabalho. Pouca transparência no processo incrementa propensão ao erro e diminui a motivação para melhorias.

Isatto *et al.* (2000) citam algumas formas de aumentar a transparência no processo como: a remoção de obstáculos visuais, tais como divisórias e tapumes; utilização de dispositivos visuais, tais como cartazes, sinalização e demarcação de áreas; emprego de indicadores de desempenho, que tornam visíveis atributos do processo e a aplicação de programas de melhorias da organização e limpeza do canteiro como o 5S.

Esse princípio pode ser implementado através do processo de planejamento e controle da produção, na medida em que se disponibilizam informações, de acordo com a necessidade de seus usuários no ambiente produtivo (BERNARDES, 2003).

8) Focar o controle no processo global

O controle de todo o processo possibilita a identificação e a correção de possíveis desvios, que venham a interferir sobremaneira no prazo de entrega da obra (BERNARDES, 2003).

Para Isatto *et al.* (2000), um grande risco dos esforços de melhorar um subprocesso é sub-otimizar essa atividade específica, dentro de um processo, com um impacto reduzido (ou até negativo) de desempenho global. De acordo com os autores, esse princípio pode ser aplicado na medida em que haja mudança de postura, por parte dos envolvidos na produção, no que tange à preocupação sistêmica dos problemas. Nesse caso, a integração entre os diferentes níveis de planejamento (longo, médio e curto prazo) pode facilitar a implantação desse princípio (BERNARDES, 2003).

9) Introduzir melhoria contínua no processo

Segundo Koskela (2002), os esforços para a redução do desperdício e do aumento do valor do produto devem ocorrer de maneira contínua na empresa. O princípio de melhoria contínua pode ser alcançado na medida em que os demais vão sendo cumpridos.

Iniciativas de apoio e dignificação da mão-de-obra são importantes. Pode-se destacar a utilização da caixa de sugestões, a premiação pelo cumprimento de tarefas e metas, o estabelecimento dos planos de carreira, a adoção das medalhas por distinção, entre outros (POZZOBON *et al.*, 2004).

Para Isatto *et al.* (2000), o trabalho em equipe e a gestão participativa constituem os requisitos essenciais para a introdução de melhoria contínua no processo.

Esse princípio pode ser implementado através do processo de planejamento e controle da produção na medida em que são analisadas as decisões tomadas, para a correção de desvios oriundos da coleta de dados do plano de curto prazo (BERNARDES, 2003).

10) Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões

Para Koskela (1992), no processo de produção há diferenças de potencial de melhoria em conversões e fluxos. Em geral, quanto maior a complexidade do processo de produção, maior é o impacto das melhorias e quanto maiores os desperdícios inerentes ao processo de produção, mais proveitosos os benefícios nas melhoras do fluxo, em comparação com as melhorias na conversão.

O mesmo autor ainda complementa que a questão central é que melhorias no fluxo e na conversão estão intimamente interligadas: a) melhores fluxos requerem menor capacidade de conversão e, portanto, menores investimentos em equipamentos; b) fluxos mais controlados facilitam a implementação de novas tecnologias na conversão; c) novas tecnologias na conversão podem acarretar menor variabilidade e, assim, benefícios no fluxo. Nesse contexto é necessário que exista um equilíbrio entre ambas.

Isatto *et al.* (2000) sugerem, para a aplicação deste princípio, uma consciência, por parte da gerência de produção, de que é necessário atuar em ambas as frentes. Primeiramente, eliminar perdas nas atividades de transporte, inspeção e estoque de um determinado processo e, apenas posteriormente, avaliar a possibilidade de introduzir uma inovação tecnológica.

Para Bernardes (2003), esse princípio deve ser observado durante a etapa de projeto, bem como ao longo da formulação da estratégia de ataque à obra.

11) Referenciais de ponta (*benchmarking*)

Consistem em um processo de aprendizado, a partir das práticas adotadas em outras empresas, tipicamente consideradas líderes, num determinado segmento ou aspectos específicos (ISATTO *et al.*, 2000).

Os mesmos autores reúnem linhas gerais, para a aplicação deste princípio: conhecer os processos próprios da empresa; identificar boas práticas em outras empresas similares; entender os princípios por trás dessas boas práticas e adaptar as boas práticas encontradas à realidade da empresa.

2.4 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.

Esse 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.

Com esta divisão em níveis, o planejamento traz uma melhor definição das atividades, proporcionando melhor visão ao gerente e envolvidos, já que a capacidade humana de conservar informações é reduzida (BERNARDES, 2001).

Este modelo proposto tem como principais finalidades:

- a) Fazer do PCP um processo gerencial, apresentando transparência no processo;
- b) Reduzir incertezas no processo de produção;
- c) Formalizar o planejamento para consultas e introdução de melhorias de produção ou na tomada de decisões;
- d) Melhorar o gerenciamento;
- e) Facilitar o controle.

Os fundamentos teóricos do PCP, ao contrário de muitos programas de melhoria, têm sua base justamente alicerçada no aprendizado. A tomada de decisão, o controle e o replanejamento são sempre realizados utilizando dados e indicadores coletados durante o processo anterior e visam, sempre, a melhoria, baseados na aprendizagem, tentando entender os reais motivos de problemas ocorridos, para que esses não venham a acontecer de novo, mantendo, assim, uma postura pró-ativa frente aos problemas (BERNARDES, 2001).

A hierarquização do planejamento se refere à maneira como as metas de produção são vinculadas aos horizontes de longo, médio e curto prazo. Neste caso, o detalhamento das metas fixadas nos diferentes níveis de planos deve ser maior, na medida em que se aproxima a data de execução da atividade (LAUFER e TUCKER, 1988 *apud* BERNARDES, 2003), podendo ser colocado como uma forma de se reduzir o impacto da incerteza existente no ambiente produtivo.

A utilização desta prática possibilita a minimização do retrabalho, no processo de preparação dos planos, visto que, para horizontes muito grandes, planos excessivamente detalhados estão mais sujeitos a erros e atualizações do que planos menos detalhados (LAUFER e TUCKER, 1987 *apud* BERNARDES, 2003). O próprio estabelecimento de planos hierarquizados auxilia no controle, visto que, através da hierarquização cada nível gerencial, pode se concentrar no desenvolvimento de tarefas que possibilitem o cumprimento das metas fixadas.

2.4.1 Planejamento de longo prazo

No planejamento de longo prazo, o horizonte dos planos abrange todo o período de construção e tem como objetivo a definição dos ritmos das atividades, que constituem as grandes etapas construtivas do empreendimento como, por exemplo, a estrutura, a alvenaria e as instalações hidrossanitárias (MENDES JR e HEINECK, 1998). Em função do fluxo de recursos financeiros, desenvolvidos no estudo de viabilidade e da estimativa de custo, são dadas instruções para a coordenação destas atividades (TOMMELEIN e BALLARD, 1997).

Outra importante decisão, relacionada a esse nível de planejamento, trata da definição da estratégia de ataque à obra. Através deste estudo, é estabelecido o seqüenciamento das atividades, eliminando-se possíveis interferências entre equipes e propiciando-se a melhoria dos fluxos de materiais e mão-de-obra dentro do canteiro.

A elaboração dos planos é realizada a partir do uso de técnicas de programação, como o PERT-CPM, a Linha de Balanço e os diagramas de Gantt, nos quais estão especificadas informações a respeito do início e fim das atividades, bem como a duração máxima necessária para a execução do empreendimento (TOMMELEIN e BALLARD, 1997; MENDES JR. e HEINECK, 1998).

2.4.2 Planejamento de médio prazo

O planejamento de médio prazo, também denominado de *lookahead planning*, tem como principal função o ajuste dos planos produzidos no planejamento de longo prazo. Estes ajustes devem contemplar a compatibilização entre os recursos disponíveis, a capacidade de produção das equipes e o cumprimento de prazos e custos (BALLARD, 1997). Esse plano é considerado como um segundo nível de planejamento, o tático, que busca vincular as metas fixadas no plano mestre com aquelas designadas no curto prazo (FORMOSO *et al.*, 1999).

Segundo Ballard (1997), o plano de médio prazo pode servir a outros propósitos:

- a) Modelar o fluxo de trabalho, na melhor seqüência possível, de forma a facilitar o cumprimento dos objetivos do empreendimento;
- b) Facilitar a identificação da carga de trabalho e dos recursos necessários, que atendam ao fluxo de trabalho estabelecido;
- c) Ajustar os recursos disponíveis ao fluxo de trabalho definido;
- d) Possibilitar que trabalhos interdependentes possam ser agrupados de forma que o método de trabalho seja planejado de maneira conjunta;
- e) Auxiliar na identificação de operações que podem ser executadas de maneira conjunta entre as diferentes equipes de produção;
- f) Identificar o estoque de pacotes de trabalho designados às equipes de produção.

O plano de médio prazo típico possui um horizonte de quatro semanas, contadas a partir da segunda semana, pois a primeira corresponde ao horizonte compreendido pelo plano de curto prazo (BERNARDES, 2003).

2.4.3 Planejamento de curto prazo

O planejamento de curto prazo é o nível no qual são tomadas as últimas decisões a respeito do fluxo de trabalho, tal como pequenos ajustes no seqüenciamento das equipes, em função do cumprimento de tarefas antecedentes e da disponibilidade de recursos, tanto de mão-de-obra, quanto de materiais e equipamentos. Desta forma, procura-se eliminar ou reduzir a influência de imprevistos, que dificultam a execução completa das tarefas (BALLARD e HOWELL, 1997).

Bernardes (2003), ao citar alguns destes autores, ressalta que a aplicação conjunta do plano de curto prazo, com o *lookahead*, faz parte de um conjunto de ferramentas, que facilitam a implementação do sistema de controle da produção *Last Planner*, e define esse sistema como uma filosofia que busca melhorar o desempenho do processo de planejamento e

controle da produção (PCP), através de medidas que protejam a produção contra os efeitos da incerteza.

Procura-se chegar a um consenso sobre a emissão de ordens de produção de qualidade, consideradas assim aquelas que obedecerem aos seguintes aspectos exigíveis para a operação (BALLARD, 2000):

- a) Boa definição de uma operação, de forma que se possam estabelecer parâmetros de medição e de controle da qualidade;
- b) Seqüência adequada no processo construtivo;
- c) Tamanho compatível com o período de planejamento, com a política de pagamento e com a questão motivacional (se a tarefa é muito grande, o operário desmotiva-se por não conseguir enxergar o seu término, tampouco associar o seu empenho, com a quantidade de trabalho e a remuneração combinada);
- d) Possibilidade efetiva de ser executada, em função da disponibilidade de todos os recursos necessários à sua execução.

A logística de canteiro de obras aborda os fluxos físicos e os fluxos de informação, associados à execução de atividades, incluindo as atividades de gestão dos fluxos físicos. Um canteiro de obras bem planejado também auxilia a introdução dos princípios da Construção Enxuta.

2.5 A organização do canteiro de obras

A concepção de um canteiro de obras é definida, segundo Saurin (1997), como “o planejamento do layout e da logística das instalações provisórias, instalações de movimentação e armazenamento de materiais e instalações de segurança”.

A otimização de um canteiro de obras significa setorizar e organizar, especialmente, a maneira de dispor os materiais, os funcionários, equipamentos e instalações necessárias ao processo de produção, objetivando a realização das tarefas diárias, segundo um cronograma de execução, no menor tempo possível, com a racionalização dos recursos disponíveis, ou seja, recursos materiais (insumos, equipamentos e ferramentas), recursos humanos (mão-de-obra) e financeiros (SAURIN, 1997).

Esta abordagem tem o objetivo de proporcionar transparência aos processos físicos, podendo-se identificar e compreender o fluxo de materiais e o motivo das falhas relacionadas à ocorrência de perdas. O layout pode ser entendido, segundo Saurin (1997), como a

disposição física de homens, materiais, equipamentos, áreas de trabalho e de estocagem e, de modo geral, a disposição racional dos diversos serviços dentro de um local de trabalho.

Segundo Heineck *et al.* (1996), modificações no layout de canteiros de obra ajudam, também, a aumentar a segurança e higiene na obra, criando um ambiente agradável para os trabalhadores; influenciam na diminuição dos problemas ergonômicos; proporcionam maior facilidade de controle dos estoques de materiais e, conseqüentemente, contribuem para a redução de perdas, além de minimizar o efeito do duplo manuseio.

A mentalidade enxuta (*lean thinking*), em canteiros de obra, possibilita criar um ambiente ideal para o recebimento, transporte e armazenagem dos insumos, numa obra de edificações, bem como no processamento inicial de corte e montagem das matérias-primas, além de auxiliar na concepção do *layout* dos canteiros, de forma a minimizar a adoção de critérios subjetivos, para a disposição física dos setores, tornando o processo mais sistemático e criterioso.

A importância da definição de um *layout*, adequado para a indústria da construção, pode ser verificada através da influência que exerce sobre as atividades de fluxo, como o armazenamento, movimentação de materiais, equipamentos e aproveitamento de mão-de-obra.

3 MÉTODOS E MATERIAIS

3.1 A classificação e a estratégia da pesquisa

Para Gil (2002), é usual a classificação da pesquisa, com base em seus objetivos gerais e a define em três grupos: exploratórias, descritivas e explicativas. Desta forma, esta pesquisa classifica-se como exploratória, pois tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o tema e o aprimoramento de idéias sobre o mesmo.

Os estudos de caso, experimentos, levantamentos e pesquisas históricas são alguns exemplos de como realizar uma pesquisa científica. Segundo Yin (2001), a escolha da estratégia de pesquisa mais adequada depende, fundamentalmente, de três fatores: o tipo de questão da pesquisa, o controle que o pesquisador exerce sobre o objeto pesquisado e o grau com que a pesquisa envolve a investigação de fatos contemporâneos.

Como estratégia de pesquisa adotou-se o estudo de caso, pois o planejamento e condução desta dissertação abrangem situações que o caracterizam como tal. Segundo Yin (2001), o estudo de caso é uma estratégia aplicável a estudos científicos, onde se incluem estudos organizacionais e gerenciais. A pesquisa é uma investigação de um fenômeno contemporâneo, dentro de seu contexto da vida real, sendo que os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. O pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e, essencialmente, busca responder às questões relacionadas a “como” e “por que os eventos ocorrem” (YIN, 2001).

Neste trabalho, a questão que norteia o desenvolvimento da pesquisa tem o foco em “como”, mais especificamente, “como podem ser introduzidos os princípios da filosofia de Construção Enxuta, oportunizando melhorias no processo de produção de obras de edificação, com base em um estudo de caso na cidade de Passo Fundo?”

Na bibliografia há divergências sobre a conceituação de estudo de caso, principalmente, quando um dos instrumentos para coleta de dados é a observação participante. Alguns autores,

entre eles Thiollent (1997), afirmam que se existe a participação dos pesquisadores no estudo, trata-se de pesquisa-ação.

No entanto, a pesquisa-ação apresenta características diferenciadas do estudo de caso. Segundo Dick (1993), a pesquisa-ação tem dois objetivos: a ação, de modo a trazer mudança, em alguma comunidade ou organização, e a pesquisa para aumentar o entendimento. Thiollent (1997) e Dick (1993) apontam a pesquisa-ação como um processo cíclico, participativo e essencialmente qualitativo, em que o processo de aprendizagem exerce o papel de indutor de mudanças.

Assim, observa-se que, embora as duas estratégias possam ser adotadas em pesquisa, com intervenção na realidade, a pesquisa-ação é uma estratégia complexa e indicada para pesquisas, cujo objetivo é a mudança na organização, no processo, no grupo ou no indivíduo. O estudo de caso é indicado em situações nas quais pode haver necessidade de algum tipo de intervenção, mas cujo objetivo principal é o desenvolvimento de um produto, aplicação ou experimentação de um modelo, método, ferramenta ou instrumento (HIROTA, 2000).

Os estudos de caso não buscam a generalização de seus resultados, mas sim a compreensão e interpretação mais profunda dos fatos e fenômenos, normalmente isolados. Embora não possam ser generalizados, os resultados obtidos devem possibilitar a disseminação do conhecimento (YIN, 2001).

Diante do exposto, observa-se que o trabalho em questão caracteriza-se como um estudo de caso, com intervenção, pois apresenta fases definidas; há observação participante e intervenção, cujo objetivo é o desenvolvimento de instrumentos e ferramentas, visando à medição de desempenho. A unidade de análise do estudo é uma empresa de construção civil e a investigação é a introdução da Filosofia de Construção Enxuta na produção da obra da empresa.

3.2 O delineamento da pesquisa

O desenvolvimento da pesquisa foi dividido em três fases:

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

A fase de revisão bibliográfica desenvolveu-se durante todas as etapas da pesquisa. Foram pesquisados temas como a Nova Filosofia de Produção (*Lean Produccion*), compreensão de seus princípios, desenvolvimento da implementação e dos indicadores de avaliação, no planejamento e controle da produção e seus temas complementares, como a qualidade da construção civil e perdas no processo de produção. A Figura 4 apresenta a estrutura de pesquisa (*design* da pesquisa).

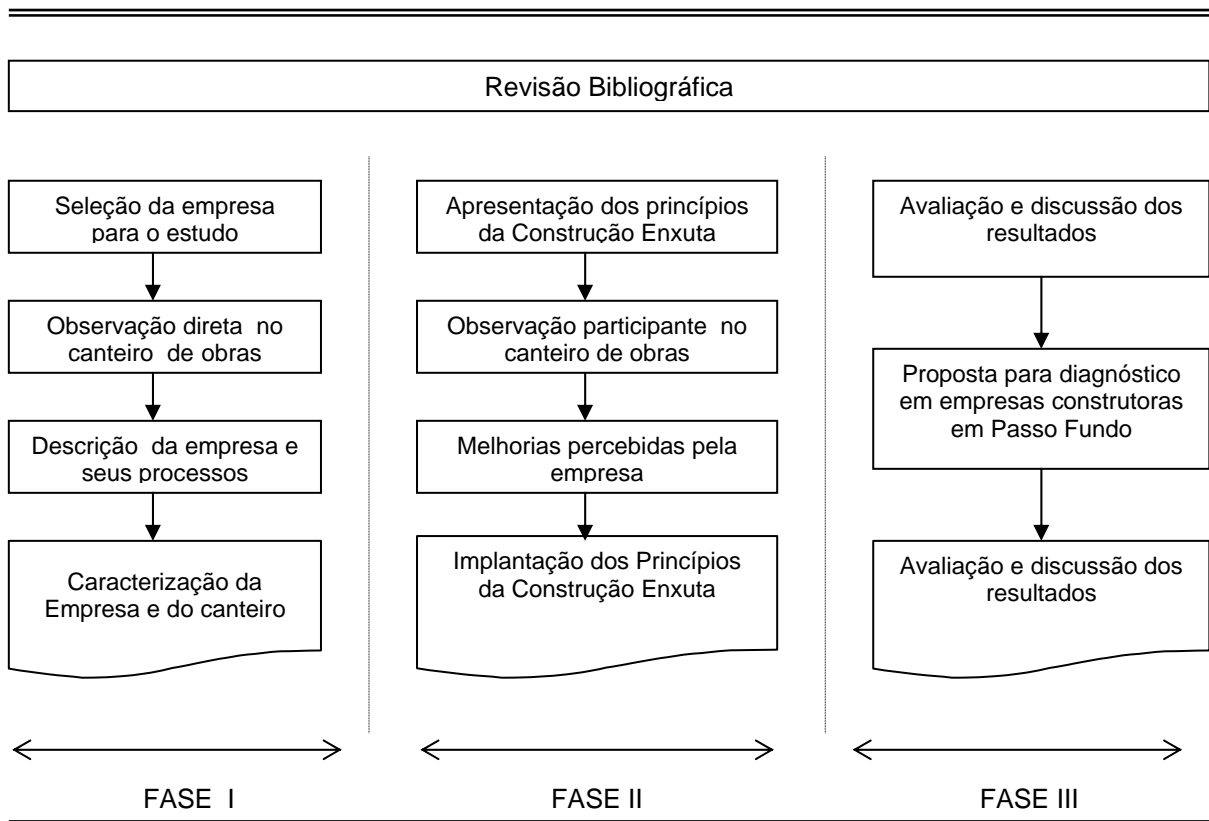


Figura 4 - Delineamento da pesquisa.

3.2.1 Fase I: Caracterização da empresa e do canteiro de obras

A partir das informações obtidas na revisão de literatura desenvolveu-se a estratégia de pesquisa a ser utilizada e a proposta de trabalho. A revisão bibliográfica revelou a defasagem do sistema de gestão de produção do setor da construção civil, quando comparado aos demais setores industriais. Também proporcionou o contato com diversos trabalhos da comunidade acadêmica e de mobilizações setoriais, voltados à introdução e melhoria de técnicas e filosofias de gestão para a produção, entre elas a Nova Filosofia de Produção na Construção ou Construção Enxuta.

Na cidade de Passo Fundo não é diferente, e esta pesquisa quer estabelecer um referencial em termos de gestão de produção e utilização dos princípios na Construção Enxuta, mesmo que sem o conhecimento teórico, por parte das empresas construtoras.

Selecionou-se, então, a empresa participante do estudo que será chamada, a partir de agora, de Empresa. A seleção baseou-se na disposição da diretoria e da gerência em realizar a pesquisa, facilitando, assim, a busca dos dados necessários e mantendo o canteiro de obras e o escritório da construtora acessível para a pesquisa. Outros fatores que influenciaram na seleção foram as iniciativas de melhoria, nas práticas de gestão da empresa, como a participação no Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H). Durante o desenvolvimento da pesquisa a empresa foi certificada no nível C do programa, que é evolutivo (do nível D ao A). A Empresa preocupa-se com uma melhoria organizacional, limpeza e condições de trabalho dos funcionários no canteiro de obras, e trabalha com a filosofia 5S no canteiro.

Na seqüência do desenvolvimento dessa fase, iniciou-se, então, a observação direta no canteiro de obras da empresa, na sua estrutura organizacional e seus processos. Para evidenciar essa fase foram coletados dados. Essa é uma das etapas mais importantes dentro de uma pesquisa. Yin (2001) destaca três recomendações: a primeira recomendação refere-se à coleta de múltiplas evidências, as quais devem ser convergentes, em relação ao mesmo conjunto de fatos ou descobertas, de modo que essas descobertas e conclusões sejam mais convincentes e precisas; a segunda relaciona-se ao desenvolvimento de um banco de dados, para documentação e reunião formal das evidências do estudo. Por fim, esse autor recomenda explicitar o encadeamento entre as questões levantadas, as evidências coletadas e as conclusões a que se chegou.

Neste trabalho foram utilizadas como fontes de evidência: análise documental, entrevistas, observação direta e observação participante, as quais estão descritas a seguir.

3.2.1.1 Análise documental

A análise documental utilizada nos estudos de caso tem o objetivo de corroborar e valorizar as evidências oriundas de outras fontes (YIN, 2001). Os documentos analisados neste trabalho foram consultados com o propósito de confirmar algumas informações obtidas durante a descrição da empresa e seus processos. Entre os documentos analisados estão os procedimentos da empresa, cronogramas de execução da obra e projetos.

3.2.1.2 Entrevistas

As entrevistas foram realizadas com o objetivo de interrogação direta das pessoas, cujo comportamento se desejava conhecer, possibilitando a obtenção de dados, a partir do ponto de vista dos pesquisados (YIN, 2001) e aconteceram em dois momentos. Na Fase I, apenas de maneira informal, com o objetivo de descrever a empresa e seus processos, por tal motivo não foram registradas e descritas neste relatório. E na Fase II, com o propósito de obter a opinião da direção da empresa, sobre os resultados da implantação dos princípios da Construção Enxuta. Esta fonte de coleta de dados está detalhada na próxima fase.

3.2.1.3 Observação direta

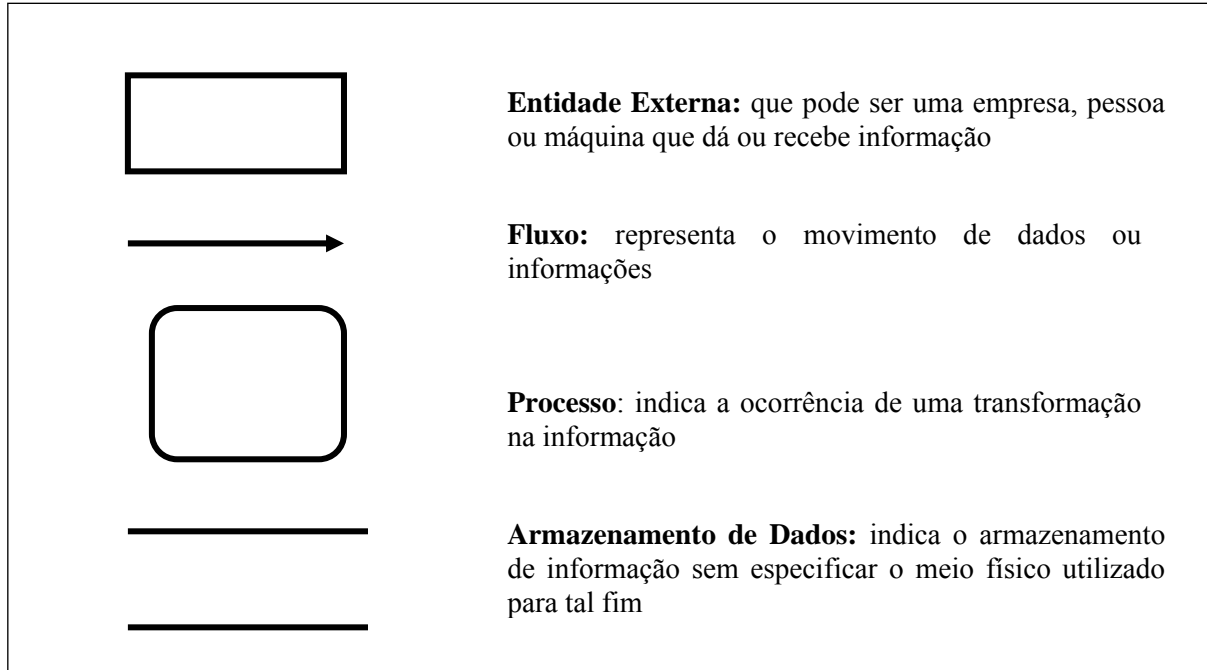
Também, durante essa fase da pesquisa foram realizadas observações diretas. Alguns comportamentos relevantes ou condições ambientais podem ser avaliados por esse tipo de observação (YIN, 2001). Ainda, segundo esse autor, as observações diretas podem variar de atividades formais a atividades informais de coleta de dados. Nas observações formais pode-se verificar a incidência de certos tipos de comportamento, como por exemplo, observações de reuniões e trabalhos de fábrica. De maneira informal podem-se realizar observações diretas, durante a coleta de outras evidências, como entrevistas (YIN, 2001). Assim, durante essa fase da pesquisa foram realizadas observações diretas das atividades nos canteiros de obras. Algumas observações podem ser validadas com fotografias no local do estudo de caso (YIN, 2001). Nesse sentido, foram feitos registros fotográficos, com objetivo de obter evidências adicionais de algumas mudanças ocorridas.

3.2.1.4 Descrição da empresa e seus processos

Essa fase exploratória e de observações resultou na descrição da empresa e de seus processos, utilizando-se as fontes de evidências já citadas. Também foi empregada a ferramenta Diagrama de Fluxo de Dados (DFD), pois é um dos métodos mais usuais para representar, graficamente, o fluxo de informações em uma organização. Tal método possibilita a representação de todas as entradas, saídas, processamento e armazenamento de informações do sistema. A representação dos fluxos de informações é especialmente importante para possibilitar a implantação de um padrão de processo (KENDALL e KENDALL, 1991).

O DFD foi utilizado para representar o fluxo de informações na empresa, com base nas evidências da análise documental, entrevistas e observação direta.

São quatro os símbolos utilizados na construção do DFD, tornando-se fácil sua elaboração e compreensão. Tais símbolos estão representados no Quadro 3.



Fonte: adaptado de Kendall e Kendall, 1991.

Quadro 3 - Símbolos básicos do Diagrama de Fluxo de Dados.

3.2.2 Fase II: Implantação dos princípios da Construção Enxuta

A realização da Fase II contemplou a apresentação dos princípios da Construção Enxuta à empresa. Utilizaram-se, para esse fim, as reuniões semanais de programação da obra. Reuniões estas, com duração aproximada de uma hora e com a participação dos gerentes da obra e um representante da direção. Nelas eram programadas as tarefas a serem realizadas durante a semana e a programação de recursos.

O detalhamento da identificação e implantação de cada princípio está apresentado no capítulo 4.





3.2.2.1 Observação participante

A observação participante foi a técnica de coleta de evidências, utilizada nessa fase e ao longo de todo o estudo, uma vez que a pesquisadora detinha parte do conhecimento necessário para a identificação e implantação dos princípios da Construção Enxuta. Segundo Yin (2001), a observação participante é uma modalidade especial de observação, na qual o

pesquisador não é apenas um observador passivo, podendo assumir uma variedade de funções dentro de um estudo de caso e pode, de fato, participar dos eventos que estão sendo estudados.

As ferramentas utilizadas na coleta e análise dos dados, nessa etapa, foram o registro de imagens, os diagramas de processos e os mapofluxogramas. Segundo Yin (2001), as figuras, sejam elas fotos ou desenhos, têm a capacidade de sintetizar e transferir rapidamente uma grande quantidade de informações.

O diagrama de processos e o mapofluxograma são ferramentas utilizadas para documentar a forma com que se desenvolve o processo de produção. A principal diferença entre o diagrama de processos e o mapofluxograma é que o primeiro apenas identifica as atividades de um processo e a seqüência em que elas ocorrem; o segundo, além de identificar as atividades, posiciona-as em planta. O Quadro 4 apresenta os símbolos e seu significado para a representação gráfica.

Símbolo	Significado
	Conversão: altera a forma ou substância do material em processamento.
	Estoque: o material em análise está parado aguardando para ser utilizado.
	Transporte: representa uma mudança de localização do material.
	Inspeção: o material é inspecionado, em termos qualitativos ou quantitativos, de acordo com um padrão pré – definido para aceitação.

Fonte: Alves, 2000 p 55.

Quadro 4 - Símbolos empregados nos Diagramas de Fluxo e Mapofluxo

3.2.2.2 Melhorias percebidas pela empresa

Nessa etapa da pesquisa era necessário saber se a direção da empresa percebia melhoria em seu sistema de produção. Foi elaborada, então, uma entrevista para obter esta resposta, aplicada à diretora da empresa (Anexo B).

Kendall e Kendall (1991) salientam que uma entrevista deve ser utilizada quando se pretende conhecer as opiniões do entrevistado, sobre o estado atual do sistema, bem como da organização e dos procedimentos informais aplicados no desenvolvimento do trabalho. Segundo Yin (2001), entrevistas permitem indagar as intervenientes-chaves dos processos sobre fatos.

As entrevistas são divididas em: espontânea, focal e levantamento formal. Na entrevista focal, o respondente é entrevistado, em um curto período de tempo, de maneira

informal, seguindo um conjunto programado de perguntas (YIN, 2001). Os roteiros que orientaram a condução das entrevistas estão descritos no capítulo 4 deste trabalho. Segundo esse autor, as entrevistas devem ser corroboradas com os dados e informações obtidas através de outras fontes.

3.2.3 Fase III: Avaliação e discussão dos resultados

A avaliação e discussão dos resultados constituíram-se, em um primeiro momento, em avaliar a receptividade da empresa em estudo, com relação aos princípios da Construção Enxuta, às melhorias percebidas e à introdução da filosofia no processo de produção da empresa.

Em um segundo momento, propõe-se uma proposta de lista de verificação para diagnóstico e identificação dos princípios da Construção Enxuta em empresas construtoras.

A proposta de lista de verificação para diagnóstico e identificação dos princípios da construção enxuta está explicada no capítulo 4 e apresentada na íntegra no Anexo C deste trabalho.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Características gerais da empresa

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 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.

A Empresa já produziu 790 unidades habitacionais, com área equivalente a 50.000 m². Durante a realização do presente trabalho possuía dois empreendimentos em construção, totalizando 11.963 m² de construção. 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.

Em entrevista com o diretor executivo da empresa obteve-se a afirmação que: “A empresa quer ligar seu nome ao uso de materiais e serviços de qualidade, uso de tecnologias de construção diferenciadas, cumprimento das exigências contratuais e atendimento pós-venda. Uma empresa de confiança e que investe no setor imobiliário da cidade de Passo Fundo. Também, quer comprovar a qualidade organizacional bem como a de seu produto e, com isso, garantindo o grau de confiança e tranquilidade para os fornecedores e clientes internos e externos”.

4.1.1 Estrutura organizacional

A empresa está organizada como apresenta a Figura 5. Uma diretoria que desenvolve atividades de negociação de compra, venda de produtos imobiliários, planejamento estratégico, aprovação de projetos, pesquisa de mercado e viabilização econômica.

Recentemente a empresa instituiu o comitê da qualidade, que tem o objetivo de controlar a qualidade do produto em todos os setores. A administração coordena as demais áreas da empresa, como a financeira (controla as atividades das contas a receber e as contas a pagar); os recursos humanos (seleciona os trabalhadores e organiza pagamentos aos mesmos); as vendas e marketing (coordena as estratégias de venda e distribuição de tabelas e material gráfico dos empreendimentos para as imobiliárias); a aquisição (compra de insumos para a execução das obras, cotações e a escolha da melhor proposta); a engenharia (encarregada de coordenar a compatibilização entre os projetos, uma vez que são todos desenvolvidos fora da empresa, também executa a obra). Existem ainda áreas terceirizadas, como as assessorias jurídica e contábil e a elaboração de projetos.



Figura 5 - Estrutura organizacional da empresa

Durante o período de desenvolvimento desta pesquisa a empresa esteve trabalhando em melhorias do seu sistema de gestão, planejamento e controle de obras. Com isso, foram verificadas adequações e redefinições de cargos e funções. Também houve reformulação de processos como o de aquisição e recebimento de materiais, relacionamento com os fornecedores de materiais e, principalmente, com os fornecedores de serviços. Com o objetivo de ampliar o grau de parceria e adequar-se às exigências da norma SIQ-C, do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H).

A fase exploratória teve como objetivo preparar o diagnóstico da situação inicial da empresa e seu processo de produção do produto. Com base em informações adquiridas por meio de entrevistas, de análise de documentos e de observações diretas e participantes, foi elaborado um Diagrama de Fluxo de Dados (DFD) da empresa, apresentado na Figura 6.

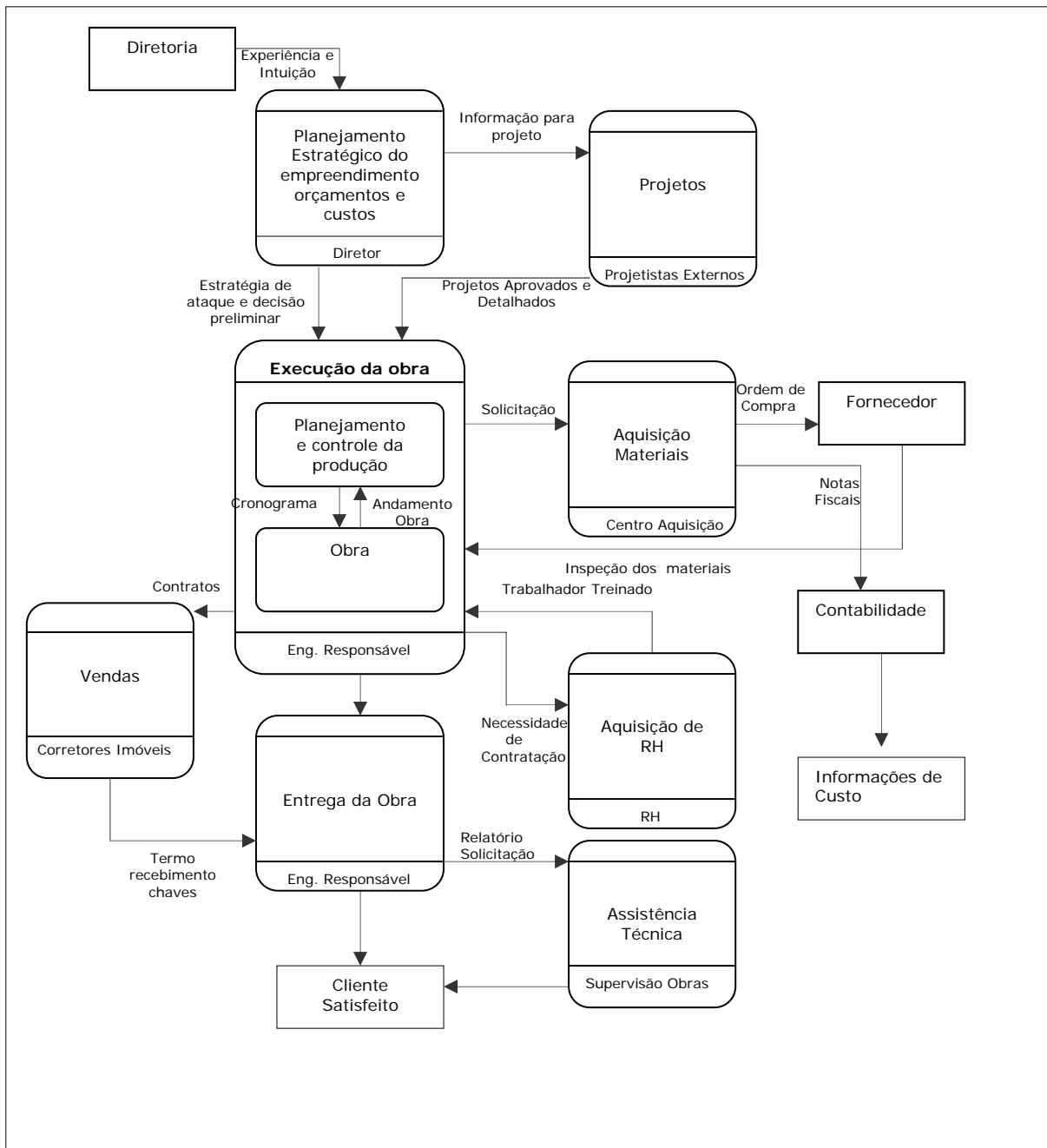


Figura 6 - Diagrama de Fluxo de Dados (DFD) da Empresa

O referencial inicial do diagrama de fluxo de dados foi o processo de planejamento do empreendimento. Nesse processo, com base na experiência e intuição da diretoria, são tomadas decisões sobre o tipo de empreendimento, viabilidade econômica, estratégias de ataque à obra e prazo de conclusão da obra. São geradas informações para os projetistas contratados e o setor de engenharia compatibiliza os projetos para a execução.

Para a execução da obra é elaborado, pelo engenheiro civil e supervisor geral da obra, um cronograma de execução, que é aprovado pelo diretor executivo. Este engloba as atividades realizadas em todo o período da construção. O planejamento era realizado de forma manual e apresentado no formato de gráfico de Gantt. As informações para a elaboração deste cronograma dependiam, principalmente, da previsão do fluxo de caixa, proveniente da expectativa de comercialização e prazo de conclusão da edificação, apresentados pelo diretor executivo. Quanto ao dimensionamento das equipes, este se baseava na percepção do diretor e responsável pela obra, uma vez que os índices de produtividade não estavam definidos na maioria das tarefas. Este planejamento era avaliado quinzenalmente, ocasião em que se analisavam os prazos e programavam-se os suprimentos para o período.

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. Como a empresa não possuía uma equipe formada há algum tempo, houve um período de rotatividade e adaptação dos trabalhadores. A Figura 7 apresenta um modelo de cronograma utilizado para o planejamento e controle de execução. Os números indicam os andares dos pavimentos tipos.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
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 7 - Cronograma da obra utilizado pela empresa.

No processo de aquisição de materiais, as necessidades de compra de maior custo ou essenciais para a execução da obra eram definidas nas reuniões quinzenais e necessitavam da aprovação do diretor executivo. Os materiais de uso diário na obra eram definidos pelo responsável da obra, o qual fazia o pedido ao setor de Aquisição.

A contratação de mão de obra é realizada pelo setor de RH; a solicitação é feita pela gerência da obra quando da necessidade e o setor de RH contrata ou remaneja e também, treina os trabalhadores. Este treinamento refere-se às normas da empresa, horários de trabalhos e quanto ao uso dos equipamentos de segurança. A mão-de-obra utilizada é, em sua maioria, própria e as equipes são compostas por seis carpinteiros na execução das formas para concreto armado, dois ferreiros na montagem da armadura e seis pedreiros que trabalham em duplas, alocados da seguinte maneira: uma dupla para a execução da parede de alvenaria e duas duplas para a execução do revestimento de reboco interno. Os serviços auxiliares de transporte de materiais e preparação da argamassa são executados por quatro serventes de obra.

A empresa possui processo construtivo convencional para a região, com estruturas de concreto armado e blocos cerâmicos para a vedação.

As vendas das unidades são realizadas por corretores de imóveis e formalizadas por contratos de promessa de compra e venda. A entrega da unidade é firmada pela assinatura de um Termo de Recebimento de Chaves pelo cliente, após a realização de uma vistoria no imóvel. No caso de necessidade de assistência técnica, a solicitação é feita pelo cliente ao escritório da empresa, que mobiliza os técnicos necessários ao atendimento, visando a solução do problema e a satisfação do cliente. Este item é avaliado pela empresa em pesquisas de satisfação do cliente.

4.1.2 Descrição da obra em estudo

A obra localiza-se no centro da cidade de Passo Fundo-RS, possui como principal característica sua esbeltez. São quatorze pavimentos, projetados sobre um terreno de 400 m². São quatro apartamentos por pavimento, todos com dois dormitórios e churrasqueira; o pavimento térreo será constituído de duas lojas comerciais e garagens, também se constitui de garagens o 2º e o 3º pavimento. A área total de construção é de 4.447 m². Como já é característica das últimas edificações da empresa, a estrutura é composta por lajes planas nervuradas. O aço utilizado na obra é cortado e dobrado no fornecedor, e no canteiro de obras são montados os elementos estruturais. A empresa adotou a utilização de areia artificial de

basalto, na composição da argamassa, para a execução das paredes de alvenaria, nas etapas de assentamento dos blocos e revestimento de reboco.

No início da intervenção, a obra encontrava-se em fase de transição das fundações para a estrutura, caracterizava-se pela falta de espaço para ordenação, limpeza e fluxo de materiais.

4.1.3 Análise do processo de gerenciamento e execução

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.

Quanto à conferência no recebimento dos materiais, essa era realizada, em geral, de forma visual, principalmente para os insumos como os blocos cerâmicos para alvenaria, a areia, a cal, o cimento e a madeira para as fôrmas. As notas fiscais são encaminhadas à contabilidade, para que gere as informações de custo da obra e demais obrigações fiscais.

Entretanto, observaram-se algumas iniciativas no sentido de racionalizar o processo, utilizando lajes planas para facilitar a execução das fôrmas e armaduras, bem como, reduzir o tempo de ciclo de concretagem de pavimentos, além de proporcionar a flexibilidade de *layout* das unidades. A implantação do programa 5S, para a ordenação e limpeza do canteiro de obras, aumenta, dessa forma, a transparência no canteiro, a padronização dos processos, serviços, inspeção e armazenamento de materiais.

2.2 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 pôde 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; esse nível possui como horizonte de planejamento a duração de toda construção. Dessa 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.

As informações contidas no plano de longo prazo foram difundidas nos diversos departamentos envolvidos com a execução da obra, como a própria gerência da obra, os responsáveis pelas compras e o departamento de recursos humanos. A difusão dessas informações também serve para orientar o planejamento de médio prazo e a programação de recursos de compra ou aluguel de equipamentos e contratação de funcionários.

Os prazos que constam no plano de longo prazo são essenciais para a preparação do plano de médio prazo. Nesse nível as informações coletadas serão os percentuais de atividades atrasadas, no prazo e adiantadas. A Figura 8 apresenta o novo planejamento de longo prazo elaborado e implantado, em que se apresenta as metas em termos gerais, para minimizar a interferência da incerteza.

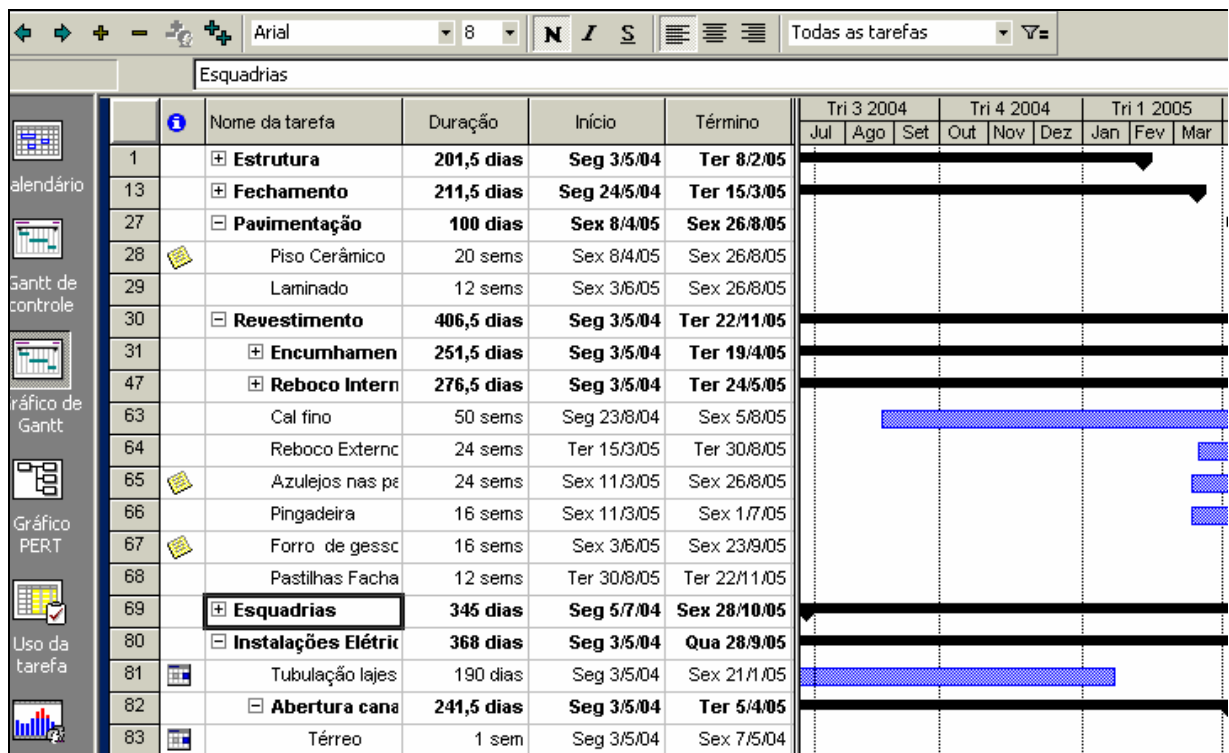


Figura 8 - O novo planejamento de longo prazo

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. Esse 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 desse 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 9 mostra o planejamento de médio prazo, utilizando a planilha proposta por Bernardes (2003) e detalhamento da planilha está apresenta no Anexo A1.

ED. MAISON RENOIR -		Plano de Médio Prazo																					
PACOTES DE TRABALHO		Obra:	ED. MAISON RENOIR										Elaborado em:	12/01/05									
		Engenheiro	VITOR LOSS										Elaborado por:	Juliana, Vitor e Helena									
		Mestre:	FELIPE ORLELODI										Alterado em:	VERSÃO									
		Supervisor											Alterado por										
		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'	4'	5'	6'	2'	3'		
Montagem da laje dos fundos		X	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	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 9 - Planejamento de médio prazo

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 desse 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 repor os estoques no prazo previsto. O campo de preenchimento mais importante dessa planilha é a causa dos problemas, quando não executados os pacotes de trabalho. Essa informação possibilita ações preventivas para os próximos planos. A Figura 10 apresenta o modelo de planejamento de curto prazo utilizando a planilha proposta por Bernardes (2003). O Anexo A2 apresenta o detalhamento da planilha utilizado para o planejamento de curto prazo.

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	P	S	T	Q	Q	S	S	%	Problema
Carpinteiros		Montagem da laje	P			x				100%	
			E								
		Concretagem da Laje Salão Festa	P					x		100%	
			E								
		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	x		100%	
			E								
Gesseiros		Forro da loja 02	P			x	x			100%	
			E								
Gesis		Instalações hidráulicas Tipo 8	P			x	x	x		100%	
			E								
Arlei		Instalações elétricas Tipo 8	P			x	x	x		100%	
			E								

Figura 10 - Planejamento de curto prazo

4.3 Apresentação dos princípios da Construção Enxuta à Empresa

Os onze princípios propostos por Koskela (1992) foram apresentados à Empresa, utilizando-se as reuniões de planejamento da obra. Tais reuniões, que aconteciam quinzenalmente, passaram a ser realizadas semanalmente, por sugestão da pesquisadora, para que se pudesse implementar o processo de planejamento e controle da produção (PCP). Essa etapa está fortemente embasada na proposta de Bernardes (2003). Esse autor discute a aplicação dos princípios, através do processo de planejamento e controle da produção. Esse processo consiste em apresentar os princípios e identificar a utilização deles, pela empresa ou propor sua implementação. Assim, os onze princípios da Construção Enxuta são listados e descrita sua implantação a seguir:

- 1) Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor;
- 2) Aumentar o valor do produto através da consideração nas necessidades do cliente;
- 3) Reduzir variabilidade;

- 4) Reduzir o tempo do ciclo de produção;
- 5) Simplificar através da redução do número de passos ou partes;
- 6) Aumentar a flexibilidade de saída;
- 7) Aumentar a transparência do processo;
- 8) Focar o controle no processo global;
- 9) Introduzir melhoria contínua no processo;
- 10) Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões;
- 11) Referenciais de ponta (*benchmarking*).

4.3.1 Redução da parcela de atividades que não agregam valor

Para evidenciar esse 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 se identificou entrada, saída, carga e descarga de matérias e vias de circulação e definiu-se local específico para armazenamento de insumos. Foi introduzida uma logística interna, para minimizar as distâncias entre os materiais, equipamentos e o local de utilização, ou seja, diminuir atividades de fluxo, que não agregam valor ao produto. O *layout* desenvolvido para o canteiro está apresentado na Figura 11.

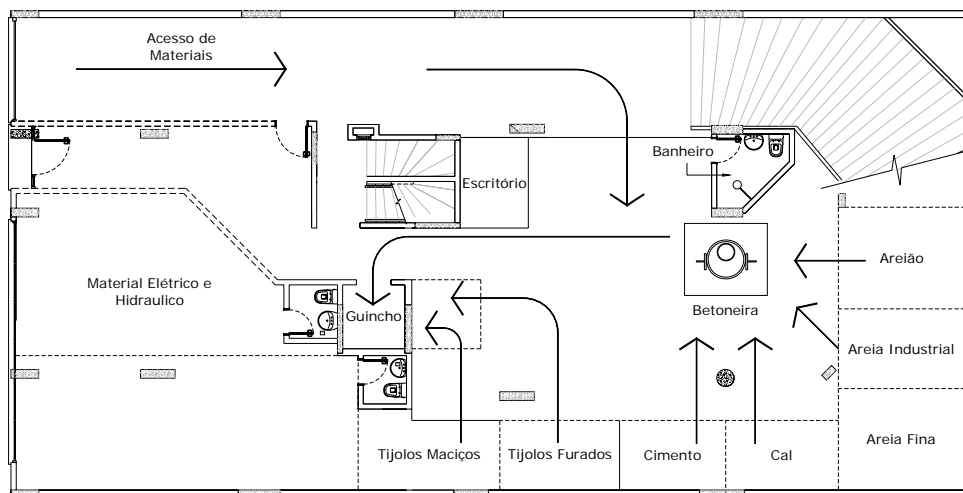


Figura 11 - Arranjo físico para armazenamento e fluxo de materiais no canteiro de obra

A Figura 12 mostra o canteiro de obras antes da identificação do princípio: observam-se as dificuldades de fluxo e a falta de definição de local específico, para armazenamento dos materiais.



Figura 12 - Registros do canteiro de obras antes da intervenção

A Figura 13 evidencia a evolução na implantação do princípio e do *layout* com o acesso da entrada dos materiais desobstruído.



Figura 13 - Registros do canteiro de obras com implementação do layout

Outro exemplo de boa prática adotada para atendimento a esse princípio, foi a substituição do vibrador convencional, que necessitava de dois trabalhadores, como mostra a Figura 14, no momento de concretagem (um trabalhador para segurá-lo e outro para vibrar o elemento estrutural). Este vibrador foi substituído por um vibrador portátil, que poderia ser carregado pelo mesmo trabalhador que estava fazendo a tarefa de vibração do concreto. Figura 15 evidencia esta evolução.



Figura 14 - Trabalhador utilizando o antigo vibrador



Figura 15 - Trabalhador utilizando o vibrador portátil

4.3.2 Aumentar o valor do produto através das considerações dos clientes

Para o atendimento desse princípio de agregar valor ao produto, considerou-se como cliente, os internos e externos. Os clientes internos são os trabalhadores da empresa, principalmente no seqüenciamento de tarefas e de equipes e os clientes externos são os adquirentes dos imóveis.

Também, como forma de evidenciar esse princípio, pode-se citar os procedimentos de execução de serviço implementado pela empresa, por ocasião da implantação do PBQP-H,

onde são definidas tolerâncias de aceitação dos serviços, para que possam ser liberados para a próxima etapa, ou seja, para o próximo cliente interno. A Figura 16 mostra o momento de inspeção dos serviços.



Figura 16 - Inspeção de serviço controlado

Para a consideração dos requisitos dos clientes externos, são utilizadas as reuniões de planejamento da obra. O plano deve garantir a conclusão da obra no prazo previsto e acordado com o cliente. Também são analisadas as solicitações, como possibilidades do cliente definir acabamentos no imóvel, entre outros. A Figura 17 mostra uma dessas reuniões onde estão presentes a diretoria e a gerência da obra.



Figura 17 - Reuniões de planejamento da obra.

4.3.3 Reduzir variabilidade

Para reduzir parte da parcela de variabilidade, na obra, que tende a ser elevada, a empresa está trabalhando com a padronização dos processos de execução de serviços e recebimento de materiais, com inspeções no momento do recebimento. Como exemplo, a Figura 18 apresenta amostras padrões de areias, expostas no canteiro, para serem comparados os critérios de cor e pureza, no momento do recebimento. Também, são inspecionadas as variabilidades das dimensões dos blocos cerâmicos, a conservação dos sacos de cal e cimento, as especificações da ferragem recebida e demais materiais utilizados na obra.



Figura 18 - Amostras padrão de areia

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 19 mostra um exemplo de gráfico comparativo dessas causas.

Observa-se que a maior incidência de problemas de variabilidade é a falta ou erro no planejamento de execução dos serviços, como, por exemplo, atraso na conclusão da tarefa programada. Em segundo e terceiro lugares, aparecem os problemas de condições adversas do tempo e a superestimação da produção das equipes de trabalho, que também pode ser considerada como problema de planejamento. Depois, os pré-requisitos não estarem concluídos, atrasando o início das tarefas seguintes, o absenteísmo ocasionando baixa produtividade, a necessidade de retrabalho, execução de tarefas não programadas, entre outros

apresentados na Figura 19. As causas foram apresentadas à diretoria da empresa e à gerência da obra, para que pudessem ser melhorados os índices de variabilidade.

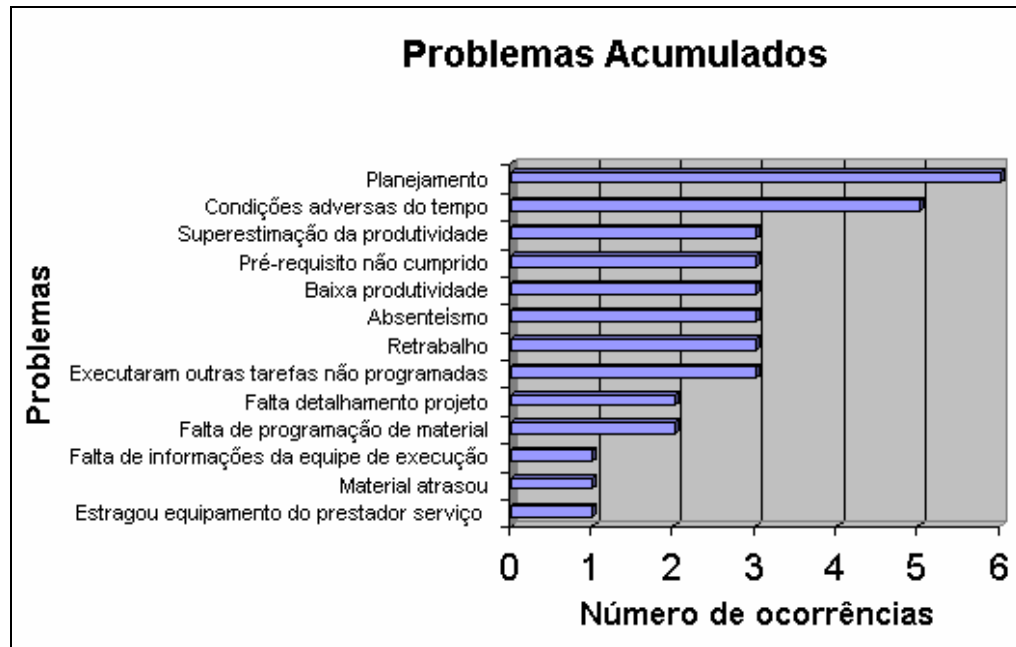


Figura 19 - Gráfica de problemas por atraso das tarefas

4.3.4 Redução do tempo de ciclo

Esse princípio trata de reduzir o tempo que envolve o processamento, inspeção, espera e movimentação de uma atividade, ou seja, reduzir as atividades que não agregam valor em um determinado ciclo. O planejamento e controle da produção, com tempos de ciclo menores, tornam-se mais eficientes e possibilitam a identificação de melhorias. Para evidenciar este princípio foram utilizadas as informações do planejamento de longo prazo, possibilitando sincronizar as atividades e o planejamento *lookhead* (médio prazo) onde se visualiza pacotes de trabalhos para as equipes. A Figura 20 apresenta esta informação.

A Figura 21 apresenta a evolução do PPC – Percentual de Pacotes Concluídos, um indicador que pode ser medido através do acompanhamento do planejamento e execução da obra. O Gráfico do PPC apresenta o monitoramento de dezesseis semanas e observa-se que até a oitava ocorre uma maior variabilidade no percentual de conclusão das tarefas. A partir na nona semana evidencia-se uma maior homogeneidade no percentual executado, proporcionado pela familiaridade das equipes, gerência e diretoria da empresa com o novo formato de planejamento e controle da obra.

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

Figura 20 - Divisão das tarefas em pacotes de trabalho

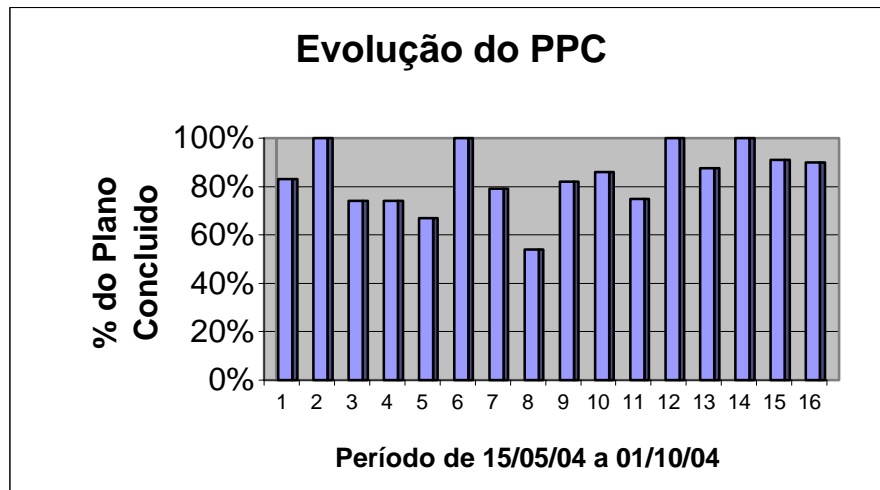


Figura 21- Gráfico dos PPC

4.3.5 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. A Figura 22 evidencia essa prática. Na obra o processo é apenas de montagem das peças estruturais. Outro exemplo é o emprego de vergas pré-fabricadas que reduz o número de etapas para a execução. O pedreiro posiciona a verga no local e continua a execução da alvenaria. No caso da verga moldada no local, é preciso interromper o processo de execução, resultando em atividades que não agregam valor. As Figuras 23 e 24 apresentam a utilização de vergas pré-fabricadas.



Figura 22 – Aço cortado e dobrado pelo fabricante



Figura 23 - Pré-moldagem das vergas



Figura 24 - Utilização das vergas pré-moldadas

Outra forma de evidenciar este princípio é a concentração de trabalhadores no mesmo posto de trabalho. O processo de PCP possibilita monitorar e controlar atividades de trabalho em uma mesma zona, por exemplo, os pedreiros, que executam reboco, concentram-se em um mesmo pavimento, reduzindo o número de trabalhadores serventes para auxiliá-los.

4.3.6 Aumento da flexibilidade na execução do produto

Esse conceito está vinculado ao processo de gerar valor ao produto, possibilitando mudanças rápidas no mesmo, 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.

Tal possibilidade foi evidenciada na ocasião em que um cliente adquiriu duas unidades de apartamentos e solicitou a união, para transformá-los em um.

A Figura 25 apresenta os apartamentos padronizados e a Figura 26, a modificação solicitada pelo cliente.

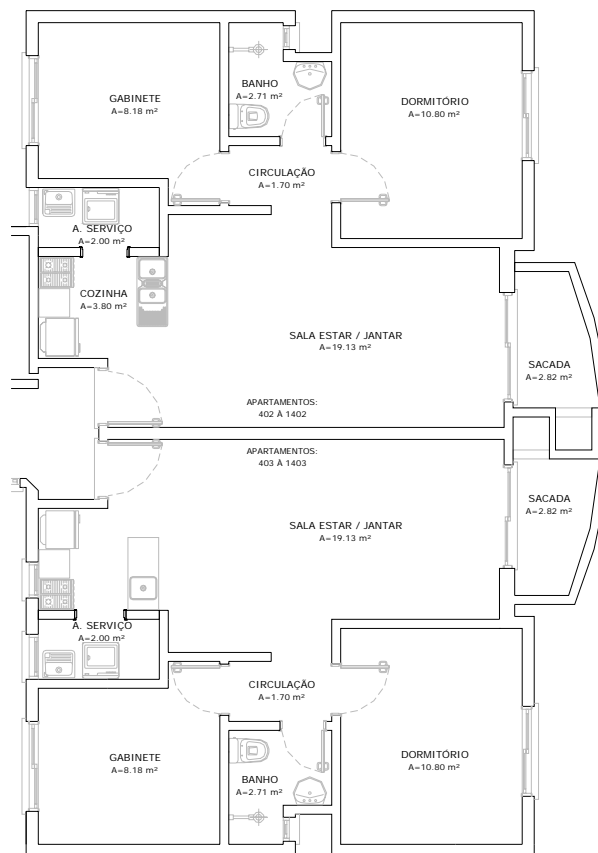


Figura 25 - Apartamentos tipo padrão

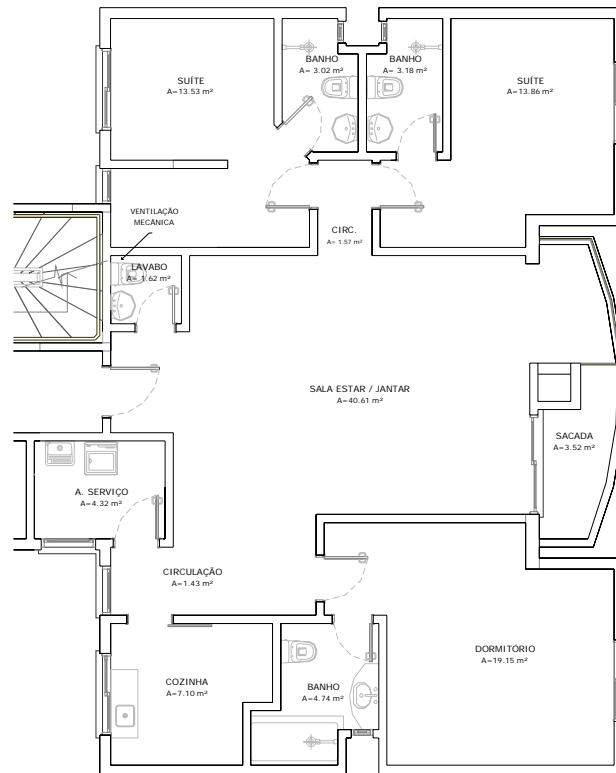


Figura 26 - Apartamento com as solicitações de modificações do cliente

4.3.7 Aumento da transparência

Um planejamento adequado do canteiro permite à gerência da obra, além de melhor supervisionar e fiscalizar o andamento dos serviços, coordenar ações estratégicas, que podem ser adotadas para a redução nos custos, assim como um melhor aproveitamento dos recursos, para o aumento da produtividade.

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). As auditorias são realizadas semanalmente e, mensalmente, é divulgada a equipe vencedora, com premiação aos membros da equipe (Figura 27). A organização e utilização dos materiais e equipamentos são baseadas no layout, projetadas e divulgadas para cada área do canteiro.



Figura 27 - Equipe vencedora 5 S

Outra evidência é a utilização de recursos de criação de valor, tal como a utilização do tapume, como gerador de imagem positiva da empresa, junto a consumidores e clientes em potencial. A Figura 28 mostra foto do tapume da obra.



Figura 28 - Tapume da obra

A implantação de dispositivos de visualização e comunicação no canteiro, como um mural, para divulgação de prazos, metas e a perspectiva da edificação pode ser visto na Figura 29.



Figura 29 - Dispositivos visuais de comunicação

Identificação de local de armazenamento de matérias, com instruções sobre os empilhamentos máximos de sacos de cimento e cal, também são formas de aumentar a transparência. A Figura 30 evidencia esse trabalho.



Figura 30 - Aviso para empilhamento máximo de sacos.

Outro dispositivo utilizado, para atender esse princípio da Construção Enxuta, foi a criação de um tubo-fone (apresentado na Figura 31) para a comunicação entre o guincheiro e os trabalhadores dos pavimentos superiores.

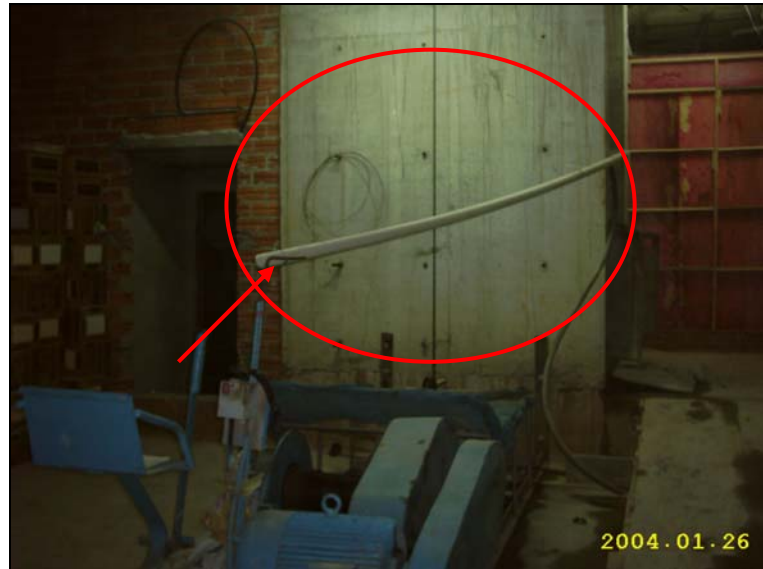


Figura 31 - Tubo-fone para comunicação com o guincheiro

4.3.8 Focar o controle no processo global

Esse 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.

Neste sentido, na solicitação de materiais para a obra, era enviada uma ordem de compra, com a especificação do material e com um campo para a empresa avaliar o fornecedor, com relação aos itens de conformidade da especificação do produto, quantidade, qualidade e prazo de entrega. Tais informações são armazenadas em um banco de dados, através do qual os fornecedores são avaliados anualmente e os fornecedores, que não atingirem um percentual de conformidade de no mínimo de 80%, são desclassificados e não poderão mais fornecer para a empresa. Esta é uma forma de gerenciar, com base na melhoria contínua do processo como um todo. A Figura 32 mostra os itens de inspeção dos materiais.

Localizar ->	
Ordem Compra	Materiais
Serviços	Inspeção
Especificação do Produto	<input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC
Prazo de Entrega	<input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC
Quantidade	<input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> NC
Qualidade	<input checked="" type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> NC
Especificação da NC	
Faltou 1 saco de cimento	

Figura 32 - Itens de inspeção de materiais

A integração entre os diversos horizontes de planejamento (longo, médio e curto prazo), é outra maneira de atender a esse princípio. Com o objetivo de que seja produzido apenas o necessário e na medida certa, sem a criação de superprodução (como tarefas adiantadas sem necessidade) e também sem comprometer a entrega da obra, com o atraso de tarefas. Essa forma de planejamento envolve o princípio da Mentalidade Enxuta de “puxar” a produção, apenas na medida necessária e no tempo certo.

Dessa maneira, as informações contidas no plano de longo prazo são transferidas ao plano de médio prazo. Nesse horizonte, as tarefas apresentam-se com maior grau de detalhamento e identificação das restrições para execução das tarefas. Depois de eliminadas as restrições da atividade, esta atividade passa para o plano de curto prazo, que é o plano operacional. Analisando as informações de problemas coletados no curto prazo, pode-se retroalimentar o planejamento e propiciar melhorar o sistema de execução da obra. A Figura 33 apresenta a hierarquização nos níveis de PCP.

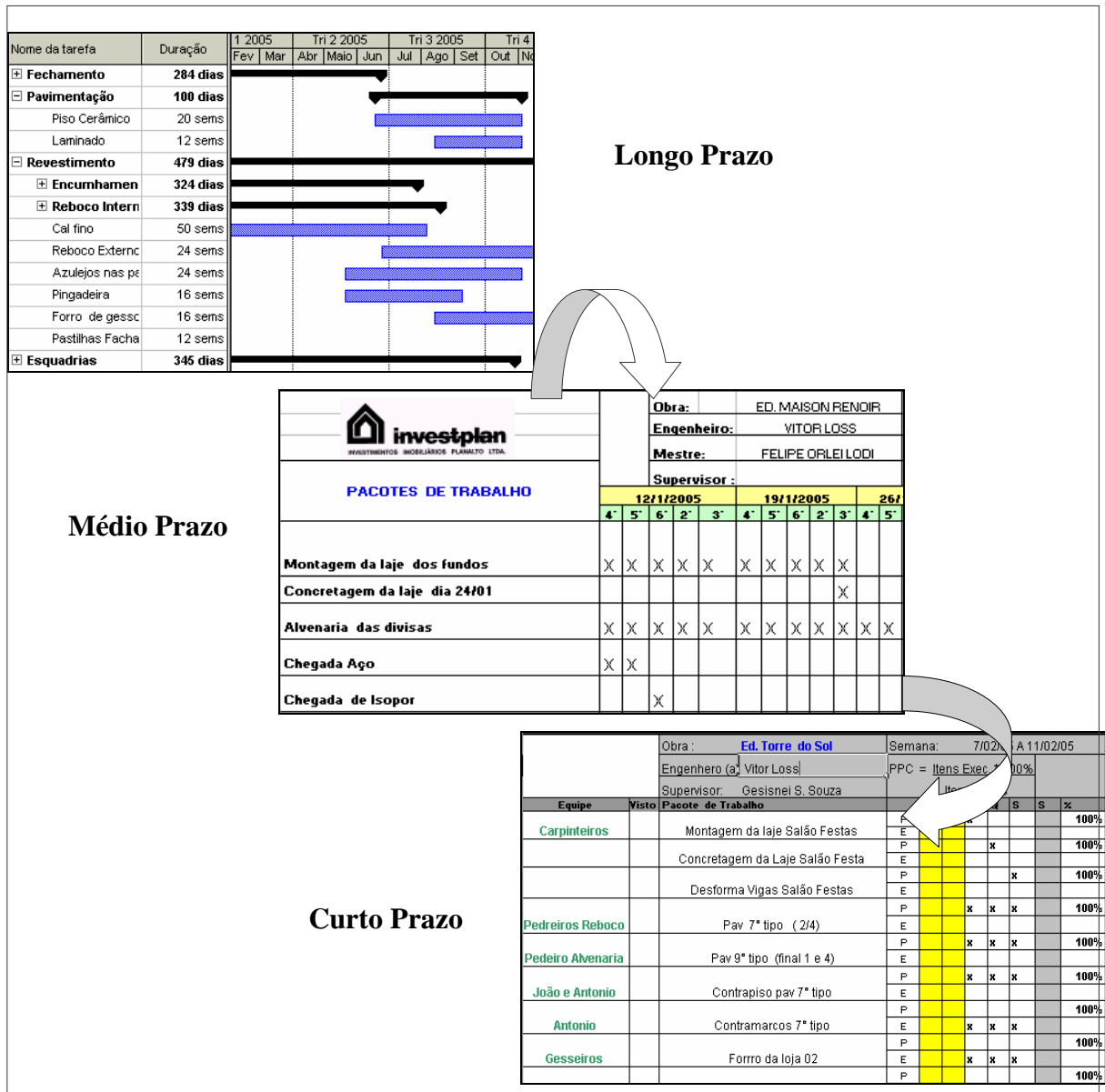


Figura 33 - Os três níveis do PCP da obra

4.3.9 Estabelecimento de melhoria contínua ao processo

A introdução dos procedimentos de ação corretiva e preventiva possibilita a identificação de problemas, no processo, e suas prováveis causas. Esse procedimento foi aplicado, por ocasião da participação no PBQP-H, e é um instrumento muito pertinente à aplicação desse princípio. O modelo de relatório de não-conformidade, utilizado pela empresa, é apresentado na Figura 34. Nesse relatório são identificadas as origens da não-conformidade, suas descrições e quais suas ações corretivas. Também já estão definidos alguns motivos de não-conformidade para serem assinalados.

RELATÓRIO DE NÃO CONFORMIDADE	
Origem da NC: Auditoria () Processos () Cliente () Outros () Fornecedor ()	RNC N° _____
Data ____/____/____	Setor: _____
Descrição da Não - Conformidade: Real () Potencial ()	
_____ _____ _____	
_____ Responsável	
Correção (ação imediata abrangência do problema):	
_____ _____ _____	
() RETRABALHO () REPARO () CONCESSÃO () REJEITADO () OUTROS	

Figura 34 - Relatório de Não Conformidade

Também, por ocasião de adequações para atendimento ao PBQP-H, a empresa introduziu indicadores para medir seus processos principais, os quais estão apresentados na Figura 35 com as formas de medição.

COLETA E TABULAÇÃO DOS DADOS DOS INDICADORES					
INDICADORES	ORIGEM DOS DADOS DE ENTRADA	EQUAÇÃO	UN.	AMOSTRAGEM (%)	APRESENTAÇÃO E DIVULGAÇÃO
1) Índice de atendimento a metas	Medição e monitoramento dos processos - as metas estipuladas	$\left(\frac{\sum \text{Metas Atendidas}}{\sum \text{Metas Estipuladas}} \right) * 100$	%	100 %	Gráfico do indicador e relatório do indicador
2) Satisfação do cliente com o projeto	Pesquisa de satisfação	$\left(\frac{\sum \text{Pontos Obtidos}}{\sum \text{Pontos Possíveis}} \right) * 100$	%	70 %	Gráfico do indicador e relatório do indicador
3) N° de ocorrências de incompatibilidade por projeto	N° de NC de Projetos	N° de RNC de projetos por projeto	un	100 %	Gráfico do indicador e relatório do indicador
4) Cumprimento de prazos	Prazos previstos para o período – cronograma físico da obra.	$\left(\frac{\sum \text{Prazos Realizados}}{\sum \text{Metas Previstos}} \right) * 100$	%	100 %	Gráfico do indicador e relatório do indicador
5) Avaliação de fornecedores	Inspeção de recebimento da ordem de Compra	$\left(\frac{\sum \text{n° Conformidades}}{\sum \text{Conformidades Possíveis}} \right) * 100$	%	100 %	Gráfico do indicador e relatório do indicador
6) Velocidade de vendas	Controle de vendas e índices divulgados pelo Sinduscon - PF	$\left(\frac{\sum \text{n° Unid. Vendida}}{\sum \text{n° Unid. Estoque}} \right) * 100$	%	100 %	Gráfico do indicador e relatório do indicador
7) Índice de satisfação	Pesquisa de satisfação de clientes	$\left(\frac{\sum \text{Pontos Obtidos}}{\sum \text{Pontos Possíveis}} \right) * 100$	%	70 %	Gráfico do indicador e relatório do indicador
8) Índice de competitividade	Controle de vendas e índices divulgados pelo Sinduscon - PF	Comparativo entre indicador e divulgado pelo Sinduscon - PF	%	100 %	Gráfico do indicador e relatório do indicador

Figura 35 - Quadro de medição de indicadores

4.3.10 Equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões

Nesse princípio foram trabalhadas, basicamente, as melhorias de fluxos, pois as melhorias das conversões poderiam ser aplicadas na etapa de projetos, mas estes já estavam finalizados. Assim, a organização dos estoques e do fluxo de materiais, na obra, foi o enfoque deste princípio.

A aplicação de mapeamento dos processos e identificação de seus requisitos, para cada estágio, foi uma forma de atender a esse princípio. Foi mapeado o processo de montagem da armadura e aplicadas melhorias em seu fluxo, a Figura 36 apresenta essa aplicação.

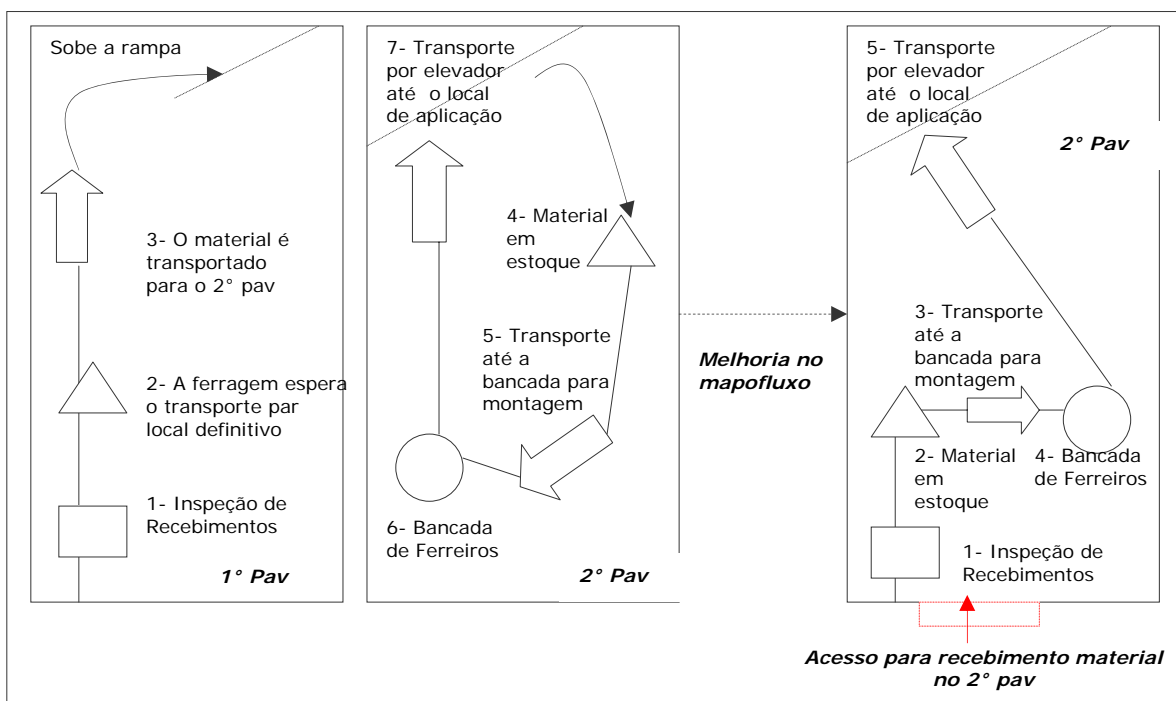


Figura 36 - Mapofluxo do processo de montagem da armadura

Em um primeiro momento, o aço para armadura era recebido através do primeiro pavimento, onde era inspecionado e aguardava para ser transportado para o segundo pavimento. Local onde os elementos estruturais eram montados. Neste pavimento o aço também passava por momentos de espera e transporte, até sua conversão, para posterior colocação nos locais específicos. Desenvolveu-se a abertura de uma passagem no segundo pavimento e confecção de uma rampa móvel (a Figura 37 apresenta esta rampa) que é apoiada no caminhão contendo a carga. Esta rampa serve de ligação até o segundo pavimento. Esta prática eliminou um processo de espera e um de fluxo, ou seja, reduziu parcelas de atividades que não estavam agregando valor ao produto.



Figura 37 - Acesso ao segundo pavimento

4.3.11 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 de 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 dissertação serve de *benchmarking* para o processo, pois reúne aplicações dos princípios *lean* e sugestões de aplicações por diversos autores.

4.4 Avaliação das melhorias no processo de produção da empresa

Neste item aborda-se a avaliação de implantação dos princípios da Construção Enxuta, na empresa do estudo de caso. Discutiu-se o envolvimento da Empresa (direção e gerentes de obra), as ferramentas utilizadas, a contribuição para a melhoria do sistema de produção da obra, e também os aspectos gerais da utilização dos princípios *lean* e as dificuldades encontradas durante a pesquisa.

Em linhas gerais, a maior visibilidade conferida ao sistema de produção da obra foi apontada, pela direção da empresa, como a maior contribuição da implementação dos princípios da Produção Enxuta. De fato, a implantação do PCP e de melhorias no arranjo físico do canteiro de obras contribuíram para o princípio da transparência no processo e, conseqüentemente, provocaram, em diversas oportunidades, a discussão sobre o processo de produção e a identificação de problemas de fluxos e de atrasos no cronograma de execução da obra. Outros fatos relevantes, gerados com esta visualização da produção, são a motivação da

gerência da obra e direção da Empresa, no desenvolvimento de alternativas para os problemas e redução de atividades de fluxos. Este fator foi observado na utilização de novos equipamentos, para reduzir as atividades que não agregam valor, como no caso do vibrador portátil.

Com relação à inserção das demais práticas propostas, evidencia-se a boa aceitação pela empresa. Por exemplo, as reuniões para discutir o planejamento da produção, os requisitos dos clientes, as estratégias de ataque à obra e as redefinições de equipe, entre outros assuntos, tornaram-se rotineiras para os gerentes de obra e para a direção da Empresa.

O envolvimento da alta gerência da Empresa facilitou a implementação de melhorias nos processos. Algumas barreiras comportamentais são superadas, apenas, com a intervenção direta da direção da empresa, pois a implantação de sistemas de melhorias de gestão exige motivação, tempo dos funcionários e disponibilidade de recursos financeiros. O comprometimento da direção da empresa é uma exigência feita pelas normas que regulamentam a implantação de sistemas de gestão da qualidade, como a ISO9001 e o SIQ-C (Sistema de Qualidade para Empresas Construtoras), que regulamenta o PBQP-H (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat). Evidencia-se, assim, a relevância deste item, pois a falta de motivação e o interesse dos diretores e gerentes podem promover limitações no processo de melhoria.

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 literatura, 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. Considerando-se, no entanto, 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.

Com relação à contribuição da implantação dos princípios da Produção Enxuta, no sistema de produção da empresa, devem ser avaliados dois aspectos: proporcionou melhorias perceptíveis no sistema, e há possibilidade de continuação do uso de pensamentos *lean*, nas práticas de produção da empresa.

No primeiro aspecto, a direção, em entrevista, revela serem perceptíveis melhorias iniciais, uma vez que se deu um primeiro passo, no que tange a utilização de ferramentas, técnicas e conhecimento de termos e conceitos da Produção Enxuta.

No que se refere a prosseguir com o sistema de melhoria e aprendizado dos conceitos *lean*, a direção da empresa apresenta-se disposta e enfatiza que este é um caminho natural, para as empresas que desejam manter-se no mercado, pois as mesmas precisam qualificar-se e melhorar seus sistemas de produção, para garantir a satisfação do cliente e a competitividade. Outra observação da direção da empresa foi com relação à redução de custos de produção, pois os princípios da Construção Enxuta visam eliminar estes custos gerados por atividades que não agregam valor.

O fato da empresa em estudo e outras construtoras da região de Passo Fundo estarem envolvida e certificadas no PBQP-H auxilia a inserção dos princípios *lean*, assegura a continuidade do processo de melhoria, uma vez que é exigência na norma SIQ-C.

Este seria um momento estratégico para a divulgação nas demais construtoras que estão envolvidas no processo. Com base nestas considerações esta pesquisa resultou na elaboração de uma lista de verificação para diagnóstico de implantação dos princípios da construção enxuta, que visa identificar o que as empresas construtoras já estão fazendo para melhorar seus sistemas de gestão da produção e propor melhorias nos princípios, ainda não inseridos. O item 4.5 aborda a elaboração desta lista de verificação.

4.4 Proposta de lista de verificação para diagnóstico de implantação dos princípios da Construção Enxuta

A lista de verificação, para 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.

A lista de verificação para diagnóstico para implantação dos princípios da Construção Enxuta está apresentada no Anexo D.

Para aplicação da lista de verificação, os itens, 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* (I_{Pi}), deve ser aplicada a fórmula:

$$\mathbf{I_{Pi} = (PO/PP) \times 10} \quad (1)$$

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:

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

O coeficiente de ponderação p é **0,909**. Uma vez que os princípios da Construção Enxuta, propostos por Koskela (1992) são onze ($10/11 = 0,909$).

A pontuação por princípios possibilita uma análise individual da situação de cada um, indicando aqueles que precisam ser mais trabalhados em uma implantação. Torna-se possível, desta forma, estabelecer uma estratégia de implantação específica para cada caso.

4.4.1 O desenvolvimento da lista de verificação para diagnóstico para implantação dos princípios da Construção Enxuta

Na seqüência são apresentados os itens de verificação de cada princípio.

1) Reduzir a parcela de atividades que não agregam valor - para introduzir este princípio, é necessário explicitar as atividades de fluxo, para que, se possível, estas sejam eliminadas. Para evidenciá-lo são apresentadas as seguintes questões:

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)?

2) Aumentar o valor do produto através da consideração das necessidades do cliente - a aplicação destes princípios envolve a identificação sistemática dos clientes e seus requisitos, sejam eles internos ou externos. As questões para estes princípios são:

2.1 São identificadas as necessidades dos clientes internos e externos?

2.2 Os processo 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, por exemplo, reuniões onde são debatidos os requisitos dos clientes?

2.5 Existe planejamento das tarefas, a fim de garantir os requisitos dos clientes internos na seqüência de atividades?

3) Reduzir variabilidade – no contexto da construção civil, a incerteza e a variabilidade são elevadas, em função de peculiaridades na fabricação do produto, mas podem ser minimizadas. As questões para estes princípios são:

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?

3.3 Existe planejamento e controle da produção?

4) Reduzir o tempo do ciclo de produção – a redução de tempos de ciclo envolve um amplo conjunto de ações e o objetivo deve ser reduzir a soma de todos os tempos gastos, para produzir um determinado produto (transporte, espera, processamento e inspeção). Os itens de verificação para este princípio são:

4.1 Existem boas condições de trabalho, com segurança e equipamentos adequados aos 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?

5) Simplificar através da redução do número de passos ou partes – quanto maior o número de componentes ou passos num processo, maior tende a ser o número de atividades que não agregam valor. Para evidenciar este princípio podem ser verificados:

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?

6) Aumentar a flexibilidade de saída – esta estratégia permite aumentar a flexibilidade do produto, dentro de determinados limites, sem comprometer, substancialmente, a eficiência do sistema de produção. E a verificação pode ser através dos itens:

6.1 O produto é customizado no tempo mais tarde possível?

6.2 O processo construtivo permite a flexibilização do produto, rapidamente, sem grandes ônus para a produção (como utilização de divisórias de gesso acartonado ou lajes planas)?

6.3 As equipes de produção são polivalentes?

6.4 Existe uma minimização no tamanho dos lotes aproximando-os de sua demanda?

7) Aumentar a transparência do processo – inúmeras são as formas que existem para aumentar a transparência de processo. E algumas podem ser:

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?

8) Focar o controle no processo global – para este princípio a literatura propõe que, primeiro, devem ser introduzidas melhorias nos processo, para depois serem estudadas melhorias nas operações. Alguns exemplos podem ser:

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 Existem planejamento e controle da produção, a fim de garantir a entrega da obra no prazo?

9) Introduzir melhoria continua no processo – na aplicação deste princípio, os processos devem ser melhorados, continuamente, com a participação das equipes responsáveis. E os itens são:

9.1 Existem evidências, exemplos de dignificação e iniciativas de apoio à 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 Utilizam-se indicadores de desempenho para monitoramento dos processos?

10) Manter um equilíbrio entre melhorias nos fluxos e nas conversões – as melhoria nos fluxos e nas conversões estão intimamente relacionadas, mas é necessário que exista um equilíbrio entre ambas. Na aplicação podem ser verificados os itens:

10.1 São evidenciadas práticas de melhorias nos fluxos, tal como o mapeamento do processo?

10.2 Existe uma estratégia de ataque à obra?

11) Referenciais de ponta (*benchmarking*) – Consiste em um processo de aprendizado, a partir das boas práticas adotadas em outras empresas. São exemplos de exemplos de *benchmarking*:

11.1 A empresa conhece seus próprios processos (estão descritos e entendidos)?

11.2 É evidenciado o aprendizado, a partir de praticas adotadas em outras empresas similares?

11.3 Adapta as boas práticas encontradas à sua realidade?

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 Conclusões

Com base na revisão bibliográfica e nos resultados mostrados ao longo deste trabalho, são apresentadas as principais conclusões.

Como problema de pesquisa o trabalho abordou a questão: “Como podem ser introduzidos os princípios da filosofia de Construção Enxuta, oportunizando melhorias no processo de produção de obras de edificação, com base em um estudo de caso, na cidade de Passo Fundo?”.

Na procura pelo sistema de gerenciamento da produção mais adequado às características do setor da construção civil, a construção enxuta parece ser a melhor solução para os problemas dos processos produtivos. A *Lean Construction*, ao sugerir soluções alternativas para a melhoria dos processos construtivos, não se baseia, exclusivamente, na implementação de novas tecnologias e direciona os esforços para a racionalização dos processos, através da otimização dos fluxos existentes entre as diversas atividades necessárias à execução da obra. A Construção Enxuta consegue adaptar-se às peculiaridades apresentadas pelo setor da construção.

A partir da seleção de uma empresa para o estudo de caso, foram introduzidas boas práticas, conforme indicadas pela revisão bibliográfica, para a implantação dos princípios da construção enxuta em obras. Conclui-se que as informações geradas, com a inserção dos princípios *Lean* no estudo de caso, propiciaram melhorias perceptíveis 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 sistemas de melhoria, na gestão de produção como o PBQP-H e boas práticas apresentadas na literatura, são uma maneira de introduzir os elementos fundamentais da nova filosofia de produção, para a construção em empresas construtoras.

As evidências coletadas de melhorias no processo de produção são analisadas abrangendo cada um dos onze princípios da *Lean Construction*. Conclui-se, ainda, que é um grande desafio a utilização da nova filosofia de produção, principalmente na região de Passo Fundo, onde este trabalho apresenta-se como pioneiro.

Nesse sentido, é preciso fazer uma mudança do paradigma atual da construção, baseado nos princípios da produção no antigo modelo de conversões, que quando comparados às novas filosofias de produção emergentes, como a Construção Enxuta, apresentam-se ineficientes e incapazes de gerar melhorias nos fluxos.

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.

Em síntese, o problema de pesquisa proposto neste trabalho foi respondido, por meio de utilização do planejamento e controle da produção, das demais ferramentas da qualidade como 5S e da integração dos conceitos da Produção Enxuta aos procedimentos e exigências do PBQP-H. Atendendo assim o objetivo geral deste trabalho, que era a introdução dos elementos fundamentais da Construção Enxuta, em uma empresa na cidade de Passo Fundo. E também, os objetivos específicos, desde a revisão bibliográfica e conhecimento das técnicas e métodos utilizados no sistema de Produção Enxuta, até a avaliação da implantação dos princípios *Lean* na empresa em estudo. O processo ainda encontra-se em discussão, desenvolvimento e aprendizado. Esses novos princípios e conceitos apresentados pela filosofia de Produção Enxuta contribuíram para a visualização de um novo paradigma de gestão da produção, no estudo de caso e na região de Passo Fundo-RS, revelando novas oportunidades de pesquisa.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

São relevantes e relacionadas ao tema de pesquisa, as seguintes recomendações para trabalhos futuros:

a) realizar um diagnóstico das empresas de construção da região de Passo Fundo-RS, com relação à implantação de boas práticas da Construção Enxuta;

b) aplicar os princípios da Construção Enxuta nas demais empresas de construção da região de Passo Fundo-RS;

c) aplicar os princípios da Construção Enxuta em empresas de construção de obras de infra-estrutura;

d) explorar o uso de tecnologia de informação para automação da coleta de dados e do planejamento e controle da produção;

e) investigar as mudanças de comportamentos das gerências das empresas construtoras da região de Passo Fundo-RS, com a introdução dos princípios da filosofia de Produção Enxuta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARCÓN, L. (Ed.). **Herramientas para identificar a reduzir perdas em projetos de contrucción**. Revista de Ingenieria de Construcción, n. 15, p. 37-45, enero/julio. 1997.
- ALARCÓN, L. et al. Un sistema de medición y evaluación de desempeño para empresas constructoras chilenas. *Informe de investigación*, Santiago de Chile, 1997.
- ALVES, T.C.L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras**: proposta baseada em estudo de caso. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – PPGE, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- ANSOFF, H.I. Critique of Henry Mintzberg the design school: reconsidering the basic premises of strategic management. *Strategic Management Journal*, v.12, p.449-461, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 9001**: sistema de gestão da qualidade: requisitos. Rio de Janeiro, 2000.
- 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 strategy. In: ENCONTRO NACIONAL DE PROFESIONALES DE PROJECT MANAGEMENT, 1996, Santiago. *Anais...* Santiago: 1996.
- BARROS NETO, J. P. **The relationship between strategy and lean construction**. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10, 2002, Porto Alegre. *Anais...* Gramado: Porto Alegre, 2002. p. 427-438. Artigo técnico.
- BARTTEZZAGHI, 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.

CORIAT, B. **Pensar pelo avesso:** o modelo japonês de trabalho e organização. Rio de Janeiro: UFRJ, 1994.

DICK, B. **Action Research.** Disponível em <<http://www.scu.edu.au/schools/sawd/arr/arfaq>>. Acesso em 01 set. 2004a.

DICK, B. **You want to do an action research thesis:** how to conduct and report action research.. Disponível em: <<http://www.scu.edu.au/schools/gcm/ar/art/arhome.html>>. Acesso em 01 set. 2004b.

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.

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.

FUJIMOTO, T. **The evolution a manufacturing system at Toyota.** New York: Oxford Universty Press, 1999.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4ª ed. São Paulo: Atlhas, 2002.

HEINECK, L. F. M.; et alli. **A constituição de células de trabalho na programação de obras em edifícios.** São Paulo, SP. 2004. 11 p. CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 2004, São Paulo; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10, 2004, São Paulo. *Anais...*

HEINECK, L. F. M.; MACHADO R. L. **A Geração de cartões de produção na programação enxuta de curto prazo e obra.** In: II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO -SIBRAGEC, 2, 2001, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: 2001.

HEINECK, L. F. M.; MARCHIORI, F. F.; JUNGLES, A. E. **A produtividade e o progresso do trabalho.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Niterói, 1998.

HEINECK, L. F. M., et al. **Layout de canteiro de obras da construção civil.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - ENEGEP, 1996, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Unimep, 1996.

HIROTA, E. H.; FORMOSO, C.T. **O Processo de aprendizagem na transparência dos conceitos e princípios da produção enxuta para a construção.** In: ENCONTRO NACIONAL DA TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC 7, 2000, Salvador. *Anais...* Salvador, 2000.

HOWELL, G.; KOSKELA, L. **Reforming project management:** the role of lean construction. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 8., 2000, Brighton, UK. *Proceedings...* Brighton, 2000.

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.

HOPP, W.; SPEAEMAN, M. **Factory hisics: foudations of manufacturinf management.** United States: Irwin McGraw-Hill, 1996.

ISATTO, E. et al. **Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil,** Porto Alegre: SEBRAE-RS, 2000.

KENDALL, K.; KENDALL J.E. **Analises y diseño de sistemas.** México: Prentice-Hall, 1991.

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,* Filand, CIFE, 1992.

KOSKELA, L.; BALLARD, G.; TANHUANPÄÄ, V. P. **Towards lean desing management.** In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONTRUCTION – IGLC 5, 1997 p.1-12., *Anais...* Gold Coat Au, 1997.

KOSKELA, L. **Towards the theory of (lean) construction.** In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 4, 1996, Birmingham. *Proceedings...*Birmingham: University of Birmingham, 1996.

LIKER, J. K. **Becoming Lean: Inside Stories of manufactures** U.S. Portland (OR): Productivity Press, 1997.

LIKER, J. **The Toyota Way: 14 management principles from the word's greatest manufacturer.** New York: McGraw-Hill, 2003.

LIRA, J. C. **Diagnóstico, Evaluacion y Mejoramiento de Procesos de planificacion de proyectos en la construccion.** 1996. Tesis (Mestrado) - Pontificia Universidad Catolica de Santiago, Chile, 1996.

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, 2003.

MENDES JR., R.; HEINECK, L. F. M. **Preplanning method for multi-story building construction using line of balance.** In: ANNUAL MEETING OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 1998, Guarujá. *Anais...* Guarujá: IGLC, 1998.

MESSEGUER, A. G. **Controle e garantia da qualidade na construção.** São Paulo: Sinduscon, 1991.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1997.

PALIARI, J.C. **Metodologia para a coleta e análise de informações sobre consumo e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios.** 1999. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PICCHI F. A.; GRANJA A. D. **Aplicação do Lean Thinking ao fluxo de obra** In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC 2004, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 18-21 julho 2004.

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.

PORTER, M. **Estratégia competitiva:** técnicas para análise de indústrias e da concorrência. São Paulo: Editora Campus, 1991.

POZZOBON, C. E.; HEINECK. L. F. M.; FREITAS, M. do C. D. **Atualizando o levantamento de inovações tecnológicas simples em obra.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ENTAC 10, 2004, São Paulo. *Anais...* São Paulo: 2004.

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.

SANTOS, A. **Application fo Production Management Flow Principles in Construction Sites.** Salford: University os Salford, 1999. Tese de Doutorado.

SAURIN, T. **Método para Diagnóstico e Diretrizes para Planejamento de Canteiro de Obras de Edificações.** 1997. Dissertação. (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

SHINGO, S. **Sistemas de Produção Com Estoque Zero: O sistema Shingo para Melhorias Contínuas.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SOUZA, R. **Metodologia para Desenvolvimento e Implantação de Sistemas de Gestão da Qualidade em Empresas Construtoras de Pequeno e Médio Porte.** 1997. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

SPEAR, S.; BOWEN H. K. **Decoding the DNA of the Toyota production system:** *Harvard Business Review*, 1999.

THIOLLENT, M.. **Pesquisa-ação nas organizações.** São Paulo: Atlas, 1997.

TOMMELEIN, I. D.; BALLARD, G. **Lookahead planning: screening and pulling.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE LEAN CONSTRUCTION, 2, 1997, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Instituto de Engenharia de São Paulo/Logical Systems, 1997.

WOMACK, J. T.; ROOS D. **The Machine that Changed the World.** New York: Tawson Associates, 1990.

WOMACK, J.P.; JONES, D.R. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas:** Elimine o desperdício e crie riquezas. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

YIN, R. K. **Estudo de caso:** planejamento e métodos. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ANEXO A – Modelos de planilhas para elaboração de planejamento de médio prazo e curto prazo

ANEXO A1- Planejamento de médio prazo

LOGO DA EMPRESA	PLANEJAMENTO DE MÉDIO PRAZO 5 SEMANAS	Obra:		Elaborado em:		N°																								
		Engenheiro (a):		Elaborado por:			Revisão																							
		Mestre:		Alterado em:																										
		Estagiário (a):		Alterado por:																										
PACOTES DE TRABALHO						RESTRIÇÕES																								
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 3.33%;">S</td><td style="width: 3.33%;">T</td><td style="width: 3.33%;">Q</td><td style="width: 3.33%;">Q</td><td style="width: 3.33%;">S</td><td style="width: 3.33%;">S</td><td style="width: 3.33%;">S</td><td style="width: 3.33%;">T</td><td style="width: 3.33%;">Q</td><td style="width: 3.33%;">Q</td><td style="width: 3.33%;">S</td><td style="width: 3.33%;">S</td><td style="width: 3.33%;">S</td><td style="width: 3.33%;">T</td><td style="width: 3.33%;">Q</td><td style="width: 3.33%;">Q</td><td style="width: 3.33%;">S</td><td style="width: 3.33%;">S</td><td style="width: 3.33%;">S</td><td style="width: 3.33%;">T</td><td style="width: 3.33%;">Q</td><td style="width: 3.33%;">Q</td><td style="width: 3.33%;">S</td><td style="width: 3.33%;">S</td> </tr> </table>							S	T	Q	Q	S	S	S	T	Q	Q	S	S	S	T	Q	Q	S	S	S	T	Q	Q	S	S
S	T	Q	Q	S	S	S	T	Q	Q	S	S	S	T	Q	Q	S	S	S	T	Q	Q	S	S							
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%; border: 1px solid black; padding: 5px;">Definir pacote de trabalho, pode ser uma tarefa ou um conjunto de tarefas a serem designadas às equipes</div> <div style="width: 20%; border: 1px solid black; padding: 5px;">Marcar com X nos períodos de execução dos pacotes</div> <div style="width: 20%; border: 1px solid black; padding: 5px;">Data de início da semana de trabalho. Serve para identificar a 2°,3°,4° e 5° semana do plano</div> <div style="width: 20%; border: 1px solid black; padding: 5px;">Esta é uma das colunas mais importantes do plano de médio prazo. Cada pacote de trabalho pode ter uma ou mais restrições que devem ser removidas antes de passarem ao plano de curto prazo.</div> </div>																														
Arquivo:	Aprovação responsável área			Aprovação diretoria																										

Fonte: Adaptado de Bernardes (2003)

ANEXO A2- Planejamento de curto prazo

LOGO EMPRESA	PLANO DE CURTO PRAZO	Obra:		Semana de __/__/__ a __/__/__				Elaborado em:		Código :			
		Engenheiro (a):		$PPC \text{ sem} = \frac{\sum \text{itens_exec.}}{\sum \text{itens_totais}} \cdot 100\%$		Elaborado por:		Revisão n°					
		Mestre:				Alterado em:							
		Estagiário (a):				Alterado por:							
EQUIPE	VISTO	PACOTE DE TRABALHO/LOCAL			S	T	Q	Q	S	S	D	%	PROBLEMA
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20%; border: 1px solid black; padding: 5px;">Equipe para a qual será designado o pacote de trabalho</div> <div style="width: 20%; border: 1px solid black; padding: 5px;">Depois de discutidas as metas com as equipes o encarregado coloca sua rubrica</div> <div style="width: 20%; border: 1px solid black; padding: 5px;">O pacote de trabalho deve ter início e fim bem definidos, caso não seja cumprido, compensa o ritmo no prox. planejamento</div> <div style="width: 20%; border: 1px solid black; padding: 5px;">Colocar um X no período previsto e no realmente executado</div> <div style="width: 20%; border: 1px solid black; padding: 5px;">Registrar a real causa do problema de não execução</div> </div>		P	E	P									
		P											
		Arquivo	Ass. engenheiro			Ass. mestre				Página			

Fonte: Adaptado de Bernardes (2003)

ANEXO B - Roteiro da entrevista de avaliação com a diretoria

1. Na sua visão, o que mudou com a introdução dos Princípios da Construção Enxuta (com respeito ao controle da produção e à gestão da obra)?
2. Que nível de esforço a nova filosofia de produção demanda na gestão da obra? Os princípios alteraram a rotina da obra? Foi preciso abandonar algumas práticas anteriores?
3. As práticas para atendimento aos princípios foram integradas ao sistema de produção da empresa? Essa integração é perceptível?
4. Que razões poderiam dificultar ou impedir a implantação da Construção Enxuta em obras (ou empresas de construção)?
5. Quais dos princípios serão realmente integrados pela empresa? E se não for implementado algum, por quê?
6. O que levou a empresa a se envolver com um trabalho de sistema de gestão da qualidade, e com a Construção Enxuta?
7. Que condições facilitaram o desenvolvimento do trabalho?
8. Quais os pontos fortes e pontos fracos da implantação da Construção Enxuta no sistema de produção de obras?
9. Quais os aspectos que poderiam ser melhorados?
10. As informações geradas estimulam a discussão e a reflexão sobre o processo de produção? De que forma? Em que casos isso foi verificado?
11. Os dados do sistema de PCP servem como elemento de apoio em que tipo de decisão para a empresa?
12. Quais informações geradas como sistema do PCP foram efetivamente utilizadas para corrigir os rumos da obra a que se referiam? De que forma?
13. Os princípios são adaptáveis a outras obras diferentes daquela em que o mesmo foi implantado?
14. A empresa pretende manter a utilização da filosofia de Produção Enxuta? Pretende utilizá-la em outras obras?

ANEXO C – Lista de verificação para diagnóstico e implantação dos princípios da Construção Enxuta

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 10 = _____			
2) Aumentar o valor do produto através da consideração nas necessidades do cliente			
2.1) São identificadas as necessidades dos clientes 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 a fim de garantir os requisitos dos clientes internos na seqüência de atividades?			
IP 2= (PO/PP) X 10 = _____			
3) Reduzir a 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 10 = _____			
4) Reduzir o tempo do ciclo de produção			
4.1) Existem boas condições de trabalho, com segurança e equipamentos adequados aos 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 10 = _____			
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 10 = _____			
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 10 = _____			
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 10 = _____			
8) Focar o controle no processo global;			
8.1) A empresa faz parceria com fornecedores, no sentido de reduzir atividades que não agregam valor no momento da entrega e qualidade do material.			
8.2) Existe planejamento e controle da produção a fim de garantir a entrega da obra no prazo?			
IP 8= (PO/PP) X 10 = _____			
9) Introduzir melhoria continua no processo			
9.1) Existem evidências, exemplos de dignificarão e iniciativas de apoio à 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) Utilizam-se indicadores de desempenho para monitoramento dos processos?			
IP 9= (PO/PP) X 10 = _____			
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 10 = _____			
11) Referenciais de ponta (benchmarking)			
11.1) A empresa conhece seus próprios processos (estão descritos e entendidos)?			
11.2) São evidenciados aprendizados a partir de práticas adotadas em outras empresas similares?			
11.3) Adapta as boas práticas encontradas a sua realidade?			
IP11= (PO/PP) X 10 = _____			