



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO

**PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS DO *LEAN THINKING* NA
ESTABILIZAÇÃO BÁSICA: DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO
NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TELHAS DE CONCRETO
PRÉ-FABRICADAS**

Carlos Antonio Samaniego Gallardo
Orientador: Prof. Dr. Ariovaldo Denis Granja

Campinas/SP

Abril 2007

CARLOS ANTONIO SAMANIEGO GALLARDO

PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS DO *LEAN THINKING* NA
ESTABILIZAÇÃO BÁSICA: DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO
NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TELHAS DE CONCRETO
PRÉ-FABRICADAS.

Dissertação apresentada à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações.

Orientador: Prof. Dr. Ariovaldo Denis Granja

Campinas/SP

2007

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

Sa42p Samaniego Gallardo, Carlos Antonio
Princípios e ferramentas do lean thinking na
estabilização básica: diretrizes para implantação no
processo de fabricação de telhas de concreto pré-
fabricadas / Carlos Antonio Samaniego Gallardo. --
Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador: Ariovaldo Denis Granja.
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo.

1. Concreto pré-moldado. 2. Produtividade. 3.
Processo de fabricação. 4. Administração da produção.
I. Granja, Ariovaldo Denis. II. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Principles and tools of lean thinking to achieve basic stability:
implementation guidelines for the production process of concrete precast roof-tiles
Palavras-chave em Inglês: Precast concrete, Productivity, Production processes, Productions
management

Área de concentração: Edificações

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Carlos Torres Formoso, Flavio Augusto Picchi

Data da defesa: 02/04/2007

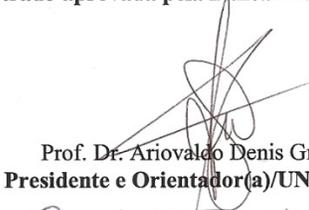
Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

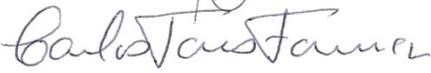
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**PRINCÍPIOS E FERRAMENTAS DO LEAN THINKING NA ESTABILIZAÇÃO
BÁSICA: DIRETRIZES PARA IMPLANTAÇÃO NO PROCESSO DE
FABRICAÇÃO DE TELHAS DE CONCRETO PRÉ-FABRICADAS**

Carlos Antonio Samaniego Gallardo

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:


Prof. Dr. Ariovaldo Denis Granja
Presidente e Orientador(a)/UNICAMP


Prof. Dr. Carlos Torres Formoso
UFRGS


Prof. Dr. Flávio Augusto Picchi
UNICAMP

Campinas, 02 de Abril de 2007

Dedicatória

*A meus pais pelo incentivo
e apoio desde tão longe.*

“A vida é como um jogo,
quando você aprende bem as regras,
o jogo acaba.”
Anônimo.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Ariovaldo Denis Granja por acreditar em mim desde o começo desde tão longe assim como pela orientação e dedicação ao longo desta jornada.

A Iamara pela cooperação, contribuições e por ter confiado no meu trabalho assim como o apoio incondicional de uma tia e amiga.

Ao Prof. Dr. Flávio Augusto Picchi pelas contribuições neste trabalho e ao longo de todo o mestrado e, ao Prof. Dr. Carlos Torres Formoso por importantes contribuições contidas nesta dissertação.

Ao Eng. Alex Tort Folch e todos os funcionários da Munte Construções Industrializadas, que acreditaram nesta pesquisa e deram todo o apoio para o êxito desta pesquisa.

Aos meus amigos e companheiros Alexandre, Tatiana, Gabriel, Patrícia, Marcus, Luciana e Solange que participaram de tantas formas durante esta etapa da minha vida.

Aos meus amigos e companheiros de casa Alessandro, Heder, Glaycon, Adriano, Carlos Eduardo e Regis, pela companhia e apoio incondicional igual ao de uma família durante minha estadia no Brasil.

As minhas amigas Gianna, Maria Teresa, Carla e Jennifer as quais desde o Panamá me deram seu apoio e ajuda incondicional durante esta jornada.

RESUMO

SAMANIEGO G., Carlos Antonio – **Princípios e ferramentas do *Lean Thinking* na estabilização básica: diretrizes para implantação no processo de fabricação de telhas de concreto pré-fabricadas** - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2007, Defesa de Mestrado.

A implantação de novas técnicas de gestão no setor da construção civil, com base em princípios e ferramentas procedentes da indústria da manufatura, vem recebendo atenção crescente. A presente dissertação tem como objetivo mostrar a extrapolação de métodos aplicados na manufatura o que é apresentado utilizando diretrizes baseadas no *lean thinking* para atingir a estabilidade básica no processo de fabricação de telhas pré-fabricadas, após uma primeira etapa de diagnóstico e estabilização da produção. O estudo foi realizado numa empresa do estado de São Paulo dedicada à montagem e fabricação de elementos pré-fabricados de concreto. Dada a necessidade de mudanças e ações por parte do pesquisador e das pessoas implicadas no processo a ser implementado, adotou-se a pesquisa-ação como estratégia de pesquisa. No início do estudo, foram analisados os tempos de execução do processo de produção de telhas pré-fabricadas de concreto. Após um diagnóstico inicial do tempo de produção, foram utilizados princípios e ferramentas *lean* para estabilizar o processo de produção destas peças. Os resultados obtidos permitem concluir que as implantações *lean* auxiliaram na estabilização dos sub-processos envolvidos na fabricação de telhas pré-fabricadas, assim como estabeleceram uma base para futuras adaptações para outros tipos de peças e sub-processos, além de conferirem maior confiabilidade a os processos de produção das peças.

Palavras-chave: *Lean Thinking*, pré-fabricados, estabilidade básica, *Andon* de *status* de produção.

ABSTRACT

SAMANIEGO G., Carlos Antonio – **Princípios e ferramentas do *Lean Thinking* na estabilização básica: diretrizes para implantação no processo de fabricação de telhas de concreto pré-fabricadas** - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2007, Defesa de Mestrado.

The implementation of new management techniques in the civil construction area based on principles and tools originated in the manufacture industry has been growing lately. This thesis has as objective to show the extrapolation of methods applied in the manufacture. This is presented by using guidelines based on lean thinking in order to achieve basic stability in the precast roof-tiles fabrication process, after production stabilization and a diagnosis first stage. The research was conducted in company on the State of São Paulo that is dedicated to the erection and fabrication of precast concrete components. Due the needs to change and take actions by the researcher and all the persons involved in the implementation process, action research was adopted as the research method. In the beginning of the research, the execution timing of the precast concrete roof tiles production process was analyzed. After an initial diagnosis of the production time, lean principles and tools were used to stabilize the production process of these components. The results achieved allow concluding that the lean implementations in the stabilization of the sub-process involved in the precast roof tiles fabrication process were successful, as well as establishing a base for future adaptation of other types of components and sub-process; besides establishing more reliability to the production process of these components.

Key words: *Lean Thinking*, precast, basic stability, production *status Andon*.

SUMÁRIO

<u>RESUMO</u>	<u>VII</u>
<u>ABSTRACT</u>	<u>VIII</u>
SUMÁRIO	IX
LISTA DE FIGURAS.....	XII
<u>1. INTRODUÇÃO.....</u>	<u>1</u>
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.1.1 OBJETIVO GERAL	3
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.2 RESUMO DO MÉTODO DE PESQUISA	4
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	5
<u>2. MENTALIDADE ENXUTA - LEAN THINKING</u>	<u>7</u>
2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO, SUA HISTÓRIA E EVOLUÇÃO	7
2.1.1 PRODUÇÃO ARTESANAL	7
2.1.2 TAYLORISMO.....	8
2.1.3 PRODUÇÃO EM MASSA (FORDISMO)	9
2.1.4 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP)	10
2.1.5 GENERALIZAÇÃO DO STP	11
2.2 OS CINCO PRINCÍPIOS DO LEAN THINKING	13
2.3 A CASA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP)	16
2.3.1 AS FUNDAÇÕES.....	17
2.3.2 OS PILARES DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	19
2.3.3 OS OBJETIVOS DO STP.....	22
2.4 CONCEITOS UTILIZADOS NA PESQUISA	22
2.4.1 DESPERDÍCIOS (OS 7 DESPERDÍCIOS DE OHNO).....	22
2.4.2 PROCESSOS E OPERAÇÕES (SHINGO).....	24

2.4.3	TEMPO <i>TAKT</i> (<i>TAKT TIME</i>), TEMPO DE CICLO E <i>LEAD TIME</i>	28
2.4.4	ESTOQUES	29
2.4.5	O 5S.....	30
2.4.6	ANDON	31
2.4.7	CINCO PORQUÊS	33
2.4.8	TRABALHO PADRONIZADO	33
2.5	FERRAMENTAS UTILIZADAS NA PESQUISA.....	35
2.5.1	MAPA DE FLUXO DE VALOR (MFV)	35
2.5.2	GRÁFICO DE BALANCEAMENTO DO OPERADOR (GBO).....	37
2.6	ESTABILIDADE BÁSICA	37
2.6.1	O <i>LAST PLANNER</i> E A ESTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	41
3.	<u>MÉTODO DE PESQUISA.....</u>	45
3.1	ESTRATÉGIA DE PESQUISA	45
3.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA	48
3.3	EMPRESA ESTUDADA	51
3.4	SELEÇÃO DA FAMÍLIA DE PEÇAS.....	53
3.5	COLETA DE DADOS E FERRAMENTAS USADAS	55
3.5.1	ANÁLISE DE DADOS	59
4.	<u>RESULTADOS DO ESTUDO EMPÍRICO</u>	61
4.1	ETAPA 1 – PREPARAÇÃO	61
4.1.1	CLASSIFICAÇÃO DOS SUB-PROCESSOS E LEVANTAMENTO DE DADOS INICIAIS 62	
4.1.2	DIAGNÓSTICO INICIAL DOS SUBPROCESSOS	70
4.2	ETAPA 2 – IMPLANTAÇÃO	70
4.2.1	PROPOSTA DE ESTABILIZAÇÃO UTILIZANDO UM QUADRO DE STATUS DA PRODUÇÃO 71	
4.3	ETAPA 3 - VERIFICAÇÃO.....	80
4.4	ETAPA 4 – AVALIAÇÃO FINAL.....	81
4.5	ANÁLISE FINAL DOS RESULTADOS.....	84
4.5.1	MAPA DE FLUXO DE VALOR (MFV)	84

4.5.2	TABELA DE TRABALHO PADRONIZADO COMBINADO ADAPTADA (TTPCA) ..84	84
4.5.3	QUADRO DE <i>STATUS</i> DA PRODUÇÃO.....85	85
4.5.4	AUMENTO DA PRODUTIVIDADE.....87	87
4.6	DIRETRIZES PARA A ESTABILIZAÇÃO DE PROCESSOS DE PRODUÇÃO	89
4.6.1	FLUXO DE VALOR.....89	89
4.6.2	CLASSIFICAÇÃO DAS ETAPAS	89
4.6.3	SEQÜÊNCIA E DURAÇÃO DOS SUBPROCESSOS	90
4.6.4	CONTROLADOR.....90	90
4.6.5	INDICADOR	91
5.	<u>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</u>	93
5.1	CONCLUSÕES FINAIS.....	93
5.2	RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS.....	95
	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	97
	ANEXO A: LEGENDAS DO MAPA DE FLUXO DE VALOR (MFV) (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003)	102
	ANEXO B: DADOS DE QUADRO DE STATUS DA PRODUÇÃO COM DETALHES DE PROBLEMAS	108
	ANEXO C: TABELA DE TRABALHO PADRONIZADO COMBINADO	111
	ANEXO D: REGISTRO FOTOGRAFICO DAS ETAPAS	114

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Geração de valor segundo a necessidade do cliente.....	13
Figura 2. Casa do Sistema Toyota de Produção (adaptado de Lean Enterprise Institute, 2003). 18	18
Figura 3. Produção tradicional x Produção Just-In-Time (SLACK et al., 1996)	20
Figura 4. A estrutura da produção (SHINGO, 1996a).....	25
Figura 5. 5 “S” (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003).....	31
Figura 6. Seqüência típica de implementação (GAMBIRASIO JUNIOR, 2006)	38
Figura 7. Diagrama causa e efeito dos 4 Ms (adaptado de CHENG e PODOLSKY, 1993). 40	40
Figura 8. LAST PLANNER (BALLARD, 2000).....	42
Figura 9. Classificação dos principais tipos de pesquisa (COLLIS; HUSSEY, 2005, p,23) 46	46
Figura 10. Delineamento da pesquisa.	49
Figura 11. Esquema geral da coleta de dados.	56
Figura 12. Planilha para coleta de dados sobre o processo.....	57
Figura 13. Planilhas usadas para elaboração GBO e da TTPC.....	58
Figura 14. Planilha para levantamento do Gráfico de Balanceamento de Operações Combinada 58	58
Figura 15. ESTRUTURA DO QUADRO DE STATUS DA PRODUÇÃO (PROPOSTA INICIAL)	59
Figura 16. Planilha utilizada como base para a tomada dos tempos das etapas e sub-processos (adaptação de Rother e Harris, 2002).....	64
Figura 17. Mapa de fluxo de valor do estado atual das telhas.	66
Figura 18. Mapa de fluxo de valor do estado futuro das telhas.	67
Figura 19. Tabela de Trabalho Padronizado Combinado adaptado (TTPCa).....	69
Figura 20. Proposta inicial de Quadro de status da produção para a pista 1.	72
Figura 21. Proposta inicial de Quadro de status da produção para a pista 2.	73
Figura 22. Quadro modificado após primeira rodada na pista 1 (Versão 2).....	74

Figura 23.	Quadro modificado após primeira rodada na pista 2 (Versão 2).....	75
Figura 24.	Quadro de status da produção modificado da pista 1 após construção Pista 3 (Versão 3).	76
Figura 25.	Quadro de status da produção modificado da pista 2 após construção Pista 3 (Versão 3).	77
Figura 26.	Quadro de status da produção modificado da pista 3 após construção Pista 3 (Versão 3).	77
Figura 27.	Quadro de status da produção modificado da pista 1 agrupando sub-processos (Versão 4/5).....	78
Figura 28.	Quadro de status da produção da pista 2 modificado, agrupando sub-processos (Versão 4/5).....	79
Figura 29.	Quadro de status da produção da pista 3 modificado, agrupando sub-processos (Versão 4/5).....	79
Figura 30.	Percentual de Horários Cumpridos Conforme Planejado (PHCCP).	81
Figura 31.	Tabela de Trabalho Padronizado Combinado TTPC (adaptado de Rother e Harris, 2002).	83
Figura 32.	Quadro de status da produção final (Pista 1).....	86
Figura 33.	Quadro de status da produção final (Pista 2).....	86
Figura 34.	Quadro de status da produção final (Pista 3).....	86
Figura 35.	Gráfico do aumento da produtividade.	88

1. INTRODUÇÃO

Com a crescente competitividade no setor da construção civil, os encarregados da produção (gerentes, planejadores, gerenciadores, etc.) têm sido levados à adoção de novas estratégias de produção envolvendo tecnologias inovadoras. Com isso, buscam melhorias no processo de gestão dos processos construtivos, com destaque para a diminuição do emprego de recursos, o aumento da produtividade e maiores ganhos financeiros. Assim, novos métodos têm sido utilizados pelos gestores. Porém, há a necessidade de atenção, pois o setor da construção civil não está suficientemente amadurecido para tal, devido à falta de padronização e a deficiência organizacional de muitas empresas construtoras (OLIVEIRA; MELHADO; SABBATINI, 2001). Mesmo assim, as empresas continuam a buscar eficiência e melhorias na produtividade por meio de soluções que envolvem a importação ou a concepção de métodos construtivos inéditos (OLIVEIRA; MELHADO; SABBATINI, 2001), o que abre portas para a adoção de técnicas de gestão inovadoras e bem-sucedidas em outros tipos de indústrias, entre elas, a manufatura, trazendo como exemplo a filosofia do *Lean Thinking*¹.

Os conceitos *Lean* foram originados na indústria da manufatura. De acordo com Oliveira (2002, p.2) a industrialização na construção, é um método que,

“(...) voltado para a construção civil pressupõe organização, planejamento, continuidade executiva, repetitividade e eficiência no processo de produção, tudo dentro de uma visão global das várias interfaces que compõem a execução de um edifício, e sua principal ferramenta é a **racionalização construtiva**”.

Oliveira (2002) destaca ainda que a industrialização corresponde a uma noção muito mais ampla do que a pré-fabricação, ou seja, a pré-fabricação é uma das manifestações da

¹ Nesta pesquisa optou-se por manter o termo Mentalidade Enxuta em inglês: *Lean Thinking*. Também o autor utilizou o termo *LEAN* como abreviatura de *Lean Thinking*.

industrialização, mas, por si só, não traduz toda a complexidade que envolve o processo da construção industrializada.

Sendo os princípios *Lean* originados na manufatura, o potencial de sua utilização tende a aumentar com o grau de industrialização (BALLARD; ARBULU, 2004). Tendo a industrialização como base principal, o *Lean* propõe um conjunto de princípios e ferramentas cujo objetivo principal é desenvolver e melhorar o desempenho dos processos (PICCHI, 2000).

A construção é um setor muito complexo e diversificado, apresentando uma ampla variedade de agentes envolvidos que atuam, ao mesmo tempo, em diversas etapas do empreendimento. Isto gera muitos fluxos nos processos e um elevado grau de interação entre os agentes no decorrer do empreendimento. Desse modo, se esses fluxos fossem identificados, podia-se traçar um paralelo com a indústria da manufatura e dar uma visão da aplicação de princípios e ferramentas do *Lean Thinking* na construção civil. (PICCHI, 2003).

Na construção civil, a implantação de novas técnicas de gestão tem sido importante no desenvolvimento deste setor, e a utilização da indústria da manufatura como ponto de referência para este objetivo tem sido incremental através dos anos (KOSKELA, 1992).

O êxito da evolução da indústria da manufatura, iniciando com a Produção em Massa até o *Lean Thinking*, têm sua origem na habilidade da indústria em estabilizar e padronizar não só os elementos ou componentes, mas também os processos de produção e gestão dentro da linha de produção (WOMACK *et al.*, 2004). Uma das características do *Lean Thinking* é a capacidade de produzir uma extensa variedade de produtos em grandes quantidades e em menor tempo, ou seja, uma flexibilidade na produção que não interfira com a produtividade desejada (WOMACK *et al.*, 2004).

O setor da construção apresenta uma ampla variedade de produtos. Tanto é assim que cada empreendimento é único e precisa de muita flexibilidade na produção, assim como da maior produtividade possível. Segundo Picchi (2003) tudo isto pode ser possível, mantendo

uma estabilidade e padrões básicos tanto no sistema construtivo como nos produtos, o que nos dá uma visão em linhas gerais quase em paralelo com o setor da manufatura, o qual apresenta muitas características similares à construção civil.

Com base nestes fatos, e considerando a necessidade de estabilizar e padronizar os processos de produção dentro da construção civil, já que, segundo Liker (2004), a estabilização e padronização são partes da fundação de um sistema enxuto, percebe-se a importância de pesquisas nestas áreas, fundamentais para a aplicação do *Lean Thinking* na construção civil.

Dentro do contexto bibliográfico detectou-se uma lacuna do conhecimento científico no que se refere à estabilização básica, sendo que a maior parte da literatura tem como premissa que os sistemas de produção já possuem uma estabilidade mínima assim como um padrão de trabalho básico.

Assim, o presente trabalho justifica-se como uma primeira etapa da implantação do *Lean Thinking* nos processos produtivos na construção civil, mostrando de maneira prática algumas informações para responder a seguinte questão de pesquisa: **como obter estabilização básica em fábricas de pré-fabricados de concreto utilizando, para isto, os princípios e ferramentas do *Lean Thinking*?**

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O principal objetivo desta dissertação é propor diretrizes para a estabilização dos processos de produção de pré-fabricados de concreto, com base em princípios e ferramentas do *lean thinking*, criando uma base para a implantação de um sistema de produção com o menor desperdício possível.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Verificar a eficácia de um sistema de melhoria contínua por meio do Quadro de controle da produção do processo efetivado, identificando problemas, suas causas, possíveis soluções e proposições de melhorias.
- Propor um indicador para evidenciar as melhorias obtidas após a implantação da estabilização do processo de produção.

1.2 RESUMO DO MÉTODO DE PESQUISA

A presente pesquisa iniciou-se em função da oportunidade dada por uma empresa que necessitava solucionar problemas existentes. A pesquisa-ação foi adotada como estratégia de pesquisa pela interferência do pesquisador no processo de implantação dos princípios e ferramentas do *lean thinking*. . Nesse tipo de pesquisa, uma de suas características, é que o pesquisador é aquele que induz as mudanças dentro dos processos na empresa com participação dos funcionários (COLLIS e HUSSEY, 2005; HIROTA, 2001).

Após a revisão bibliográfica inicial e a definição inicial do delineamento geral da pesquisa, o estudo foi dividido em quatro etapas:

Na primeira etapa desta pesquisa foram analisados e avaliados os diferentes processos envolvidos e procurou-se, também, detalhar a questão de pesquisa proposta inicialmente. Esta pesquisa foi desenvolvida em conjunto com uma empresa, que, por sua vez, permitiu a execução do estudo em sua fábrica, onde foram avaliados os processos de produção.

A segunda etapa foi a implantação das soluções propostas para o problema de pesquisa. Como resultado desta etapa foi obtido um grande incremento na estabilidade básica do processo de produção estudado.

Na terceira etapa da pesquisa, foi atingida uma padronização da seqüência e horários dos sub-processos.

E, por último, na quarta etapa foram analisados os resultados das implementações oriundas da estratégia de pesquisa-ação deste trabalho.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A presente dissertação está dividida em cinco capítulos. O primeiro consiste na introdução, na qual são apresentados a justificativa da pesquisa, os objetivos da dissertação, e o resumo do método de pesquisa.

No capítulo seguinte apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre o *Lean Thinking*. Desse modo, nesse capítulo foi traçado um percurso histórico desse conceito e suas ferramentas no contexto desta pesquisa.

No terceiro capítulo é apresentada uma descrição detalhada do método de pesquisa utilizado no trabalho.

No quarto capítulo é apresentada a análise e os resultados do estudo empírico realizado na fábrica de elementos de concreto pré-fabricados.

E, por fim, no quinto capítulo encontram-se as conclusões desta dissertação e as sugestões para o desenvolvimento de novos trabalhos sobre o tema estudado.

2. MENTALIDADE ENXUTA - LEAN THINKING

2.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO, SUA HISTÓRIA E EVOLUÇÃO

2.1.1 PRODUÇÃO ARTESANAL

O início da produção de automóveis deu-se de maneira artesanal, caracterizando um sistema de produção no qual a confiabilidade e durabilidade do produto, assim como sua qualidade, eram difíceis de atingir (CORRÊA, 2003).

Segundo Womack, Jones e Ross (2004), algumas causas desta falta de confiabilidade eram encontradas nas características básicas da produção artesanal que, mesmo apresentando algumas características positivas, outras causavam esta incerteza. Dentre as características básicas observadas na produção artesanal, Womack, Jones e Ross (2004), destacam as seguintes:

- A mão-de-obra era altamente qualificada em projeto, operação de máquinas, ajuste e acabamento, sendo que este aprendizado evoluía através da experiência;
- A maior parte das peças era produzida em pequenas oficinas espalhadas na cidade, na forma de uma rede de organizações descentralizada, nas quais muitas vezes o mesmo proprietário estava em contato direto com todos os envolvidos, desde os fornecedores até empregados, fazendo mudanças no projeto e em especificações;
- Utilizavam-se máquinas de uso geral para realizar todo tipo de operação em metal ou madeira, sendo este uma das causas da variabilidade no padrão de cada peça. Os níveis do volume de produção eram baixos e, mesmo com incrementos, a produtividade não aumentava substancialmente. A produção de dois carros idênticos era improvável, pois as técnicas artesanais de produção geravam variações entre cada peça.

2.1.2 TAYLORISMO

O uso de peças terceirizadas confirma o fato da produção de peças intercambiáveis compradas em outras fontes, ou seja, que existiu um primeiro nível de peças padronizadas no mercado já nesta etapa da evolução dos sistemas de produção, e ao mesmo tempo deu-se a criação da divisão do trabalho que, segundo Corrêa (2003), foram mudanças essenciais para a formação da gestão de operações do século XX.

Com estas mudanças nos sistemas de gestão surge o Taylorismo, liderado por Frederick W. Taylor, também conhecido como Administração Científica, que introduz essencialmente uma separação departamental dos processos, sendo a produção dividida em conceber e fazer (CORRÊA, 2003; SLACK *et al.*, 1996).

Na primeira fase do desenvolvimento da administração científica, Taylor preocupou-se principalmente com as técnicas de realização dos trabalhos (métodos) dos operários, analisando as tarefas individuais, decompondo os movimentos e processos de trabalho, aperfeiçoando-os e racionalizando-os (CHIAVENATO, 1983). Isto desencadeou uma padronização das atividades, em função dos conhecimentos gerados nos testes e nas experiências passadas (BOYER; FREYSSENET, 2002; CHIAVENATO, 1983).

Após esta primeira mudança, Taylor notou a necessidade de uma reestruturação geral da empresa para acompanhar as mudanças, criando então a administração por tarefa, que significa a padronização de todas as tarefas (como, quando e quanto deve durar cada tarefa) (SLACK *et al.*, 1996; CORRÊA, 2003).

Tendo como base as idéias da administração científica, Ford não só dividiu o trabalho no nível operacional, como também no nível gerencial, o que aconteceu de uma forma mais consistente que no taylorismo (CORRÊA, 2003). Ele também mudou o sistema organizacional, integrando quase completamente todas as funções na empresa, sendo que sua empresa passou a produzir a maior parte das peças dos automóveis (CORRÊA, 2003).

2.1.3 PRODUÇÃO EM MASSA (FORDISMO)

A partir do Taylorismo e da necessidade de aumento de escala nas empresas de manufatura, surge a produção em massa, iniciada por Henry Ford (BOYER e FREYSSNET, 2002). As práticas adotadas por Ford estabeleceram a base da produção em massa, iniciando com a padronização das peças num sistema de produção estável, simplificando as atividades, e, por último, a mais conhecida, a introdução da linha de montagem móvel (WOMACK *et al.*, 2004; BOYER;FREYSSNET, 2002).

O êxito do Sistema de Produção em Massa tem como peça chave o trabalho em grandes lotes, em todas as linhas, desde a matéria prima até o produto acabado, sendo que este sistema foi sendo aperfeiçoado continuamente até os anos 60-70 (BOYER e FREYSSNET, 2002). Ao, mesmo tempo que a utilização de grandes lotes colaborou para o aumento da produtividade, trouxe também várias desvantagens ao sistema produtivo. São elas (SHINGO, 1996a):

- Maior número de áreas de trabalho, o que cria a necessidade de um espaço maior de trabalho, aumentando os custos;
- Movimentação de materiais entre áreas, sendo que em cada área trabalhasse num processo específico. É preciso movimentar-se até a outra área para entregar o produto, assim como para receber a matéria prima;
- Repetição de tarefas simples causando tédio e fadiga aos trabalhadores, pelo fato de eles não terem que pensar na tarefa que executavam;
- Dificuldade para a identificação de falhas nos processos, ao dividir as tarefas e não conhecer o resto do processo, eles não podiam conhecer as necessidades do próximo processo, nem as do anterior, isto não permitia ter uma visão do processo como um todo.

Segundo Shingo (1996a), esta divisão do trabalho no nível operacional e gerencial e a utilização de grandes lotes também cria dificuldades no planejamento dos processos, assim como no controle dos mesmos.

2.1.4 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP)

Após a Segunda Guerra Mundial, a indústria Japonesa decide ingressar no mercado da manufatura de automóveis e, para isto, toma como exemplo o Sistema de Produção em Massa. Os engenheiros japoneses, em viagens ao ocidente para estudarem seu sistema produtivo, deparam-se com dificuldades relacionadas ao diferentes objetivos que a indústria japonesa tinha em relação às indústrias ocidentais (WOMACK *et al.*, 2004). A seguir são citados alguns problemas relacionados à transferência das práticas ocidentais para as indústrias japonesas, identificados pelos engenheiros japoneses (WOMACK *et al.*, 2004):

- A necessidade de produzir uma alta variedade de produtos devido ao limitado mercado doméstico;
- A mão-de-obra especializada de baixo custo era quase inexistente. Adicionalmente, havia uma série de normas trabalhistas, com direitos, compensações e participação dos empregados nos lucros das empresas;
- A economia do Japão estava devastada após a Segunda Guerra Mundial, e a importação de tecnologias ocidentais era quase impossível;
- Existiam produtores de veículos no mundo inteiro que desejavam entrar no mercado japonês, e que estavam dispostos a defender os mercados já conquistados.

Procurando inserir-se no mercado, a Toyota tentou resolver os problemas antes mencionados, criando seu próprio sistema de produção (WOMACK *et al.*, 2004). Para isto, utilizou soluções como (WOMACK *et al.*, 2004):

- A produção em fluxo: ou seja, a produção de uma peça de cada vez, com cada item sendo passado de um processo para o processo seguinte sem interrupção entre eles;
- Tecnologias altamente flexíveis: utilizar máquinas e processos produtivos que permitam produzir maior variedade de produtos com reduzido tempo de *setup*²;
- Processos à prova de erros: ao identificarem-se problemas recorrentes nos processos, melhorias são adotadas ou desenhadas com a idéia de que o mesmo erro não se repita;
- Organização por família de produtos para garantir variedade na produção, ou seja, produzir os diferentes produtos (família de produtos) em um ritmo específico e variado para atender a demanda de cada família;

A evolução de todas estas soluções como parte de um do novo paradigma produtivo, que teve como ideal de produção a busca pela eliminação de qualquer tipo de desperdício em todas as etapas do processo resultou no surgimento do Sistema Toyota de Produção (STP) (LIKER, 2004; WOMACK *et al.*, 2004).

2.1.5 Generalização do STP

Após anos de aperfeiçoamento do STP e o ganho de grandes fatias no mercado mundial de automóveis, o MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) realizou uma pesquisa para identificar as novas e melhores técnicas de produção, em contraste com as técnicas ocidentais de produção em massa. Uma vez finalizado o estudo concluiu-se que as melhores técnicas de produção eram lideradas pela Toyota (WOMACK *et al.*, 2004).

² Preparação necessária de uma máquina ou equipe, para executar um trabalho ou atividade.

Numa tentativa de generalizar o sistema de produção da Toyota e possibilitar sua aplicação em outros contextos, Womack, Jones e Ross (1992), introduziram o termo *Lean Production* (Produção Enxuta), como denominação para um sistema de produção no qual se produz cada vez mais com cada vez menos e oferece ao cliente o que este deseja e quando deseja.

Em outro trabalho publicado posteriormente, Womack e Jones (1998) propõem o uso não só de ferramentas e técnicas específicas aplicadas no sistema de produção, mas uma nova mentalidade na gestão das organizações. Os mesmos autores denominam essa abordagem de *Lean Thinking* (Mentalidade Enxuta).

Além das denominações de *Lean Production* e *Lean Thinking*, propostas por Womack, Jones e Ross (1992) e Womack e Jones (1998), respectivamente, existem várias outras tentativas de generalização do STP, como, por exemplo: Nova filosofia da Produção (KOSKELA, 1992), O Modelo Toyota (LIKER, 2005), o DNA do STP (SPEAR; BOWEN, 1999), Manufatura de Classe Mundial (SHONBERGER, 1996), dentre outros. Mas todas estas generalizações adotam princípios semelhantes, originários do STP, com óticas um pouco diferentes.

Um dos objetivos do STP é a eliminação de desperdícios, vinculado ao objetivo da redução de custo, aspecto este fundamental à sobrevivência das organizações. Outro dos objetivos principais do STP é maximizar o trabalho que agrega valor, ou seja, aquele que transforma o material ou faz uma montagem e reduz progressivamente o trabalho que não agrega valor, (SHINGO, 1996b). Neste contexto os desperdícios são definidos como tudo aquilo que não agrega valor ao produto final (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003).

Os desperdícios não só não agregam valor aos produtos como também não são necessários ao trabalho efetivo, sendo que, às vezes, até diminuem o valor destes produtos (WOMACK *et al.*, 2004). Nesta categoria, situam-se a produção de itens defeituosos, a movimentação desnecessária, a inspeção de qualidade, a capacidade ociosa, dentre outras, criando assim, um sistema de produção instável (OHNO, 1997).

2.2 OS CINCO PRINCÍPIOS DO LEAN THINKING

Para o êxito do pensamento enxuto numa empresa, são indispensáveis mudanças comportamentais categóricas de todos os envolvidos na cadeia de valor, assim como de sua capacidade de ser consciente da necessidade de mudanças e de transparência nos processos (WOMACK; JONES, 1998). Womack e Jones (1998) apresentam cinco princípios que representam uma seqüência de implementação para atingir os objetivos do *Lean Thinking*.

Os cinco princípios apresentados por Womack e Jones (1998) são:

- a) Especificação de *valor* para o cliente

No *Lean Thinking*, parte-se da premissa de que valor é aquilo que o cliente considera como valor para um produto final específico, ou seja, o que representa um benefício para ele, a um preço e tempo específicos (WOMACK; JONES, 1998; SHINGO, 1996a). O erro na interpretação deste princípio é que muitos produtores tentam definir o que é valor para o cliente sem considerar o que realmente ele quer do produto, ou seja, deve-se especificar o que é valor a partir da perspectiva do cliente (Figura 1), criando valor para ele e tentando cumprir ao máximo com as expectativas do cliente final (PICCHI, 2000; HOWELL, 1999).

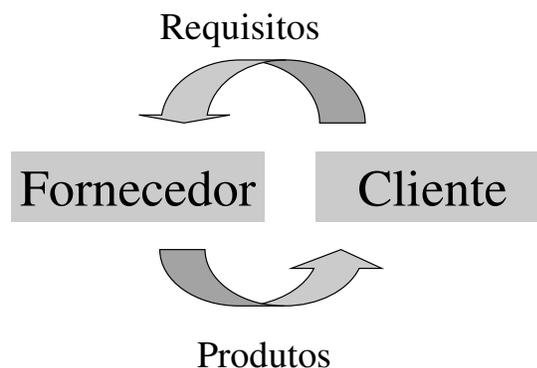


Figura 1. *Geração de valor segundo a necessidade do cliente.*

b) Identificar o fluxo de valor de cada família de produto

O fluxo de valor refere-se a todas as etapas e processos necessários para transformar a matéria prima em um produto acabado nas mãos do cliente, identificando qualquer tipo de desperdício no caminho, assim como aquilo que crie ou represente valor para o cliente, ou seja, o fluxo das etapas e processos que representam valor para o cliente (WOMACK; JONES, 1998).

Ao analisar o fluxo de valor de um produto, descobre-se uma grande quantidade de desperdícios e atividades que não agregam valor ao produto final (WOMACK; JONES, 1998). Geralmente, a análise do fluxo de valor identifica três tipos básicos de ações durante o fluxo de valor: ações que agregam valor; ações que não agregam valor, mas são necessárias para a produção e ações que não agregam valor e não são necessárias, ou seja, desperdícios elimináveis (KOSKELA, 1997).

Para entender este fluxo, o *Lean Thinking* utiliza uma ferramenta chamada Mapa de Fluxo de Valor, que é uma representação visual de todas as etapas envolvidas no processo (WOMACK; JONES, 1998). Uma explicação mais detalhada desta ferramenta é apresentada mais adiante neste capítulo.

c) Criar fluxo contínuo

Entende-se como fluxo contínuo a produção de uma peça de cada vez, com cada item sendo passado de um processo para o processo seguinte sem interrupção entre eles (WOMACK; JONES, 1998).

Após a definição do valor e o mapeamento dos processos, da identificação e eliminação das atividades que não agregam valor, isto é, dos desperdícios, é possível passar à etapa subsequente e criar fluxo nos processos. Geralmente, no que se refere às funções e departamentos, as empresas costumam agrupá-las com o intuito de aumentar sua eficiência e

ter um melhor controle. Entretanto, essa atitude não gera fluxo contínuo (WOMACK; JONES,1998).

Outra atitude negativa nos sistemas tradicionais é a produção em grandes lotes por meio de diferentes seqüências e operações. Isso cria esperas de tempo (gargalos), nas quais o produto fica esperando pela operação seguinte ou seqüência ou trocas necessárias em função da próxima etapa do processo (WOMACK; JONES, 1998).

O pensamento tradicional dos encarregados da produção é que se todos os funcionários estão ocupados, a produção é eficiente. Esta constatação pode não ser verdadeira, já que o foco pode não estar sendo direcionado ao produto e suas necessidades, mas à empresa ou aos equipamentos, não permitindo que as atividades necessárias para a criação do produto ocorram em fluxo contínuo (WOMACK; JONES, 1998).

A proposta do *Lean Thinking* para estes problemas é a redefinição dos trabalhos de cada função, departamento e até mesmo a empresa, de tal maneira que eles possam ter uma contribuição positiva na criação de valor e atingir as verdadeiras necessidades do cliente em todas as etapas do processo, fazendo, desse modo, o valor fluir (SHINGO, 1996b).

d) Produção puxada pelo cliente

Ao se atingir o fluxo contínuo do processo, ao reduzir os lotes e criar equipes de trabalho balanceadas, se obtém as reduções dos *lead times* e do tempo de resposta às necessidades do cliente (WOMACK; JONES, 1998). Este resultado pode ser traduzido no aumento da confiabilidade do processo e do cliente, fazendo com que a demanda do cliente seja mais estável, ao saber que se pode obter o produto mais rapidamente. Cria-se assim um processo puxado pelo cliente e não empurrado pelo produtor (WOMACK; JONES, 1998). Segundo o *Lean Enterprise Institute* (p.64, 2003), a produção puxada é aquela “em que as atividades fluxo abaixo avisam as atividades fluxo acima sobre suas necessidades”.

e) Buscar a perfeição

Uma vez que tenha sido possível especificar o que representa “valor” para o cliente, identificar qual é o fluxo de valor, fazer com que as ações que agregam valor fluam continuamente e permitam ao cliente puxar a produção, então será possível que as pessoas percebam que não é o fim do processo de eliminação de desperdícios, pois sempre será possível produzir um produto mais em acedência com as necessidades do cliente (WOMACK; JONES, 1998).

Neste ponto, o quinto princípio, que é a “perfeição”, pode ser enxergado como alcançável (o estado ideal). Vê-se então que a interação com os outros princípios é fundamental porque ao fazer o valor fluir mais rapidamente, os desperdícios aparecem e, com o intuito de atingir a melhoria, continua-se eliminando os mesmos (LIKER, 2004).

2.3 A CASA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO (STP)

Liker (2004) apresenta o STP não apenas como um conjunto de técnicas, mas como um sistema baseado numa estrutura. Com o intuito de disseminar as melhores práticas desenvolvidas na Toyota para outras plantas e também para seus fornecedores, Fujio Cho, ex-diretor da Toyota, desenhou uma representação simples do STP, denominada a “Casa do STP” (LIKER, 2004). Existem várias representações da casa do STP, que apresentam pequenas variações, mas todas mantêm basicamente os mesmos elementos. Um exemplo da “casa do STP” é a apresentada pelo *Lean Enterprise Institute* (2003) (Figura 2), sendo que esta representação será utilizada como base neste item.

O motivo da representação do STP ser através de uma “casa” é para explicitar seu caráter estrutural: “(...) uma casa é um sistema estrutural. A casa só é forte se o telhado, as colunas e as fundações são fortes”(LIKER, 2004, p.51).

Basicamente, a casa encontra-se dividida em três partes:

- O telhado, que representa os objetivos do STP;
- As colunas externas (pilares), que têm como função sustentar os objetivos;
- As fundações, que são a base de todo o sistema.

2.3.1 As fundações

As fundações são a parte do sistema que sustenta o restante da casa, sendo por isso considerada como elemento principal. A **estabilidade** é necessária antes de começar qualquer mudança dentro de uma empresa que tenha como objetivo a implementação de um sistema de produção seguindo os princípios do *lean thinking* (JORGE JUNIOR, 2003). Esta estabilidade básica está relacionada à previsibilidade e à disponibilidade de recursos, tais como mão-de-obra, máquinas, materiais e métodos, chamados por alguns autores de 4 M's³ (SMALLEY, 2005; *LEAN SUMMIT*, 2006).

A relação da Toyota com seus fornecedores estrangeiros, que envolve a capacitação dos mesmos, tem sido utilizada por muitas empresas como ponto de partida de implantação do STP. Inicialmente são trabalhados os elementos que fornecem uma **estabilidade básica**⁴ dos processos, para, em etapas subseqüentes, padronizar os processos e aplicar outros princípios e ferramentas de implantação (SHINGO, 1996b; LIKER, 2004).

Ao estabelecer de maneira bastante detalhada os procedimentos para o trabalho de cada um dos operadores em um processo de produção, obtém-se o **trabalho padronizado**⁵. **O trabalho padronizado está** baseado nos seguintes três elementos (LEAN ENTERPRISE

³ Esses elementos serão discutidos com mais detalhe no item 2.6 desta dissertação.

⁴ Este conceito será discutido ao longo deste capítulo.

⁵ Este conceito será discutido ao longo deste capítulo.

INSTITUTE, 2003): tempo *takt*⁶, detalhe da seqüência exata de trabalho das tarefas executadas no tempo *takt* e o estoque padrão, necessário para manter o processo funcionando sem muitas variações.

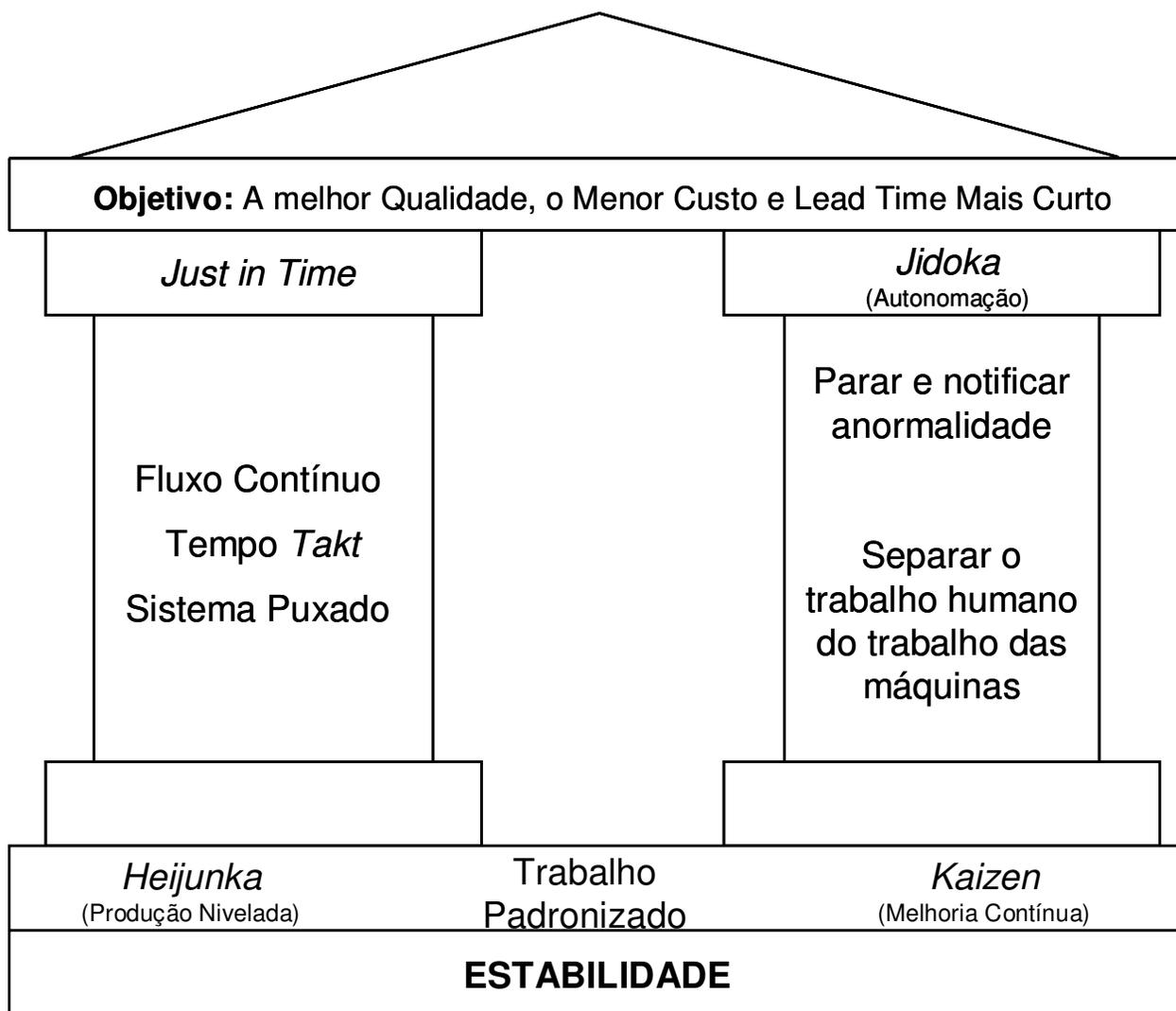


Figura 2. Casa do Sistema Toyota de Produção (adaptado de Lean Enterprise Institute, 2003).

⁶ O Tempo Takt segundo o Lean Enterprise Institute (p. 82, 2003) é “a taxa em que os produtos devem ser produzidos para atender a demanda do cliente”

Além da implantação do trabalho padronizado também faz parte da base a **melhoria contínua (Kaizen) e o heijunka** (LIKER, 2004). O *Kaizen* tem três objetivos, melhorar a segurança, melhorar a qualidade e, a mais importante, o processo de eliminar continuamente os desperdícios.

O **heijunka** é definido pelo *Lean Enterprise Institute* (2003, p,31) como o “(...) nivelamento do tipo e da quantidade de produção durante um período fixo de tempo”, o que traz os seguintes benefícios: melhor atendimento das necessidades do cliente, diminuição de estoque, redução de custos, mão-de-obra e *lead time* de produção

2.3.2 Os Pilares do Sistema Toyota de Produção

- **O pilar *Just-In-Time* (JIT)**

O sistema JIT surgiu com o objetivo de atingir a melhoria contínua num sistema de produção por meio de mecanismos que buscam a produção com estoque zero, ou sem estoque,. Ou seja, quando não se trabalha com estoque entre os processos de produção, estes processos precisam ser abastecidos com os recursos necessários, na quantidade necessária, no momento necessário, ou seja, *JUST-IN-TIME*. (CORREA; GIANESI, 1993; SHINGO, 1996). Segundo o *Lean Enterprise Institute* (2003) o JIT tem três elementos principais: o sistema puxado, o tempo *takt* e fluxo contínuo.

Na abordagem tradicional a produção ideal era aquela sem interrupções da produção e para isso era necessário um estoque amortecedor (*buffer*)⁷ (GHINATO, 1996; SLACK *et al.* 1996). Segundo os mesmo autores, esse estoque manteria a eficiência e protegeria a produção de possíveis distúrbios. A Figura 3 mostra uma comparação entre as abordagens tradicional e JIT de produção.

⁷ Neste caso o estoque amortecedor (*buffer*) se refere ao **estoque de segurança** o qual protege a produção de uma ineficiência ou problemas que aconteçam durante a produção (*Lean Enterprise Institute*, 2003)

Abordagem tradicional de produção



Abordagem de produção *Just-In-Time*

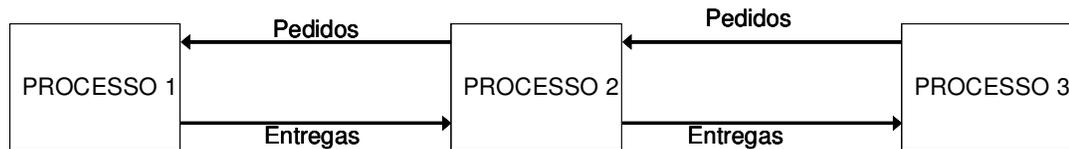


Figura 3. *Produção tradicional x Produção Just-In-Time (SLACK et al., 1996)*

Como mostra a Figura 3, na abordagem tradicional pode-se notar a utilização de *buffers* entre os processos, mantidos para evitar que os processos seguintes não fiquem desabastecidos em caso de alguma falha no processo. Na abordagem da produção JIT os *buffers* são completamente eliminados entre os processos e as entregas são feitas conforme os pedidos do processo seguinte (SLACK *et al.*, 1996).

Os estoques dentro da abordagem JIT são considerados nocivos, não só pelo fato de ocuparem espaço e representarem investimentos de capital, mas por esconderem as ineficiências do processo produtivo (CORRÊA; GIANESI, 1993).

Uma das principais características do JIT em relação aos sistemas tradicionais de produção é sua capacidade de *puxar* a produção ao longo do processo, ou seja, os materiais só são processados se a operação seguinte o requer. Por outro lado, nos sistemas tradicionais as operações são acionadas pela disponibilidade de material a processar, sendo empurrados os lotes à operação seguinte (CORRÊA; GIANESI, 1993).

Além disto, o *Just-In-Time* apresenta diversas vantagens e ferramentas para atingir o objetivo final: pouco desperdício e alto valor agregado (SLACK *et al.*, 1996). A implantação do JIT ajuda a reduzir a superprodução, o tempo de espera, o transporte, as durações dos processos, os estoques, a movimentação excessiva de recursos e os produtos defeituosos e também traz benefícios obtidos pela preparação do sistema de produção para sua implantação (SLACK *et al.*, 1996). O JIT cria uma dependência em todo o sistema e forma uma base no processo como um todo, motivo pelo qual é considerado um dos pilares do STP (SLACK *et al.*, 1996).

- **O pilar AUTONOMAÇÃO**

O pilar autonomia tem sua origem nos primeiros teares automáticos da companhia têxtil da Família Toyoda, sendo que estes equipamentos possuíam um mecanismo de parada acionado ao ocorrer alguma anormalidade ou problema na produção, ou, ao atingir a produção planejada, dispensando o operador durante o processo, o que dava certa autonomia ao equipamento (GHINATO, 1996; SHINGO, 1996a).

A autonomia do equipamento permitia ao operador trabalhar em várias máquinas ou equipamentos enquanto o processo estivesse sendo realizado, até ocorrer algum problema ou atingir a produção planejada, o que contribuía para aumentar a eficiência da linha de fabricação (OHNO, 1997).

No STP a autonomia é também aplicada nas linhas de operação manuais, sendo que nestes casos os operadores podem parar a produção ao detectar alguma anormalidade, estando esta autonomia ligada à autonomia e, simultaneamente, à automação, mas com toque humano (GHINATO, 1996; SHINGO, 1996a).

Segundo Ghinato (1996, p. 83), a autonomia tem como idéia central “(...) impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção”. A identificação de defeitos ou anormalidades na produção é de grande importância nos processos, assim como as ações corretivas imediatas e preventivas com o

intuito de evitar sua reincidência. Este raciocínio levou Ohno⁸ a estabelecer a autonomação como o outro pilar do STP (SHINGO, 1996a; GHINATO, 1996).

2.3.3 Os objetivos do STP

As fundações e os pilares na casa do STP são os elementos que sustentam seus objetivos principais, quais sejam:

- Melhor qualidade: produzir sempre um melhor produto segundo as especificações do cliente;
- Menor custo: melhorar a eficiência dos processos produtivos, diminuindo os custos por meio destas melhorias contínuas;
- *Lead time*⁹ mais reduzidos: atendendo mais rápido ao cliente e, assim, tendo a possibilidade de atender mais clientes.

2.4 CONCEITOS UTILIZADOS NA PESQUISA

2.4.1 DESPERDÍCIOS (OS 7 DESPERDÍCIOS DE OHNO)

Os desperdícios são todas as atividades que não agregam valor ao produto final, podendo ser de dois tipos: o primeiro, aquele que não agrega valor, mas é inevitável nas

⁸ Ohno, Taiichi (1912-1990): engenheiro executivo da Toyota e considerado um dos responsáveis pela criação do Sistema Toyota de Produção (TPS) (LIKER, 2004; LEAN INSTITUTE ENTERPRISE, 2003).

⁹ Neste caso o *Lead time* refere-se ao tempo total de produção de uma peça (LEAN INSTITUTE ENTERPRISE, 2003), o mesmo será definido com mais detalhe no próximo item.

condições atuais de produção e, o segundo tipo, aquele que não agrega valor, mas que pode ser eliminado do processo (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003; OHNO, 1997).

Tentando sustentar o processo sistemático de identificação e eliminação de desperdícios, Ohno (1997) propõe 7 grandes tipos de desperdícios:

- Desperdícios de superprodução: ou seja, produzir além das necessidades do próximo processo ou cliente, pode ser dividido em dois tipos: quantitativos e antecipados. A superprodução quantitativa é aquela produção acima do volume programado ou requerido, e superprodução antecipada é aquela feita antes do momento necessário. Este tipo de desperdício é considerado o pior dos sete, já que contribui para a ocorrência dos outros seis (GHINATO, 1996);
- Desperdício de tempo disponível (espera): é a perda de tempo relacionada ao intervalo de tempo em que nenhum processo ou operação é executado;
- Desperdício em transporte: movimentação desnecessária de produtos ou peças e é definida como uma atividade que não agrega valor e deve ser completamente eliminada do processo de produção. Sua eliminação é obtida principalmente através da modificação do *layout*;
- Desperdício do processamento em si: realização de etapas desnecessárias ou incorretas, ou seja, o trabalho do processamento que poderia ser eliminado do processo sem afetar o produto e, também, o próprio produto, que pode não ser mais relevante aos objetivos da empresa;
- Desperdício de estoque disponível: estoques maiores que o mínimo necessário para um sistema puxado controlado;
- Desperdício de movimento: refere-se à movimentação desnecessária dos operadores na execução de uma operação;

- Desperdício de produzir produtos defeituosos: representa a geração de produtos que apresentam características de qualidade fora da especificação ou padrão estabelecido e, por esta razão, não satisfazem os requisitos de aplicação (GHINATO, 1996), ou seja, retrabalho, inspeção e refugo.

2.4.2 PROCESSOS E OPERAÇÕES (SHINGO)

Processo e operação são fenômenos que têm sido claramente misturados quando as operações são executadas por um único indivíduo. No ocidente a relação entre estes dois fenômenos tem sido considerada como sobrepostas e pertencentes a um mesmo eixo de análise (SHINGO, 1996a). Sendo que a relação entre estes fenômenos tem sido definida no caso do processo, como as grandes unidades de análise da produção e as operações. As operações são consideradas como pequenas unidades de análise da produção, o que levou a pessoas acreditarem que a melhoria das operações ia trazer em sua decorrência a melhoria nos processos (SHINGO, 1996a).

A diferença entre estes dois fenômenos é representada na Figura 4, onde o fluxo da matéria-prima até o produto acabado é representado num eixo Y, e as operações localizam-se num eixo X, representando o fluxo no qual trabalhadores, em seqüência, executam os trabalhos.

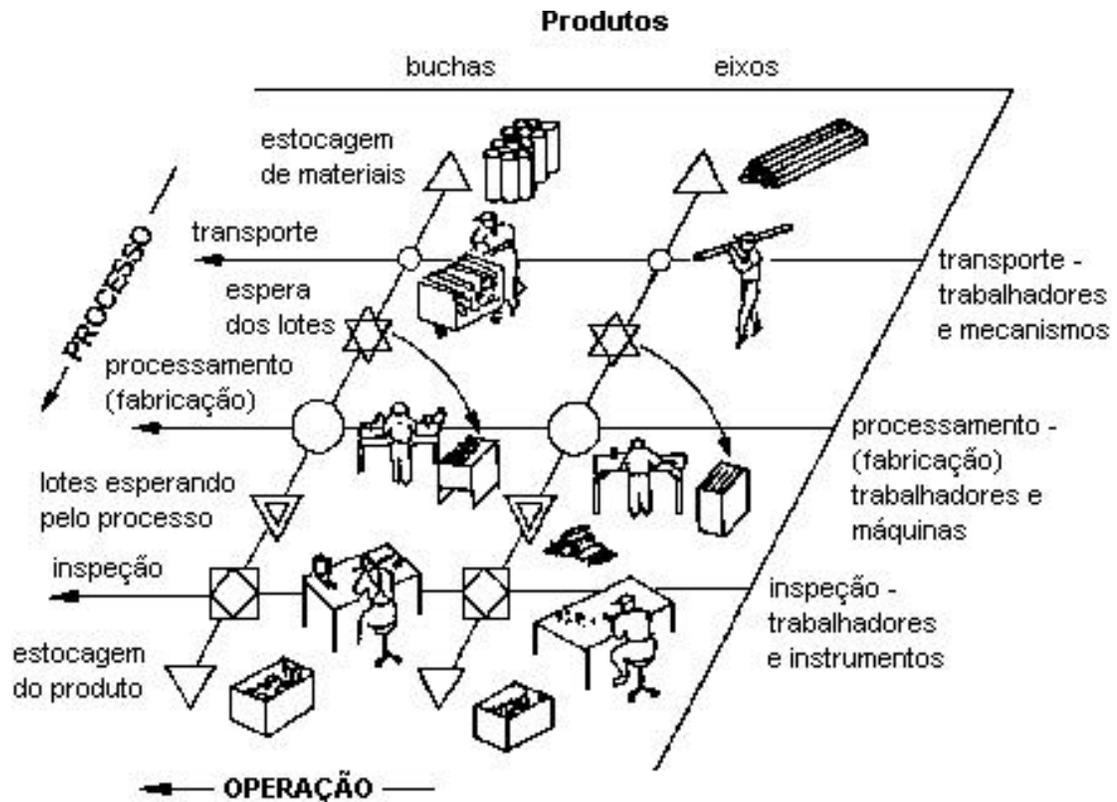


Figura 4. A estrutura da produção (SHINGO, 1996a).

- Processo

É o fluxo da matéria-prima de um trabalhador ao outro, ou seja, os estágios pelos quais a mesma passa até se tornar um produto acabado. Consiste basicamente em quatro fenômenos: processamento, inspeção, transporte e espera (SHINGO, 1996a, 1996b):

- Processamento: uma mudança física no material ou na sua qualidade (montagem ou desmontagem);
- Inspeção: comparação com um padrão estabelecido;
- Transporte: movimento de materiais ou produtos; mudanças nas suas posições;
- e

- Espera: período de tempo durante o qual não ocorre nenhum processamento, inspeção ou espera. Segundo Guinato (1996), o fenômeno da espera pode ser classificado em:

- i. Estocagem de matéria-prima;
- ii. Espera no processo: o lote inteiro aguarda o término da operação que está sendo executada no lote anterior, até que a máquina, dispositivos e/ou operador estejam disponíveis para o início da operação (inspeção e transporte);
- iii. Espera de lote: é a espera a que cada peça componente de um lote é submetida até que todas as peças do lote tenham sido processadas para então seguir para o próximo passo ou operação; e
- iv. Estocagem do produto.

- Operações

São aquelas ações sobre o material, ou seja, o estágio no qual um trabalhador pode trabalhar em diferentes produtos, sendo um fluxo humano temporal e espacial, centrado no trabalhador (SHINGO, 1996a, 1996b).

Segundo Shingo (1996a) e Antunes Jr. (1998) as operações podem ser classificadas em:

- Operações de *setup*: preparação antes e depois das operações, tais como remoção e ajustes de matrizes e ferramentas;

- Operações principais: execução do trabalho necessário. Pode ser dividida em duas subcategorias: operações essenciais e auxiliares.
 - i. As operações essenciais constituem-se na execução do processo de produção em si e correspondem aos pontos da rede em que as operações e os processos se encontram no tempo e espaço. Dividem-se em processamento (representa a fabricação e montagem dos produtos), inspeção (representa a observação no chão da fábrica da qualidade dos produtos), transporte (representa a mudança de posição dos produtos ao nível do chão de fábrica) e estocagem (refere-se à estocagem de produtos em prateleiras, *etc.*);
 - ii. As operações auxiliares constituem-se na execução de atividades que se encontram imediatamente antes e depois da realização das operações essenciais. Dão suporte para as operações essenciais e dividem-se em processamento (refere-se à alimentação das máquinas e da linha de montagem), inspeção (representa a manipulação de instrumentos, equipamentos e produtos para realização da inspeção), transporte (representa os carregamentos e descarregamentos dos equipamentos de transporte) e estocagem (refere-se à colocação e retiradas de produtos em prateleiras, *etc.*).

- Folgas marginais ou não ligadas ao pessoal: são os tempos nos quais os operários não estão realizando qualquer operação e suas causas não estão ligadas à ação direta das pessoas. Elas podem ser:
 - i. Na operação: refere-se aos trabalhos irregulares (não previstos) que ocorrem na produção e que estão diretamente ligadas à operação. Por exemplo: lubrificação, renovação de ferramentas, quebra de máquinas, dentre outras;

- ii. Entre operações: refere-se aos trabalhos irregulares que ocorrem entre as operações consecutivas e estão indiretamente ligadas a estas. Ocorrem devido a problemas de sincronização entre as diferentes operações, como por exemplo: espera para suprimento de materiais e substituição de produtos nos *palletes*.
- Folgas ligadas ao pessoal: não se relacionam à operação e são relativas às necessidades do operador. Podem ser:
 - i. Por fadiga – período de descanso entre operações devido a necessidades de recuperação das fadigas de origem física e mental;
 - ii. Por necessidades pessoais – relacionam-se com a satisfação das necessidades fisiológicas, como beber água, ir ao banheiro, dentre outras.

2.4.3 TEMPO TAKT (TAKT TIME), TEMPO DE CICLO E LEAD TIME

- Tempo *takt*

Na literatura alguns autores como Alvarez e Antunes (2001), dentre outros, definem o tempo *takt* de forma semelhante a Shingo e Liker, mas é possível achar algumas diferenças entre as interpretações das definições do Tempo *Takt* por outros autores como Ohno, e o *Lean Enterprise Institute*

Shingo (1996a, p139) define o tempo *takt* como: o “tempo necessário para produção de uma peça de produto”.

Dentro do contexto desta pesquisa adotou-se como Tempo *Takt* a definição dada pelo *Lean Enterprise Institute* (2003, p79), “o tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente”, ou seja, o tempo disponível para produzir uma peça, em função da demanda do cliente.

- **Tempo de ciclo**

É a frequência com que uma peça ou produto é completado por um processo, o mesmo é determinado pela quantidade de peças produzidas e o tempo de duração da operação (OHNO, 1997; LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003).

- **Lead time**

Segundo o *Lean Enterprise Institute* (p. 77, 2003) o *lead time* ou tempo total do ciclo do produto, não é mais do que o “*tempo requerido para um produto se movimentar por todas as etapas de um processo, do início ao fim*”.

2.4.4 ESTOQUES

Existem seis tipos de estoques, os quais podem ser agrupados em relação à posição e ao objetivo (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003):

1) Estoques definidos pela posição no fluxo de valor:

- Estoque de matéria-prima: itens que ainda não foram processados;
- Estoque em processo (*Work-in-Process*): itens entre etapas de processamento;
- Estoque de produto acabado: itens completados aguardando expedição.

2) Estoques definidos pelo objetivo:

- Estoque de segurança: produtos em qualquer ponto do fluxo, para evitar que os clientes do processo seguinte fiquem desabastecidos;
- Estoque pulmão (*buffer*): produtos mantidos normalmente na parte final do fluxo de valor, para proteger o cliente em caso de aumento da demanda que exceda a capacidade de produção;
- Estoque para expedição: produtos em filas na expedição, no extremo final do processo, que foram produzidos para atender ao próximo carregamento.

2.4.5 O 5S

Os 5S auxiliam as empresas no processo de eliminação de desperdício nos locais de trabalho. O programa 5S apresenta um processo contínuo de melhoria do ambiente de trabalho e consiste, basicamente, em cinco termos japoneses que começam com a letra S e que descrevem as atividades para eliminar os desperdícios que contribuem para os erros, defeitos e acidentes de trabalho por meio do gerenciamento visual (LIKER, 2004; LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003) (Figura 5):

- *Seiri*: **classificação** dos itens em necessários e desnecessários, e posterior descarte destes últimos;
- *Seiton*: **organizar** os itens necessários – “um lugar para tudo e tudo no lugar”;
- *Seiso*: **limpeza**, este processo funciona muitas vezes como um sistema de inspeção, que ajuda a expor anomalias e falhas que podem causar problemas no futuro;
- *Seiketsu*: criar regras ou **padrões** baseados no bom desempenho dos três primeiros S, para mantê-los e monitorá-los;

- *Shitsuke*: criar **disciplina** para manter em andamento os quatro primeiros S e manter um ambiente de trabalho estável e em constante melhoria.

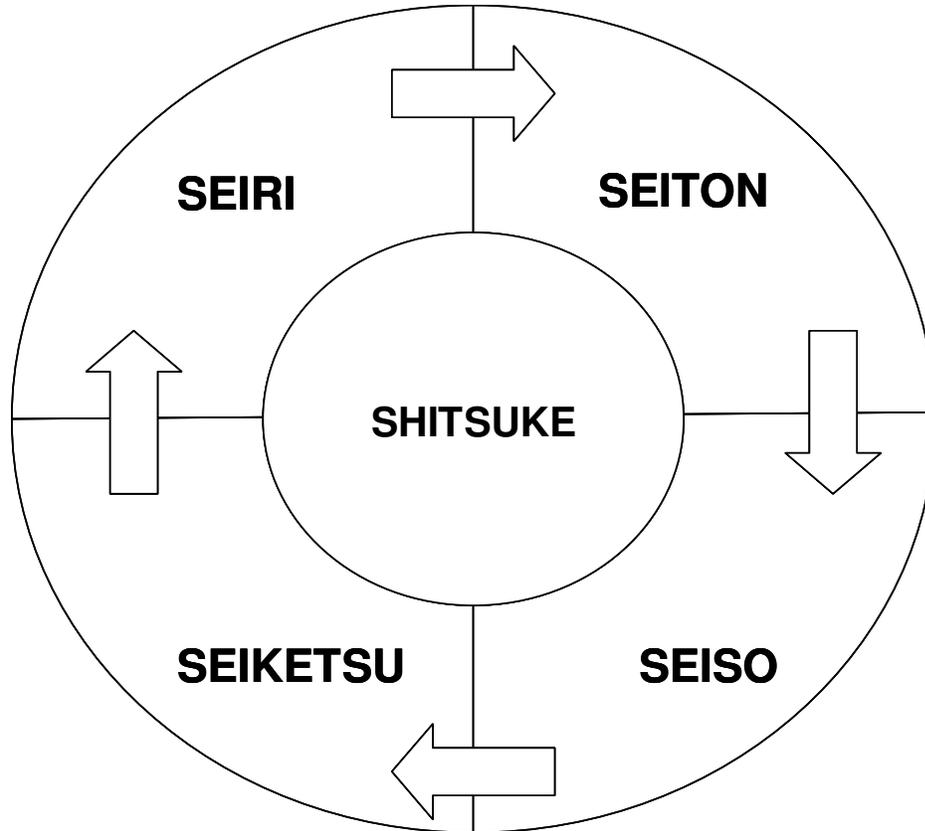


Figura 5. 5 “S” (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003)

Os termos funcionam como as etapas de implementação seqüencial do programa sendo que cada passo é a base e o apoio para a aplicação do próximo, tendo como centro um S que os mantêm funcionando em conjunto (Figura 5).

2.4.6 ANDON

A Mentalidade Enxuta enfatiza a detecção e correção dos problemas no momento em que ocorrem, de tal modo que os produtos defeituosos não sejam levados adiante na produção e não voltem a ocorrer (LIKER, 2004). Uma das ferramentas utilizadas com esta finalidade é o *Andon*, que faz o controle visual do “posto de trabalho”, permitindo enxergar anomalias na

produção, como, por exemplo, o *status* de produção, anormalidades na qualidade, necessidades de trocas, paradas de máquinas, etc. Existem dois tipos de *Andon* (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003):

- O de alerta, que indica algum tipo de problema, como falha na produção. Este alerta é feito por meio de uma luz, a qual é acionada no momento que acontece o problema, indicando o lugar do problema ou falha;
- O de *status* o qual mostra o estágio atual da produção, utilizado para descrever o *status* da produção, comparando, por exemplo, o número de peças a serem produzidas (planejado) com o número de peças produzidas (real). Isso permite que os encarregados da fábrica (ou líderes de produção) tenham conhecimento imediato dos atrasos, problemas e possíveis soluções, evitando futuras interferências na linha de produção e mantendo o fluxo de trabalho contínuo (SHINGO, 1996a). A busca pela manutenção do fluxo contínuo é um dos objetivos mais importantes do *Andon*, pela sua capacidade de mostrar o *status* de produção para toda a fábrica, utilizando seu sistema de gestão visual, apontando a existência de um problema e a necessidade de sua solução de imediato (OHNO, 1997).

Dentro da indústria da manufatura, o uso do *Andon* é bastante relacionado com um quadro que contém indicadores de parada da linha por meio de uma luz indicadora de problemas. Mesmo assim, conforme colocado anteriormente, o *Andon* pode ser usado com objetivos adicionais, como o apresentado pelo *Andon* de *status* da produção. Por fim, salienta-se que o *Andon*, está intimamente relacionado à gestão visual, pois transmite também informações importantes e sinaliza para a necessidade de ações imediatas para solucionar problemas, de forma rápida e permanente (GHINATO, 1996; OHNO, 1997).

2.4.7 Cinco Porquês

Segundo Ohno (1997) o STP tem sido construído com base na prática e na evolução de sua abordagem científica para seu sistema produtivo. O STP procura a melhoria contínua e uma contramedida para os problemas, seguindo o método científico¹⁰, treinando seu recurso humano para isto (SPEAR; BOWEN, 1999). Um dos conceitos utilizados nesta abordagem científica é o dos cinco porquês, que é uma técnica sistemática de perguntas utilizada para a análise de problemas e para procurar as possíveis causas e soluções. Basicamente se pergunta “por quê?” cinco vezes para cada problema encontrado, com a finalidade de ir além dos sintomas evidentes, até que a verdadeira causa do problema se torne clara e a solução, mais efetiva (OHNO, 1997; LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003).

2.4.8 TRABALHO PADRONIZADO

Pelos conceitos da Mentalidade Enxuta todo trabalho deve especificar claramente, no que diz respeito ao que deve ser feito em relação à seqüência, quando deve ser feito e qual o resultado esperado, ou seja, deve existir uma padronização do trabalho (SPEARS, 2002 *apud* JORGE JUNIOR, 2003).

O trabalho padronizado é considerado a base para a melhoria contínua já que, devido à sua repetição, as chances de previsibilidade são muito altas. Ao mesmo tempo, permite reter a aprendizagem acumulada nos processos ao incorporar as melhores práticas ao padrão de trabalho, o que permite retransmitir a aprendizagem tornando-o não só um pré-requisito para a melhoria, mas também um estímulo (LIKER, 2004; JORGE JUNIOR, 2003).

¹⁰ No trabalho de Spear & Bowen (1999) os autores afirmam que no processo de geração das rotinas de trabalho no STP se cria uma “comunidade de cientistas”, através de proposições de hipóteses que devem ser testadas. Esse processo de proposição e teste de hipóteses é definido por Spear & Bowen (1999) como método científico.

O trabalho padronizado preconiza o estabelecimento específico dos procedimentos para o trabalho de cada operador, sendo que esses procedimentos têm que se basear nos seguintes elementos (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003):

- **Tempo *takt***: que não é mais do que o tempo com que uma peça tem de ser produzida segundo a demanda;
- **Seqüência**: a ordem específica do trabalho ao ser executado pelo operador dentro do tempo *takt*;
- E o **estoque padrão**: que é o estoque mínimo necessário para manter o processo operando.

A padronização do trabalho está focada nos processos, visando garantir as características do produto e, por sua vez, o trabalho padronizado enfoca os movimentos dos trabalhadores (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2003; PICCHI, 2006)

Segundo Liker (2004), para se atingir os padrões de trabalho desejados, duas características devem ser cumpridas:

1. Esses padrões têm que ser suficientemente específicos para serem guias úteis a serem seguidas, mas também gerais o suficiente para permitir certa flexibilidade a modificações; e
2. A melhoria dos padrões de trabalho deve ser feita por quem executa o trabalho, já que esta pessoa é a que sabe mais detalhes do processo, já que está todo dia envolvido com ele.

2.5 FERRAMENTAS UTILIZADAS NA PESQUISA

2.5.1 MAPA DE FLUXO DE VALOR (MFV)

O MFV é a ferramenta chave para a análise dos processos, na qual são explicitadas todas as ações necessárias para produzir um produto desde o pedido do cliente até a matéria-prima a ser transformada no produto final. Como características essenciais e vantagens do MFV, pode-se mencionar as seguintes (ROTHER; SHOOK, 2003):

- Auxilia a visualização do funcionamento dos processos, seja independentemente ou como um todo;
- Permite detectar alguns tipos de desperdícios ao longo dos processos assim como suas fontes,
- Reúne conceitos e ferramentas *lean* ajudando a evitar a implantação isolada,
- Cria a base de um plano de implantação e,
- Mostra a relação entre os principais fluxos de informação e fluxos de material.

A aplicação do MFV tem como primeira etapa o desenho de um mapa de fluxo de valor do estado atual. A partir de informações coletadas no chão da fábrica, são mapeadas as etapas do processo de produção da família de produtos escolhidos para a análise, sempre tentando visualizar o processo como um todo (ROTHER; SHOOK, 2003). Na pesquisa conduzida por Rother e Shook (2003), definiu-se como família de produto a ser utilizada um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos.

Numa segunda etapa, desenhou-se o mapa do estado futuro do processo identificando as possíveis melhorias sistemáticas e permanentes a serem implantadas, objetivando a eliminação dos desperdícios e a identificação de suas fontes (ROTHER; SHOOK, 2003).

Para desenhar o mapa de estado futuro, Rother e Shook (2003) recomendam responder uma série de perguntas, as quais fornecem as informações necessárias para completá-lo:

- Qual é o *takt time*?
- O produto será produzido para um supermercado de produtos acabados ou diretamente para a expedição?
- Onde poderá ser usado o fluxo contínuo?
- Onde será preciso usar sistemas puxados com base em supermercados para controlar a produção nos processos anteriores?
- Em que ponto único da cadeia produtiva (“processo puxador”) será programada a produção?
- Como será nivelado o *mix* de produção no processo puxador?
- Que incrementos de trabalho serão produzidos e liberados conscientemente no processo puxador?
- Quais melhorias de processo serão necessárias para o fluxo de valor comportar-se como o projeto do estado futuro define?

No momento de se analisar o fluxo dos processos para o desenho do mapa, algumas diferenças entre a manufatura e a construção civil têm que ser levadas em consideração, assim como as adaptações necessárias para cada processo analisado.

Uma diferença da construção civil à indústria da manufatura é que existem três fluxos bem definidos seja dentro da fábrica, na empresa ou na cadeia de valor: fluxo da necessidade do cliente ao lançamento; do pedido de fornecimento à produção, e da entrega à reciclagem. Assim na construção civil, o significado de cada fluxo deve ser interpretado para cada participante da cadeia de valor, da mesma forma que para o empreendimento como um todo (PICCHI, 2000; FONTANINI, 2004).

Existem muitas diferenças entre o setor de construção e de manufatura, as quais têm que ser estudadas ao se analisar o mapa do fluxo de valor com a finalidade de aproveitar ao máximo esta ferramenta. Dentre elas destacam-se: longo prazo de duração do empreendimento em relação ao curto e repetitivo ciclo de produção da manufatura, variabilidade de produto, número de agentes envolvidos na produção (FONTANINI, 2004).

2.5.2 Gráfico de Balanceamento do Operador (GBO)

O balanceamento da produção tem como objetivo equilibrar a carga de trabalho entre diferentes trabalhadores ou equipes, com base no tempo *takt*, contribuindo para a obtenção de um fluxo contínuo na produção (SHINGO, 1996a). O GBO consiste num gráfico de barras de Operador *versus* Tempo, onde cada barra corresponde a um operador envolvido no processo. Além disso, as barras são formadas pelos tempos de duração de cada uma das atividades executadas pelo operador dentro do processo analisado. A soma dos tempos de cada operador permite enxergar o tempo real de trabalho de cada operador no processo. Estas barras são então analisadas em paralelo e comparadas ao *takt time* (ROTHER; HARRIS, 2002).

2.6 ESTABILIDADE BÁSICA

O presente trabalho adotou a visão de estabilidade básica na abordagem do *Lean Thinking*, como o primeiro nível de estabilidade alcançável. A variabilidade (ou instabilidade) nos processos se deve basicamente a duas causas (SANTOS, 1999): (i) aleatórias, que

difícilmente podem ser controladas ou previstas, e (ii) causas identificáveis que podem ser controladas. Ambas devem ser o foco de quaisquer melhorias que sejam planejadas para aprimorar um processo (SANTOS, 1999).

No contexto do *Lean Thinking*, se tem como ponto de partida uma transformação no processo bem sucedida para que se alcance a estabilidade básica antes de aplicar ou implantar outros princípios e ferramentas do *Lean Thinking* (SMALLEY, 2005). A Figura 6 mostra uma proposta da seqüência típica de implantação do *Lean Thinking* (GAMBIRASIO JUNIOR, 2006), na qual se coloca como primeiro passo a estabilidade básica e, após, continua com implantação de outros princípios e ferramentas do *Lean Thinking*.



Figura 6. *Seqüência típica de implementação (GAMBIRASIO JUNIOR, 2006)*

Conforme aponta a Figura 6, existe uma dependência seqüencial na implantação dos princípios e ferramentas do *Lean Thinking*. Além disso, existem algumas pré-condições, as quais permitem uma implementação mais eficaz (SMALLEY, 2005; GAMBIRASIO JUNIOR, 2006). Como exemplo dessas pré-condições cita-se: reduzido número de problemas na disponibilidade dos equipamentos, uma rápida alocação de materiais com baixa incidência de defeitos e uma forte supervisão nas linhas de produção (CHENG; PODOLSKY, 1993; SMALLEY, 2005).

Visando à estabilidade básica necessária nos processos, deve-se focar inicialmente naquelas atividades que apresentam maiores índices de problemas ou instabilidade nos sistemas de produção, permitindo atingir um melhor fluxo no processo como um todo (KOSKELA, 1992; 2000; MONDEN, 1993; CHENG; PODOLSKY, 1993).

Posto isso, a estabilidade básica implica na previsibilidade e disponibilidade de recursos dos quatro elementos básicos dentro da produção, chamados por Smalley (2005) dos 4M's:

- **Mão-de-obra:** é preciso ter a mão-de-obra necessária para executar cada um dos processos, não só em termos de quantidade, mas também no que se refere à qualificação. Para essa qualificação, sugerem-se treinamentos baseados nos programas usados pelos Estados Unidos na Segunda Guerra Mundial, chamados de TWI (*training within industry*), em que três componentes básicos são ensinados aos supervisores da produção:
 - a) instruções de trabalho – como planejar o uso correto dos recursos;
 - b) métodos de trabalho – como analisar as tarefas e fazer simples melhorias;
 - c) relações de trabalho – como tratar as pessoas e procurar soluções para problemas humanos;
- **Máquinas:** o conhecimento da capacidade do equipamento, assim como de sua disponibilidade para cada uma de suas funções, é o ponto chave para manter a produção no ritmo desejado. Este conhecimento não pode estar baseado em valores nominais e/ou históricos, sendo que ele tem que ser medido e, no caso deles coincidirem, quaisquer dos dois valores pode ser usado;
- **Materiais:** a disponibilidade do material certo e na quantidade certa é essencial para manter a produção funcionando como planejada, sendo que esse material é a matéria-prima do produto produzido. Essa disponibilidade pode ser atingida ao se manter uma rede de fornecedores que trabalhe em parceria ou em sincronia com os processos, reduzindo os lotes e aumentando as entregas e mantendo o fluxo de material segundo a demanda do processo;
- **Métodos:** a definição do melhor método de trabalho para cada um dos processos simplifica o trabalho e ajuda a isolar seu conteúdo principal. Este método padrão funciona como base para a comparação do método utilizado, assim como das possíveis melhorias através das quais os desperdícios podem ser eliminados.

Cheng e Podolsky (1993) apresentam os mesmos elementos do Smalley (2005), apontando as possíveis falhas ou problemas que podem ocorrer com os 4 M's, no sentido contrário do apresentado por Smalley (2005), ou seja, a falta de algum dos 4 M's. Porém, os elementos propostos por Cheng e Podolsky (1993) tentam atingir a mesma finalidade: a estabilidade básica, mostrada na Figura 7.

A disponibilidade dos 4 M's apresentados por Smalley (2005) e Cheng e Podolsky (1993) contribui para o funcionamento adequado da linha de produção, com o objetivo de alcançar o fluxo contínuo no ritmo planejado.

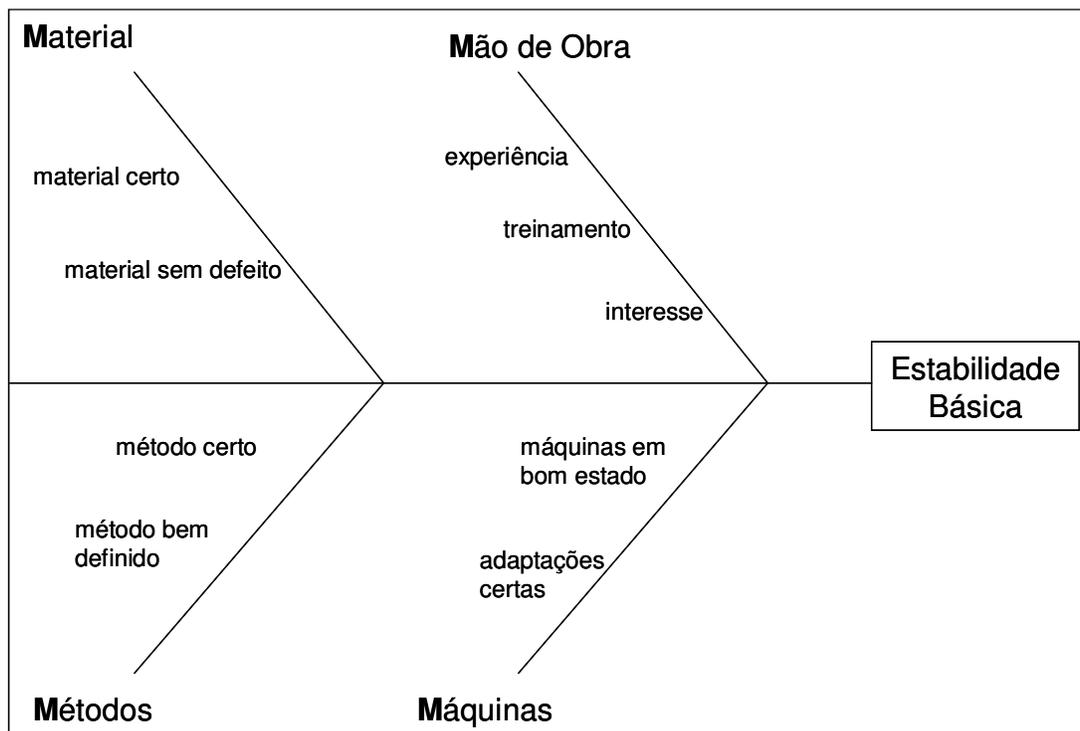


Figura 7. Diagrama causa e efeito dos 4 Ms (adaptado de CHENG e PODOLSKY, 1993).

Em suma, existe a estabilidade da produção, relacionada com a disponibilidade dos 4 M's sugeridos por Smalley (2005) e existe uma estabilidade suficiente (estabilidade básica ou alcançável) para continuar nos processos de implementação dos princípios da Mentalidade Enxuta, que, como mostra a Figura 6, é o fluxo contínuo. Neste trabalho assume-se que esta estabilidade básica, além da disponibilidade dos 4 M's, visa manter a seqüência e ritmo de execução dos sub-processos de produção num tempo determinado com um mínimo de variações para atingir a produção planejada.

2.6.1 O *LAST PLANNER* E A ESTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Na construção civil existe uma elevada variabilidade nos produtos e também nos processos, refletida em durações variáveis, falhas nas entregas entre outros problemas. Muitas vezes, negligenciar esta variabilidade traz como conseqüências o aumento dos lotes, o incremento dos *lead times* assim como do trabalho em processo, criando uma reação em cadeia no sistema inteiro, diminuindo sua confiabilidade e diminuindo a capacidade de fluxo entre os processos (BALLARD, 2000).

Na indústria da construção civil, a diminuição da variabilidade e seus efeitos nocivos pode ser feita através do sistema *Last Planner*, apresentado como ferramenta de Planejamento e Controle da Produção. Esta ferramenta de planejamento é muito utilizada para estabilizar a produção na construção civil (SOARES *et al.*, 2002). Basicamente, o *Last Planner* foca sua atenção na proteção dos processos de produção no fim do fluxo e nas variações dos processos que se encontram no início do fluxo. Ele previne a propagação destas variações, contribuindo assim para a estabilidade no processo como um todo (BALLARD; HOWELL, 1997; BALLARD, 2000; SOARES *et al.*, 2002). Tendo como foco a diminuição da incerteza, Ballard (2000, p.47) coloca que o *Last Planner* pode ser entendido como: “um mecanismo que transforma o que DEVE ser feito no que PODE ser feito”

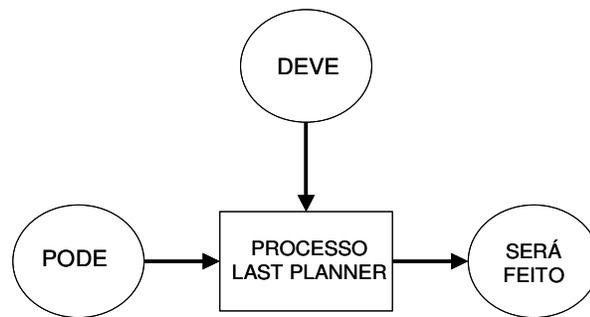


Figura 8. *LAST PLANNER* (BALLARD, 2000)

Um recurso importante do *Last Planner* é o controle e medição das tarefas executadas. Este controle é feito por meio de um índice chamado de Percentual Planejado Cumprido (PPC), o qual mostra, em porcentagem, a quantidade de tarefas executadas segundo o planejado, permitindo diminuir o risco de propagar o não cumprimento das atividades planejadas, e evita a variabilidade ao longo do fluxo de produção (BALLARD, 2000). O PPC é um dos produtos do Planejamento de Curto Prazo, neste mesmo nível de planejamento as causas dos não cumprimentos dos planos são analisadas para que estas sejam solucionadas. Nessa análise usa-se a ferramenta dos 5 porquês (BALLARD; HOWELL, 1998). É no planejamento de curto prazo que se cria a janela de confiabilidade, o suficiente para cumprir com uma elevada parcela do planejado durante a duração do plano (BALLARD; HOWELL, 1998). Ou seja, anteriormente à elaboração desse plano todos os problemas relacionados com os 4 M's são eliminados ou resolvidos.

Existe também no planejamento de curto prazo a programação de atividades reservas (estoques de reservas), também sem restrições, com o intuito de diminuir a variabilidade da programação devido a causas externas ou fora do sistema planejado. Na verdade essas atividades reservas criam um pulmão que absorve a variabilidade entre os sub-processos, permitindo assim um melhor fluxo no processo como um todo (BALLARD; HOWELL, 1997; SOARES *et al.*, 2002).

Outro recurso importante do *Last Planner* é o planejamento de médio prazo, no qual se faz a análise das restrições relacionadas à mão-de-obra, matérias, máquinas e equipamentos,

projeto, *etc.* O objetivo desta etapa do planejamento é remover todas as restrições com um mínimo de tempo de antecedência (normalmente o horizonte de tempo do planejamento de médio prazo). Salienta-se que no planejamento à curto prazo são incluídas apenas as atividades que não tenham restrições (BALLARD, 2000).

3. MÉTODO DE PESQUISA

3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

De acordo com Collis e Hussey, as pesquisas científicas têm como base de classificação quatro critérios (Figura 9):

- objetivo da pesquisa: refere-se ao motivo pelo qual a pesquisa está sendo realizada e pode ser classificada em exploratória quando há poucos ou nenhum estudo prévio em que possamos buscar informação; descritiva quando a pesquisa descreve o comportamento de fenômenos; analítica quando o pesquisador vai além da descrição do fenômeno e tenta entender os fenômenos; e preditiva quando a pesquisa oferece uma predição da probabilidade de uma situação semelhante acontecer em outro lugar, prevendo a partir da análise dos fenômenos.
- processo da pesquisa: é a maneira como serão analisados e coletados os dados da pesquisa, podendo classificar a mesma em quantitativa, quando os dados coletados e analisados são numéricos e testes estatísticos são aplicáveis; e qualitativa que se refere a examinar e refletir as percepções dos acontecimentos.
- lógica da pesquisa: indica se está indo do mais geral ao mais específico ou do mais específico ao mais geral podendo ser classificada em dedutiva, quando os dados dos casos particulares são deduzidos a partir de inferências gerais; ou em indutiva, em que inferências gerais são induzidas a partir de casos particulares, e
- resultado da pesquisa: indicando se a pesquisa é para resolver um problema específico ou fazer uma contribuição geral ao conhecimento e pode ser classificada em aplicada, quando é possível aplicar suas descobertas a um problema existente; e básica quando ela é conduzida para aumentar nosso entendimento de questões gerais.

A pesquisa apresentada com base nos objetivos gerais da mesma, pode-se dizer que tem um caráter **exploratório**, já que ela tenta estudar e conhecer assuntos de sistemas de produção da indústria da manufatura e sua implantação na indústria da construção civil, visando ampliar os conhecimentos sobre o tema pesquisado. Assim, a pesquisa é também classificada como **qualitativa**, sendo que a coleta e a análise dos dados foram feitas por meio de mensurações dos fenômenos; mas ao mesmo tempo ela apresenta uma parte **quantitativa**, sendo que muitos dados numéricos foram levantados para as análises. Contudo, a predominância é de dados qualitativos.

Tipo de pesquisa	Base de classificação
Pesquisa exploratória, descritiva, analítica ou preditiva	Objetivo da pesquisa
Pesquisa quantitativa ou qualitativa	Processo da pesquisa
Pesquisa dedutiva ou indutiva	Lógica da pesquisa
Pesquisa aplicada ou básica	Resultado da pesquisa

Figura 9. *Classificação dos principais tipos de pesquisa (COLLIS; HUSSEY, 2005, p,23)*

Pela lógica utilizada na pesquisa, pode-se classificar a mesma como **indutiva**, pois inicialmente estudou-se um caso particular e posteriormente tentou-se induzir inferências gerais, ou seja, a partir do caso específico tentou-se criar um padrão para estabilizar um

processo. Em relação aos resultados esperados e os obtidos pode-se classificar a pesquisa como **aplicada**, sendo que as descobertas podem ser extrapoladas e aplicadas ao mundo real.

Considerando a possibilidade de transferência conceitual da forma como os sistemas de produção são gerenciados em outras indústrias (automobilística, manufatura, *etc.*) para a construção civil, identificou-se como lacuna do conhecimento científico os estudos referentes à estabilização básica, sendo que esta é tomada como premissa nos sistemas de produção. Em função disto, o presente trabalho pretende responder a questão de pesquisa, já apresentado no Capítulo 1 e 3 desta dissertação:

O problema apresentado pôde ser explorado em uma empresa que tinha dentre seus objetivos corporativos implantar o *lean* para melhorar sua competitividade e identificar uma série de problemas de estabilidade básica de seus sistemas de produção. Em função do tipo de problema, da possibilidade de investigá-lo no contexto real e da necessidade de mudanças no ambiente, adotou-se como estratégia de pesquisa a pesquisa-ação.

Segundo Collis e Hussey (2005, p.72) o principal objetivo da pesquisa-ação: “é penetrar em uma situação, tentar provocar uma mudança e monitorar os resultados”. Para isto, deve existir a colaboração entre o pesquisador e a empresa e, para evitar interpretações errôneas quanto ao caráter científico da pesquisa (muitas vezes considerada uma consultoria), os objetivos da pesquisa têm que estar bem definidos desde o começo, mesmo que possam ser alterados no decorrer da pesquisa, assim como a forma da pesquisa conduzida, principalmente em relação aos dados a serem coletados, ao controle desses dados e à análise dos resultados (THIOLLENT, 2005).

Com relação ao foco, a pesquisa foi inicialmente baseada num problema existente, sendo que, para sua solução eram necessárias ações e mudanças a serem executadas em conjunto pelo pesquisador e pelos funcionários da empresa (COLLIS; HUSSEY, 2005). Os mesmos autores sugerem que para pesquisas cujo foco seja “resoluções de problemas do mundo real” se adote como estratégia de pesquisa a “pesquisa-ação”. Thiollent (2004, p.16) define pesquisa-ação como:

“(…) um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.”

A pesquisa-ação pode ser aplicada basicamente em três contextos: a) um ator social homogêneo realiza seus objetivos práticos, tendo suficiente autonomia e controle da pesquisa; b) a pesquisa é realizada dentro de uma organização; e c) ela é organizada em um meio aberto, por exemplo uma comunidade ou bairro (THIOLLENT, 2004).

Este tipo de pesquisa é formado de um ciclo essencial em toda pesquisa-ação: Planejamento – Ação – Avaliação – Reflexão (P-A-A-R), no qual Planejamento refere-se à análise inicial, assim como ao plano de ações para resolver o problema; Ação refere-se às ações a serem levadas a prática; a Avaliação é feita com base nos resultados da ação; e, no fim, é feita uma reflexão das ações e da avaliação.

3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O estudo foi iniciado em Agosto de 2005 e foi dividido em quatro etapas conforme apresentadas na Figura 10. A primeira etapa teve uma duração de três meses e foi denominada de **preparação** tendo seu início com a formulação da questão de pesquisa enunciada da seguinte forma:

Como implantar os princípios e ferramentas do *lean thinking* no sistema de produção de telhas pré-fabricadas?

Nessa etapa começou o primeiro ciclo de Planejamento – Ação – Avaliação – Reflexão da pesquisa-ação. Inicialmente, fez-se uma análise geral dos processos e das etapas da produção. Posteriormente, realizou-se um levantamento dos dados referentes aos tempos de produção, seqüência dos sub-processos e etapas envolvidas na produção das telhas. Para esse

levantamento foram utilizados o quadro de estudos dos processos e o Gráfico de Balanceamento de Operações (GBO) (ROTHER; HARRIS, 2002).

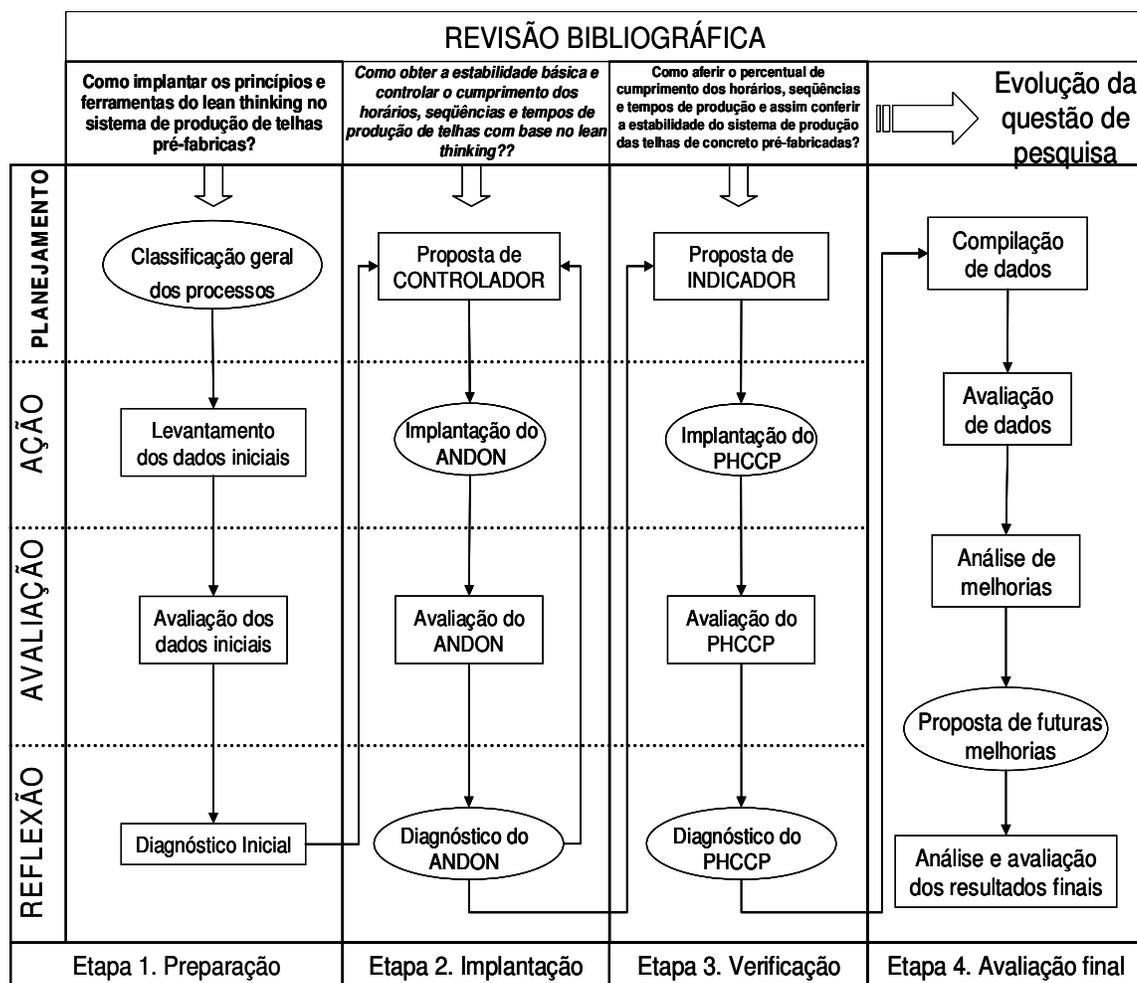


Figura 10. Delineamento da pesquisa.

Os dados foram levantados pelo pesquisador e por funcionários da empresa (assistente de laboratório, assistente do encarregado de produção, auxiliar da qualidade), os quais receberam instruções do pesquisador sobre como realizar estes levantamentos, que informações eram necessárias e que padrões deviam ser utilizados para a coleta de dados. A partir da avaliação dos padrões repetitivos dos dados de duração e seqüência de atividades, foi

possível fazer um diagnóstico, no qual se constatou a falta de estabilidade no sistema, razão pela qual surgiu a necessidade de reformular a questão de pesquisa, delimitando assim seu escopo.

Adicionalmente, optou-se por se focar nos meios (ou seja, nos métodos) para se atingir a estabilidade do sistema de produção, tendo-se a proposição que os resultados da estabilidade viriam como consequência. Levando-se em conta estes fatores, reformulou-se a questão da pesquisa para:

Como obter a estabilidade básica e controlar o cumprimento dos horários, seqüências e tempos de produção de telhas com base no *lean thinking*?

A segunda etapa da pesquisa foi denominada de implantação e teve a duração de 4 meses. Participaram desta fase as seguintes pessoas da empresa: encarregado, assistente do encarregado, engenheiro de qualidade, diretor da empresa e encarregado das telhas. Nesta etapa se propôs e implantou-se o quadro de *status* de produção para controlar horários, seqüências e tempos de produção. Durante a implantação do quadro de *status*, foram realizados cinco ciclos de Planejamento – Ação – Avaliação – Reflexão, havendo uma grande interação entre o pesquisador e os funcionários da empresa. Após esses ciclos de aprendizagem, os dados de tempo e das seqüências de execução das atividades, contidos no quadro de *status*, foram analisados. Após a implantação do quadro de *status* de produção, formulou-se outra questão relacionada ao monitoramento do grau de estabilidade do sistema de produção já alcançada. Em função disso, reformulou-se a questão da pesquisa para:

Como aferir o percentual de cumprimento dos horários, seqüências e tempos de produção e assim conferir a estabilidade do sistema de produção das telhas de concreto pré-fabricadas?

Com o intuito de responder a esta questão, a etapa seguinte foi chamada de verificação e teve a duração de 2 meses. Nesta etapa foi proposta a utilização do indicador de Percentual de Horários Cumpridos Conforme Planejado (PHCCP) para medir o cumprimento dos

horários, seqüências e tempo de produção. Após o aferimento do indicador o mesmo foi implantado utilizando os dados de tempo do quadro de *status*. Após a determinação das percentagens de cumprimentos de horários esses resultados foram avaliados e, assim foi possível fazer o diagnóstico do nível de estabilidade atingida no sistema produtivo estudado. Com isto, finalizou-se a terceira etapa da pesquisa.

Na última etapa da pesquisa foi realizada a avaliação final dos resultados. Inicialmente, foi feita uma análise dos dados coletados e, na seqüência, foi feita uma análise das possíveis melhorias no processo implementado, bem como dos avanços na fábrica relacionados com melhorias feitas. Ainda foram propostas outras melhorias e estudos futuros. Por fim foram avaliados os resultados finais obtidos da pesquisa e sua contribuição ao avanço do conhecimento.

3.3 Empresa estudada

No início da pesquisa tomou-se a decisão de se trabalhar com obras ou produção de elementos repetitivos, como pré-fabricados, com o intuito de melhorar seus processos e operações produtivas. A empresa onde foi realizado o estudo tinha realizado estudos sobre implementações do *Lean Thinking* com ajuda do *Lean Institute* Brasil, os quais despertaram o interesse da mesma na realização da presente pesquisa.

Esta empresa, denominada Munte Construções Industrializadas Ltda., ¹¹ atua no ramo de construção civil desde 1975, trabalhando especificamente na fabricação e montagem de peças de concreto pré-fabricadas. A empresa possui certificação ISO9002-2000 desde o ano de 2004 e possui Selo de Excelência ABCIC (Nível dois) desde 2005. Tem obras espalhadas na

¹¹ Segundo a classificação do SEBRAE, a Munte pode ser considerada como uma empresa de grande porte.

capital e interior de São Paulo e atua no ramo de pré-fabricados. É uma empresa de origem alemã e está dedicada principalmente às obras comerciais (galpões, centros comerciais, supermercados, *etc.*).

A empresa possui duas plantas de produção, uma delas localizada na cidade de Itapevi, na região metropolitana de São Paulo, e a outra na cidade de Rafard, no interior do. Na Foto 1 e na Foto 2 são apresentadas as fábricas localizadas em Itapevi e Rafard, respectivamente.



Foto 1. *Fábrica de Itapevi*

Na fábrica de Itapevi está localizado o escritório da empresa, onde se concentram as atividades gerenciais e de apoio técnico. Foi nesta fábrica que ocorreu a maioria das reuniões de pesquisa. Esta fábrica dedica-se à fabricação de uma grande diversidade de peças pré-fabricadas como, por exemplo, pilares, vigas, telhas e lajes.



Foto 2. *Fábrica de Rafard*

3.4 Seleção da família de peças

Família de peças nesta pesquisa é definida como um grupo de elementos produzidos na mesma área de trabalho e que, basicamente, utilizam os mesmos equipamentos e equipes de trabalho (ROTHER; HARRIS, 2002).



Foto 3. *Pista de Telhas protendidas de concreto.*

No estudo empírico foi estudada a família de peças das telhas de concreto protendidas pré-fabricadas (Foto 3 e Foto 4). Essa família de peças foi escolhida para o estudo, pois já

tenham sido realizadas modificações de layout a partir de aplicações do *Lean Thinking* na fábrica. Outra melhoria obtida anteriormente neste sistema de produção foram os benefícios decorrentes da implementação do sistema “5S”. Estas condições foram consideradas favoráveis à aplicação dos princípios do *Lean Thinking* para atingir a estabilidade básica.

É importante também mencionar que esta família de peças encontrava-se num período de transição da transferência da produção da unidade de Itapevi para a unidade de Rafard.

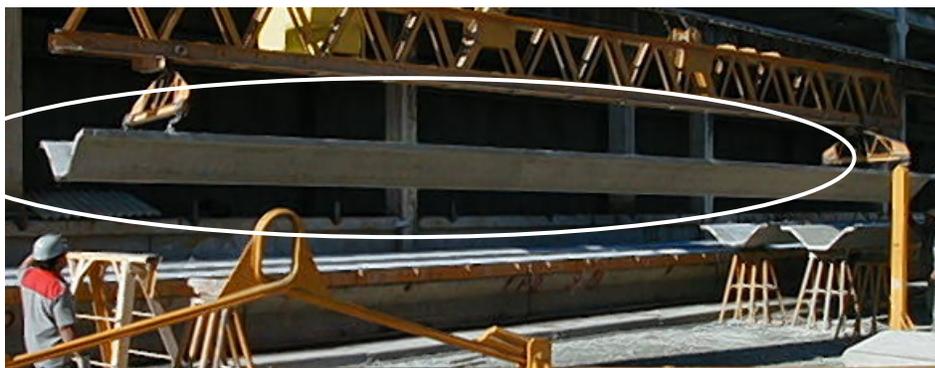


Foto 4. *Telha protendida de concreto.*

A produção das telhas na fábrica de Itapevi era realizada em duas pistas de concretagem, cada uma com capacidade de cinco a sete telhas. Posteriormente, no decorrer da pesquisa, o número de pistas de concretagem foi aumentado para três pistas¹². O processo de produção consistia basicamente nas seguintes etapas (vide fotos no anexo C):

- Limpeza da pista que neste tipo de processo funciona como forma;
- Colocação do desmoldante para facilitar a desforma;

¹² No capítulo de resultados serão apresentados mais detalhes desse processo.

- Colocação da armação de aço segundo as especificações de cada telha. Esse aço é comprado já com a configuração básica para sua utilização;
- Amarração da armadura de aço;
- Concretagem com o carrinho pela equipe de concretagem;
- Colocação da mangueira de vapor, e cobertura com lona para manter o vapor;
- Retirada das telhas das pistas no dia seguinte;
- Teste de capacidade de permeabilidade;
- Acabamento final.

3.5 Coleta de dados e Ferramentas usadas

Na Figura 11, é apresentado o esquema geral das fontes de evidências, da coleta de dados e dos instrumentos utilizados na mesma:

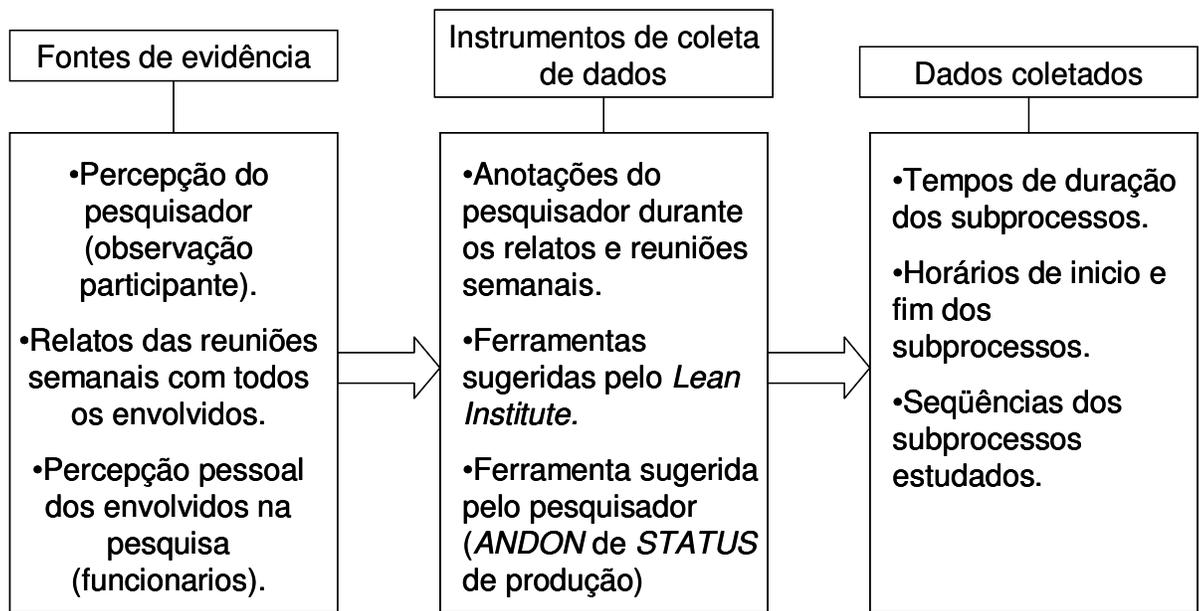


Figura 11. Esquema geral da coleta de dados.

Com a evolução da questão de pesquisa inicial, viu-se a necessidade de se obter evidências detalhadas das seqüências, tempos e horários do processo produtivo analisado. Para isso foram utilizadas basicamente três fontes de evidencia, como mostrado na Figura 11.

Nas visitas semanais feitas pelo pesquisador na área de produção das telhas (com duração de duas horas, uma ou duas vezes por semana), eram realizadas reuniões informais com os líderes das equipes, alguns funcionários e o encarregado da produção das telhas. O objetivo dessas reuniões era conhecer detalhadamente o processo e os problemas diários.

As reuniões ou conversas informais com os engenheiros e o diretor da empresa eram feitas no escritório ou no chão da fábrica, numa freqüência menor que com o pessoal de produção. O objetivo dessas reuniões era conhecer a visão do processo por outra perspectiva, assim com incentivar o envolvimento deste pessoal no processo de melhoria e obter um maior apoio em todos os níveis hierárquicos da empresa.

O pesquisador registrava dados relevantes destas reuniões, acrescentando sua percepção sobre os fatos e as percepções das pessoas envolvidas no processo de implantação.

Após o análise dos dados coletados, foi proposta a utilização do quadro de *status* de produção (Figura 15).

	LOCAL: ITAPEVI	Produção diária: Pista			
Etapas do processo	Subprocesso	INICIO		FIM	
		Planejado	Real	Planejado	Real
		/	/	/	/
		/	/	/	/
		/	/	/	/
		/	/	/	/
		/	/	/	/
		/	/	/	/
		/	/	/	/
		/	/	/	/

Figura 15. *ESTRUTURA DO QUADRO DE STATUS DA PRODUÇÃO (PROPOSTA INICIAL)*

O quadro foi utilizado na coleta dos dados das seqüências reais de produção, tempos reais de produção e causas do cumprimento das seqüências e dos tempos planejados.

3.5.1 Análise de dados

Foi feita uma análise das reuniões e discussões com os intervenientes do processo de intervenção. O objetivo dessa análise era conhecer alguns detalhes que poderiam ajudar na pesquisa como por exemplo, o interesse dos envolvidos na pesquisa, o avanço das implementações, a compreensão da pesquisa por parte dos envolvidos, assim como as

contribuições que eles poderiam oferecer para atingir os resultados esperados. Os dados qualitativos foram analisados em paralelo com os dados quantitativos obtidos por meio da utilização das diferentes ferramentas do *Lean Thinking* adaptadas ao estudo.

4. RESULTADOS DO ESTUDO EMPÍRICO

O estudo em questão foi focado no processo de produção da família de peças: telhas de concreto protendidas pré-fabricadas.

Estas peças eram produzidas em duas pistas de produção, tendo como média de produção diária seis peças por pista. As diferentes equipes de armação, protensão, concretagem e ajudantes, trabalhavam nas duas pistas nos diferentes tipos de trabalho envolvidos em cada uma das etapas de produção, executando um sub-processo após o outro. Em alguns momentos, eles trabalhavam de maneira simultânea em vários sub-processos e/ou pistas. Durante esta pesquisa, foi construída uma terceira pista de produção de telhas, resultando em um aumento no número de peças produzidas por dia. No momento deste aumento na produção de peças, o número de empregados trabalhando nas pistas de produção de telhas foi incrementado em três ajudantes.

A seguir, os resultados da pesquisa serão apresentados conforme as etapas nas quais a pesquisa foi desenvolvida: preparação, implantação, verificação e avaliação final.

4.1 Etapa 1 – Preparação

Nesta primeira etapa, foi feita uma reunião com o diretor técnico da empresa, realizada no próprio local de produção. O diretor explicou o estado atual da fábrica e os diferentes processos de produção das diferentes famílias de produtos, comentando o seguinte da família das telhas:

“As telhas são as famílias de peças das quais mais ganhos temos obtido com a aplicação do LEAN, e é nosso produto com menos variabilidade em suas especificações. Eu acho que as possibilidades de melhorias neste processo são grandes e os ganhos na produção seriam muito satisfatórios.”

Suas palavras demonstraram seu interesse na melhoria dos processos de produção das diferentes famílias de produtos. O diretor da empresa deixou claro também o *status* atual da família das telhas – a família de produtos capaz de dar uma maior confiabilidade à produção. Também esclareceu as melhorias já executadas depois de algumas consultorias externas e, com isto, o pesquisador percebeu a possibilidade, assim como a necessidade de estabilizar este processo produtivo, começando então com a análise do processo e suas etapas.

4.1.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SUB-PROCESSOS E LEVANTAMENTO DE DADOS INICIAIS

A primeira etapa de classificação dos sub-processos envolvidos na produção das telhas iniciou-se a partir de uma reunião com o encarregado desta família de produtos, no próprio local de produção.

Nesta reunião, o encarregado explicou, de maneira geral, a seqüência de execução dos sub-processos envolvidos e as diferentes etapas da produção das telhas. Para isso, foi utilizado como modelo, o quadro de estudo de processo apresentado por Rother e Harris (2002), o qual foi modificado para esta pesquisa, sendo que ao invés dos tempos dos sub-processos, foram medidos os tempos das etapas. Numa segunda etapa, após esta reunião, o pesquisador observou durante cinco dias o processo de produção, levantando dados (horários de início e fim) e classificando as diferentes etapas e sub-processos observados.

- **MAPA DE FLUXO DE VALOR (MFV)**

A empresa dispunha de Mapas de Fluxo de Valor previamente realizadas (Figura 17). Mesmo que os mapas de estado futuro desenvolvidos anteriormente não estivessem sendo utilizados efetivamente por parte da empresa, a informação foi utilizada pelo pesquisador como base para a elaboração de um novo mapa do estado atual, desenvolvido durante a pesquisa. O mapa de estado futuro, que a empresa tinha elaborado em trabalhos prévios, tinha sido quase atingido através de várias das ações propostas. Ele foi utilizado pelo pesquisador como base do MFV atual e futuro desenhado para a presente pesquisa. Este novo mapa teve

como fontes de informação a observação da primeira etapa de preparação e os dados levantados durante a análise das etapas do processo e sub-processos (Figura 18). O MFV inicial (Figura 18) foi modificado várias vezes já que durante o processo de coleta de dados (especificamente do tempo de execução dos processos) foram obtidas novas informações sobre o processo e sobre alguns agentes externos.

- **AVALIAÇÃO DO MFV**

Após a avaliação do MFV atual desta família de peças, foram detectadas algumas discrepâncias nos horários, seqüências e tempo de execução de alguns sub-processos. Por este motivo, optou-se por se utilizar os MFV futuros já desenhados pela empresa e consolidar os dados (Figura 18). Adotou-se o MFV do estado futuro desenhado pela empresa como o MFV do estado futuro da pesquisa, e no mesmo MFV foram acrescentadas algumas melhorias como *kanbans*, e o quadro de *status* de produção. Com isso, o pesquisador, em conjunto com os encarregados, fez a proposta do MFV para a estabilização do processo de produção desta família de produtos (Figura 18).

Como avaliação dos dados iniciais, observou-se que, ao se utilizarem os mapas como base do estudo, não era possível detectarem-se maiores detalhes dentro da seqüência de execução dos sub-processos envolvidos. Por exemplo, não era possível identificar o tempo de duração da produção, pois os mapas não refletiam de maneira explícita a interposição entre os diferentes sub-processos e não consideravam a mudança na quantidade de pessoas nas equipes ao longo de cada processo, razão pela qual a duração de cada sub-processo mudava dia-a-dia. Adicionalmente, em muitas das etapas ou sub-processos, as equipes eram trocadas de pista quando a etapa ou sub-processo estava próximo de seu final em cada pista. Este fato ocorria conforme houvesse variação na produtividade com base no estado do avanço em cada pista. Esta, dentre outras causas, contribuía para a falta de estabilidade nos horários e durações dos sub-processos.

Como diagnóstico inicial do processo de produção das telhas, cita-se a falta de estabilidade na seqüência das atividades devido à variação no horário de início e fim de cada uma, em sua duração, assim como no número de pessoas em cada equipe.

Com base nas observações feitas após estas duas etapas da pesquisa, foi estruturada uma tabela com a classificação das etapas do processo de produção e dos respectivos sub-processos. A Figura 16 mostra parte da tabela utilizada para o levantamento dos tempos.

		Estudo do processo												
OBRA: Marabrá LOCAL: ITAPEVI		Data: 09/2005 Processo: Execução das telhas Observador: Carlos												
Etapas do processo	Sub-processos	Tempo de trabalho (min)										Menor repetido	Máquina Tempo de ciclo	Observações
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Tirar lona - setup inicial	Dobrar a lona			5	5	6	5	4	6	3	3	3		
	Pegar os pistões e passando para pista 1			5					3	9				
	Enrolar a lona			5	5	5	5	7	6	5	4	5		
	Distribuir ancoragem					7	8	8	11	29	15	8		
	Encher a bomba de óleo			5	6				2					
Limpeza 1	Limpeza do gigante			45	28	10	50	64		5				
	Tirar os ferros da mangueira de ar (vapor)			7	7	4	5	3	4	8	8	4		
	Tirar mangueira de ar (vapor)							7	7		6	7		
	Tirar excesso de água sobre a telha			3	2	3	4	4	3	2	2	2		
	Limpeza do trilho	9		34	23	44	32	51		30	10			

Figura 16. Planilha utilizada como base para a tomada dos tempos das etapas e sub-processos (adaptação de Rother e Harris, 2002).

Na planilha apresentada na Figura 16, mostram-se as etapas do processo de produção e os sub-processos que fazem parte de cada uma destas etapas. Nela foram registrados os tempos de trabalho em minutos de cada um destes sub-processos com o intuito de se ter uma visão mais detalhada das durações dos processos e sub-processos estudados.

Ressalta-se que o conteúdo da planilha sofreu várias modificações durante o período de observação, incrementando-se a quantidade de sub-processos a serem estudados, assim como eliminando outros. Estas modificações tiveram como base as reuniões semanais com o encarregado, o assistente e outros funcionários, nas quais sugestões tanto dos trabalhadores e encarregados da fábrica quanto do pesquisador, foram aproveitadas para a melhorar o processo

de coleta de dados obtidos através da planilha. Em alguns casos, isto foi feito utilizando-se a ferramenta dos “5 porquês”, perguntando-se 5 vezes por que aconteciam os problemas e o porquê das variações nos horários e nos tempos de execução, visando familiarizar os funcionários com a ferramenta e ao mesmo tempo achar as possíveis soluções para os problemas.

- **GBO e TTPC (Gráfico de Balanceamento de Operações e Tabela de Trabalhos Padronizados Combinados) DOS SUB-PROCESSOS**

A partir de uma análise inicial dos sub-processos envolvidos na produção das telhas, estruturou-se um Gráfico de Balanceamento de Operador (GBO) para se analisar a seqüência, duração e a interação entre os processos e as diferentes equipes envolvidas.

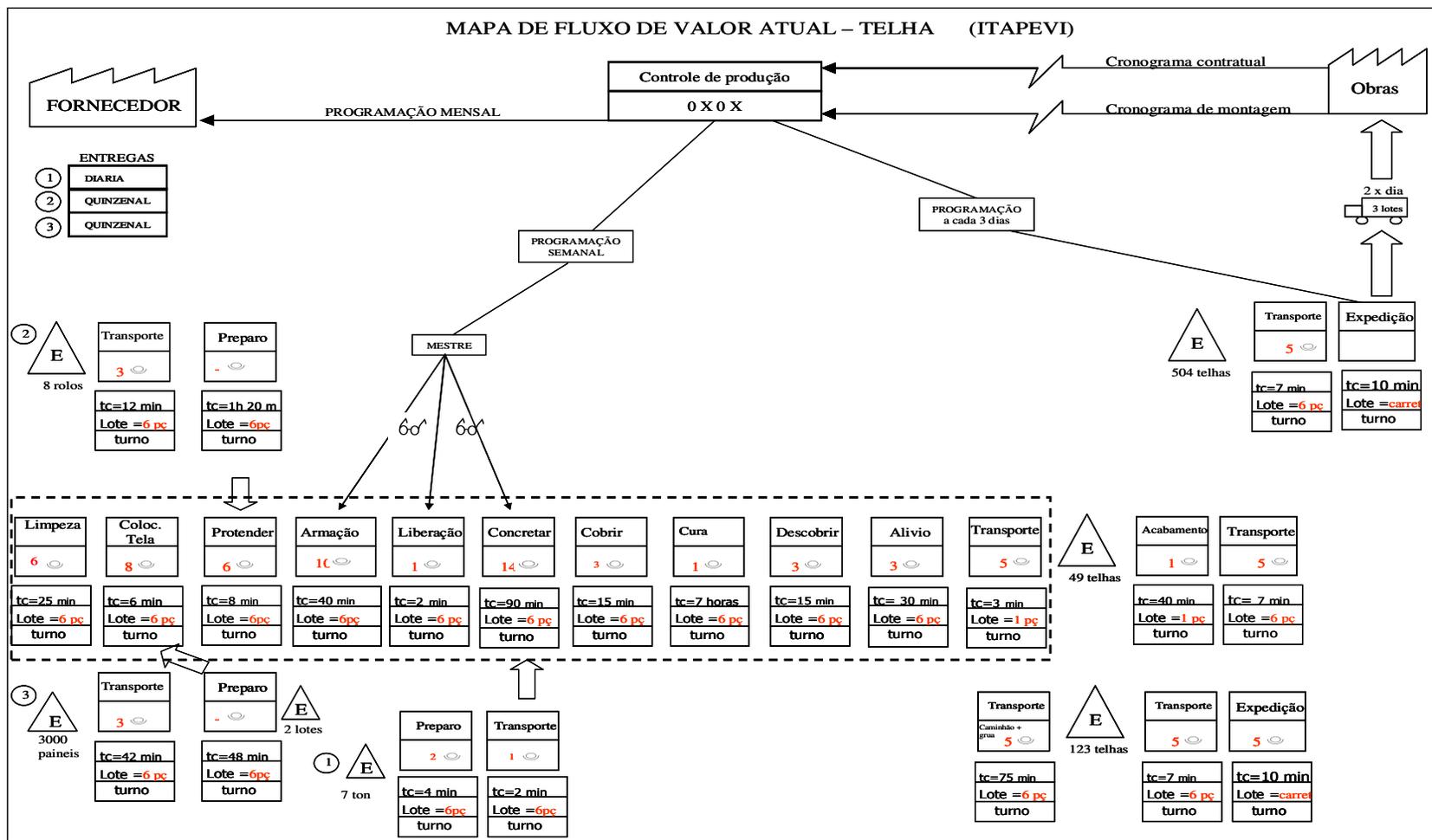


Figura 17. Mapa de fluxo de valor do estado atual das telhas.

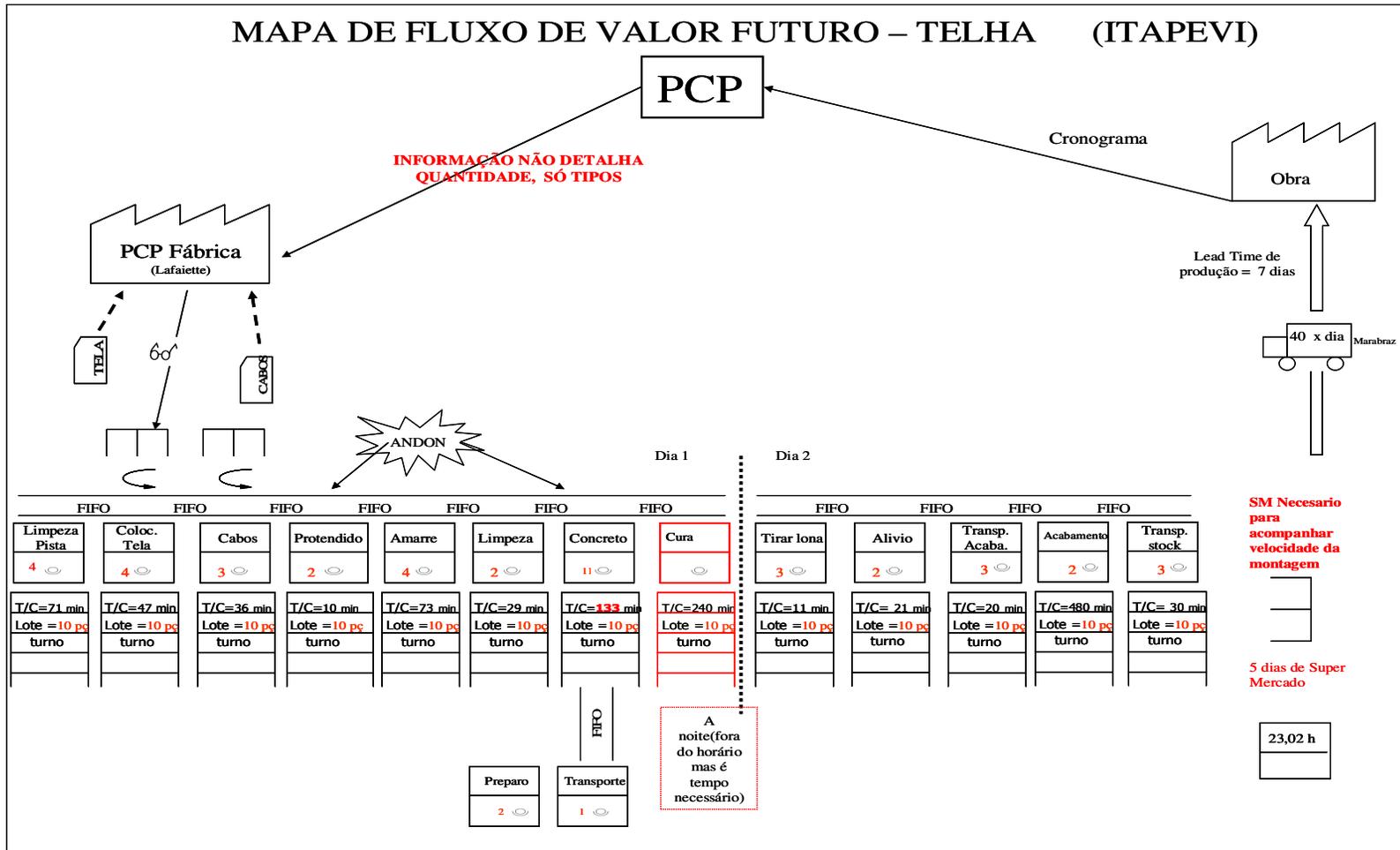


Figura 18. Mapa de fluxo de valor do estado futuro das telhas.

Inicialmente, percebeu-se uma falta de estabilidade na execução das atividades que foi atribuída às variações: na seqüência, no horário de início e fim de cada uma, na duração, assim como, no número de pessoas em cada equipe. Em função disso, optou-se por se desenhar uma Tabela de Trabalho Padronizado Combinado adaptada – que tem como base a Tabela de Trabalho Padronizado Combinado (TTPC) e o Gráfico de Balanceamento de Operador (GBO), apresentados por Rother e Harris (2002) – o que possibilitou uma melhor visão do processo e seus sub-processos.

A Figura 19 mostra parte de uma das TTPC adaptadas levantadas, onde foram registrados os dados dos horários, durações (eixo Y) e seqüência dos sub-processos envolvidos na produção das telhas (eixo X), sendo que cada bloco representa um sub-processo. Neste quadro, partiu-se do pressuposto de que cada sub-processo era feito por uma mesma equipe, sendo que, posteriormente, foi constatado que isto não acontecia desta maneira. Os horários e seqüências de execução diários foram comparados entre si, utilizando-se várias medições para se ter dados mais detalhados das variações dos horários.

O levantamento inicial destes horários e duração dos sub-processos foi feito inicialmente pelo pesquisador durante dois dias, e concluído após uma reunião com as equipes da fábrica, que tinham certo nível de conhecimento dos processos (assistente de encarregado das telhas, assistente de laboratório, assistente da qualidade). Foi estabelecido um compromisso sobre qual seria o padrão para o início e o fim de cada sub-processo, ou seja, quais horários seriam considerados como o de início e o de fim dos sub-processos, além de definir-se o nome padrão para cada sub-processo, para todos levantarem dados do mesmo sub-processo. Tais providências visaram a estabelecer dentro da fábrica a capacitação do pessoal no processo de coleta de dados assim como envolvimento do pessoal na pesquisa.

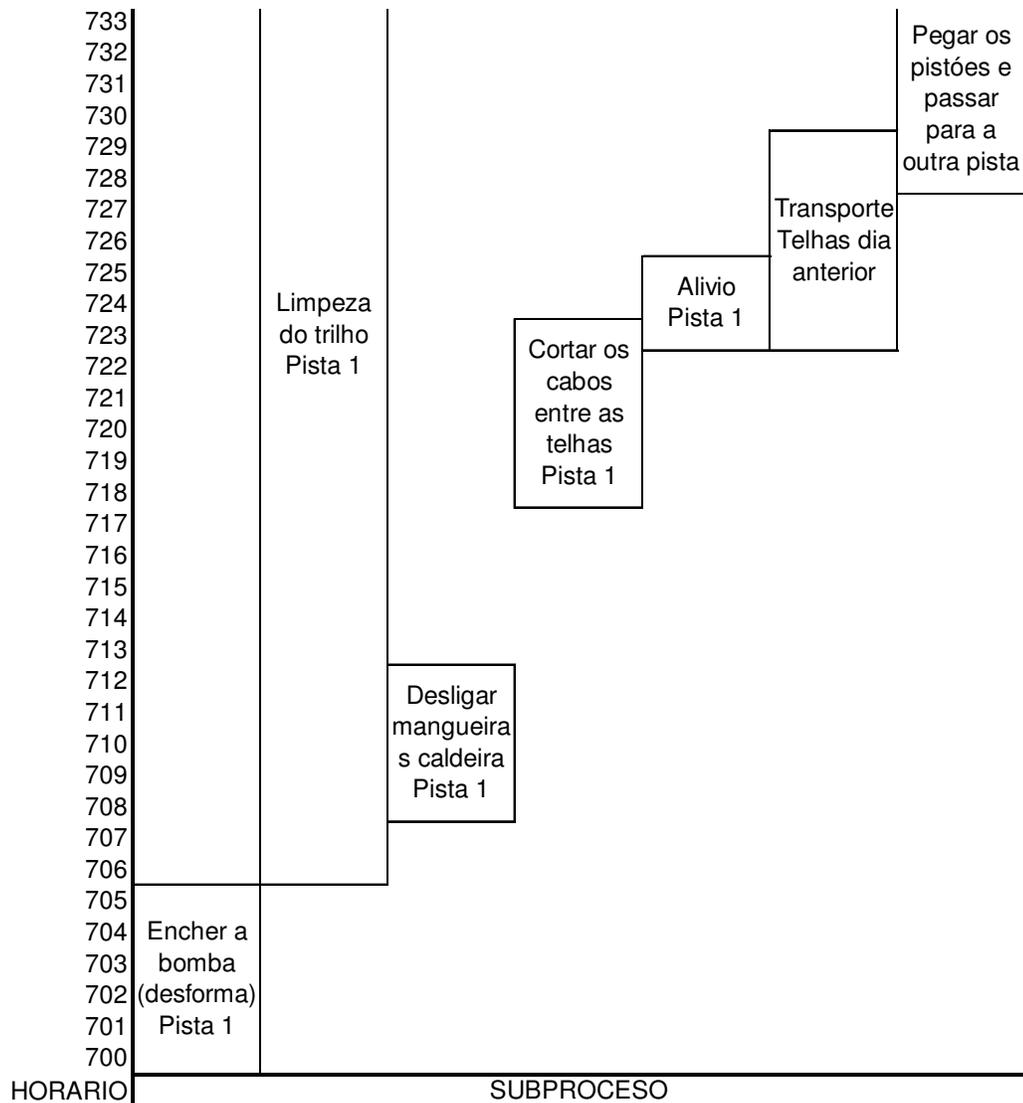


Figura 19. Tabela de Trabalho Padronizado Combinado adaptado (TTPCa).

Depois de estabelecido este consenso sobre os sub-processos e variáveis, foram levantados dados durante uma semana por pessoas diferentes a cada dia. Cabe mencionar que, a cada dia, a pessoa encarregada pelo levantamento dos dados (o pesquisador, o assistente encarregado das telhas, o assistente de laboratório, o assistente da qualidade) foi fixada na área de produção durante o dia todo, tendo contato direto com os processos, bem como com os problemas e causas de atrasos.

4.1.2 DIAGNÓSTICO INICIAL DOS SUBPROCESSOS

Utilizando o tempo de execução de cada um destes sub-processos e as equipes, foram analisadas TTPCas com medições feitas durante diferentes dias durante uma semana, para que estes horários e durações fossem comparadas com os dados levantados.

Analisando-se as TTPCas dos sub-processos envolvidos, foram constatadas variações nos tempos de produção dos diferentes sub-processos, bem como na seqüência, horário de execução e o número de pessoas de cada equipe envolvida em cada sub-processo. Tais constatações demonstraram uma falta de estabilidade na seqüência de produção, assim como no padrão de trabalho na execução dos sub-processos estudados.

Com a detecção destes problemas específicos, viu-se a necessidade de uma ação para estabilizar o sistema. Assim, foi proposta a aplicação de ferramentas específicas e a implantação de princípios da mentalidade enxuta (*lean thinking*) em todas as atividades envolvidas que pudessem ajudar a estabilizar as seqüências de produção contribuindo para uma possível futura padronização das mesmas.

4.2 ETAPA 2 – IMPLANTAÇÃO

A segunda etapa do estudo iniciou com a proposta de estabilização dos horários de produção dos diferentes sub-processos envolvidos, ou seja, produzir segundo os horários de produção planejados. Para essa estabilização foram utilizados dados de campo referentes ao tempo e horário de execução dos diferentes sub-processos envolvidos, assim como as seqüências dos mesmos. Com base nestes dados, foi estabelecida uma proposta de como atingir esta estabilização.

4.2.1 PROPOSTA DE ESTABILIZAÇÃO UTILIZANDO UM QUADRO DE STATUS DA PRODUÇÃO

Foi concebido um Quadro de *status* da produção visando um melhor gerenciamento visual com base no tempo de execução das diferentes etapas já estudadas e nos respectivos horários (Planilha de estudo dos processos). Este conjunto de informações foi definido por meio de reuniões semanais com o encarregado da produção deste produto e seu assistente. Nestas reuniões semanais foram apuradas as etapas e sub-processos considerados críticos para o controle diário da produção (segundo o encarregado e o pesquisador), os quais funcionariam como sinalizadores de problemas nos horários de produção.

As propostas iniciais do Quadro de *status* da produção das pistas 1 e 2 estão apresentadas na Figura 20 e na Figura 21. Essas propostas sofreram duas modificações durante sua criação, com base nas sugestões do encarregado feitas nas reuniões semanais. As modificações estão explicitadas nas figuras citadas acima e explicadas a seguir.

Esta proposta sofreu duas modificações durante sua criação com base nas sugestões do encarregado, feitas nas reuniões semanais. Na primeira semana o encarregado comentou:

*“Eu acho que seria bom colocar no quadro mais duas atividades: **desforma e transporte**, e **protensão**, já que são atividades importantes para o controle geral da produção diária das telhas, e também são fáceis de monitorar”.*

Com base neste comentário percebeu-se que era possível monitorar as atividades e que, de certa forma, o encarregado já tinha uma maneira de monitorar o processo como um todo. Isto também permitiu perceber que existiam falhas no controle das atividades no trabalho diário, sendo este considerado apenas como um ponto de partida. Isto foi usado como afirmação do fato de que era possível monitorar de uma maneira mais detalhada a execução do processo e, em função disso, foram acrescentadas no Quadro de *status* da produção as atividades de “desforma e transporte” e “protensão” (Figura 20 e Figura 21).

A segunda modificação na proposta foi feita após a reunião semanal subsequente, quando o encarregado e o assistente comentaram o seguinte:

“Se a gente (sic) controlar a **colocação da tela** ajudaria a enxergar o início da etapa seguinte da produção das telhas. Aliás, é neste momento que os funcionários têm que se deslocar ao setor ao lado para pegar a tela e isso ajudaria a ter um melhor controle sobre os funcionários”.

Com isto, percebeu-se outra vez o interesse do encarregado na implementação de melhorias, assim como em achar uma maneira de facilitar o controle das atividades do processo. Assim, tentou-se criar uma maneira para que o sistema tivesse um nível mínimo de autocontrole, ou seja, que o processo não necessitasse de supervisão do encarregado durante o dia todo. Neste sentido, os próprios operários deveriam ser responsáveis pelo controle do avanço ou atrasos na produção.

Como produto das discussões com o encarregado, foi apresentado a proposta inicial que seria posta em prática (Figura 20).

		LOCAL: ITAPEVI		Produção diária: Pista 1	
Etapas do processo	Subprocesso	INÍCIO		FIM	
		Planejado	Real	Planejado	Real
Alívio da protensão Pista 1	Alívio	6:00	/	6:50	/
Transporte p/ área de acabamentos	Desforma e Transporte	7:50	/	8:15	/
Limpeza da Pista	Limpeza após desforma	8:00	/	9:20	/
Colocação da tela Pista 1	Colocação da tela	9:25	/	10:00	/
Protendido Pista 1	Protensão	9:40	/	11:20	/
Amarrar as telas e a armação Pista 1	Amarração da tela e armação após protensão	12:00	/	14:00	/
Concretagem Pista 1	Concretagem - carrinho	13:00	/	14:50	/
	Equipe de acabamento	13:15	/	15:10	/

Figura 20. Proposta inicial de Quadro de status da produção para a pista 1.

Etapas do processo	Subprocesso	LOCAL: ITAPEVI				Produção diária: Pista 2	
		INÍCIO		FIM			
		Planejado	Real	Planejado	Real		
Alívio da protensão Pista 2	Alívio	6:50	/	7:40	/		
Transporte p/ área de acabamentos	Desforma e Transporte	8:35	/	9:00	/		
Limpeza da Pista	Limpeza após desforma	9:00	/	10:10	/		
Colocação da tela Pista 2	Colocação da tela	10:10	/	10:45	/		
Protendido Pista 2	Protensão	10:25	/	12:00	/		
Amarrar as telas e a armação Pista 2	Amarração da tela e armação após protensão	13:40	/	15:40	/		
Concretagem Pista 2	Concretagem - carrinho	15:00	/	16:40	/		
	Equipe de acabamento	15:15	/	17:00	/		

Figura 21. Proposta inicial de Quadro de status da produção para a pista 2.

Finalmente, esta proposta foi apresentada ao encarregado de produção das telhas, ao seu assistente e ao encarregado da qualidade da fábrica, incluindo este último numa tentativa de envolver mais pessoas no processo da futura implantação, assim como ouvir as possíveis sugestões de pessoas envolvidas diretamente no planejamento e produção.

CICLO DE: AVALIAÇÃO – PROPOSTA – IMPLANTAÇÃO - DIAGNÓSTICO DO QUADRO DE STATUS DA PRODUÇÃO (MELHORIA CONTÍNUA)

Nesta etapa, foi avaliado o primeiro *Andon* implantado e foram identificadas algumas possíveis mudanças com base nos dados obtidos após a primeira semana de funcionamento do *Andon*. Observou-se, nos registros diários, que muitos dados ainda não coincidiam com o planejado. Por meio do registro diário também foi detectado que uma das causas deste problema era a variabilidade do número de pessoas nas equipes. Assim, na reunião semanal, o pesquisador junto com o encarregado decidiram acrescentar uma coluna no *Andon*, que indicaria o número de pessoas em cada equipe trabalhando em cada um dos sub-processos do *Andon* (Figura 22). Se este número de pessoas nas equipes não fosse real, o encarregado e o líder da equipe deveriam achar a causa disto, além de uma possível solução para que este fato não ocorresse mais.

Nesta etapa, o encarregado e seu assistente também sugeriram a implantação de mais dois sub-processos como itens de controle do *Quadro*: “Lixado e acabamento” e “Transportar as telhas do dia anterior” (Figura 22), mesmo que estas duas atividades utilizassem equipes diferentes das que atuavam diretamente nas atividades da produção das telhas, mas que ainda continuavam tendo relação com tais atividades (Figura 22).

		LOCAL: ITAPEVI		Produção diária: Pista 1		DATA: ___ / ___ / ___	
Etapas do processo	Subprocesso	Número de operários	INICIO		FIM		Problemas
			Planejado	Real	Planejado	Real	
Alívio da protensão Pista 1	Alívio	10	6:10	/	7:00	/	
Transporte p/ área de acabamentos	Desforma e Transporte	5	7:00	/	7:20	/	
Acabamento Final	Lixado e acabamento	3	7:10	/	11:00	/	
Limpeza da Pista	Limpeza após desforma	5	7:20	/	8:15	/	
Colocação da tela Pista 1	Colocação da tela	2	8:10	/	9:00	/	
Protendido Pista 1	Protensão	2	9:00	/	10:20	/	
Amarrar as telas e a armação Pista 1	Amarração da tela e armação após protensão	5	10:20	/	12:20	/	
Concretagem Pista 1	Concretagem - carrinho	14	13:10	/	14:30	/	
	Equipe de acabamento	6	13:30	/	15:25	/	
Transporte p/ área de estoque	Transportar as telhas do dia anterior	5	16:00	/	17:00	/	

Figura 22. *Quadro modificado após primeira rodada na pista 1 (Versão 2)*

		LOCAL: ITAPEVI		Produção diária: Pista 2		DATA: ___ / ___ / ___	
Etapas do processo	Subprocesso	Número de operários	INICIO		FIM		Problemas
			Planejado	Real	Planejado	Real	
Alívio da protensão Pista 2	Alívio	5	7:00	/	7:50	/	
Transporte p/ área de acabamentos	Desforma e Transporte	5	7:50	/	8:15	/	
Acabamento Final	Lixado e acabamento	3	12:10	/	16:00	/	
Limpeza da Pista	Limpeza após desforma	5	8:25	/	9:20	/	
Colocação da tela Pista 2	Colocação da tela	2	9:20	/	10:00	/	
Protendido Pista 2	Protensão	2	10:30	/	11:50	/	
Amarrar as telas e armação Pista 2	Amarração da tela e armação após protensão	7	13:30	/	15:30	/	
Concretagem Pista 2	Concretagem - carrinho	14	14:40	/	16:00	/	
	Equipe de acabamento	6	15:30	/	16:30	/	
Transporte p/ área de estoque	Transportar as telhas do dia anterior	5	16:00	/	17:00	/	

Figura 23. Quadro modificado após primeira rodada na pista 2 (Versão 2)

Na Figura 22 e na Figura 23 observa-se que as mudanças também envolveram os horários das atividades. Isto ocorreu em função de uma sugestão do encarregado de diminuir a duração de algumas delas. Sua intenção foi diminuir as folgas entre as atividades e obrigar que os problemas se tornassem aparentes, proporcionando assim a análise de suas causas e possíveis soluções.

Outra mudança relevante no Quadro de *status* da produção foi a construção de uma terceira pista de produção durante o andamento desta pesquisa. O Quadro teve que ser modificado para incorporar uma pista a mais durante o mesmo período de produção das outras duas pistas, o que não causou muita dificuldade já que, esta mudança foi executada numa etapa em que os trabalhadores e encarregados já estavam familiarizados com o seu uso. Assim, foi solicitado ao encarregado geral de produção, em conjunto com seu assistente, a reorganização dos horários segundo suas próprias experiências no processo e levando em consideração todas as melhorias e conhecimentos adquiridos durante o desenvolvimento da pesquisa. O quadro de *status* da produção da nova pista (pista 3) é apresentado na Figura 24 .

Um fato importante percebido nesta fase da pesquisa foi a necessidade de fazer o planejamento dos horários com base numa atividade que ditasse o ritmo da produção (processo puxador). Para isso, optou-se por colocar a concretagem como atividade responsável pelo ritmo, sendo que esta atividade tinha um tempo de duração praticamente estável e era executada por uma equipe diferente, além de ser alocada em outras famílias de produtos. Assim, fixou-se o horário de concretagem (início e fim) de cada pista. Com base nele, foram abstraídos os horários dos outros sub-processos. O processo de identificar o “processo puxador” e realizar um plano de horários baseado nessa atividade foi a chave do sucesso da organização dos horários do quadro de *status* da produção (Figura 24).

		LOCAL: ITAPEVI		Produção diária: Pista 1		DATA: ___ / ___ / ___	
Etapas do processo	Subprocesso	Número de operários	INICIO		FIM		Problemas
			Planejado	Real	Planejado	Real	
Alívio da protensão Pista 1	Alívio	10	6:10	/	6:50	/	
Transporte p/ área de acabamentos	Desforma e Transporte	5	7:00	/	7:20	/	
Acabamento Final	Lixado e acabamento	3	8:30	/	11:00	/	
Limpeza da Pista	Limpeza após desforma	10	8:10	/	8:40	/	
Colocação da tela Pista 1	Colocação da tela	4	8:45	/	9:15	/	
Protendido Pista 1	Protensão	4	9:20	/	10:00	/	
Amarrar as telas e a armação Pista 1	Amarração da tela e armação após protensão	6	10:25	/	13:30	/	
Concretagem Pista 1	Concretagem - carrinho	14	14:00	/	15:10	/	
	Equipe de acabamento	6	14:20	/	15:30	/	
Transporte p/ área de estoque	Transportar as telhas do dia anterior	5	16:55	/	17:20	/	

Figura 24. Quadro de status da produção modificado da pista 1 após construção Pista 3 (Versão 3).

		LOCAL: ITAPEVI		Produção diária: Pista 2		DATA: ___ / ___ / ___	
Etapas do processo	Subprocesso	Número de operários	INICIO		FIM		Problemas
			Planejado	Real	Planejado	Real	
Alívio da protensão Pista 2	Alívio	9	6:25	/	7:15	/	
Transporte p/ área de acabamentos	Desforma e Transporte	5	7:25	/	7:45	/	
Acabamento Final	Lixado e acabamento	3	12:05	/	14:35	/	
Limpeza da Pista	Limpeza após desforma	6	8:45	/	9:30	/	
Colocação da tela Pista 2	Colocação da tela	4	10:05	/	10:35	/	
Protendido Pista 2	Protensão	4	10:40	/	11:40	/	
Amarrar as telas e a armação Pista 2	Amarração da tela e armação após protensão	6	13:35	/	15:20	/	
Concretagem Pista 2	Concretagem - carrinho	14	15:20	/	16:30	/	
	Equipe de acabamento	6	15:40	/	16:50	/	
Transporte p/ área de estoque	Transportar as telhas do dia anterior	5	17:20	/	17:40	/	

Figura 25. Quadro de status da produção modificado da pista 2 após construção Pista 3 (Versão 3).

		LOCAL: ITAPEVI		Produção diária: Pista 3		DATA: ___ / ___ / ___	
Etapas do processo	Elemento do trabalho	Número de operários	INICIO		FIM		Problemas
			Planejado	Real	Planejado	Real	
Alívio da protensão Pista 3	Alívio	9	7:15	/	8:05	/	
Transporte p/ área de acabamentos	Desforma e Transporte	5	7:50	/	8:10	/	
Acabamento Final	Lixado e acabamento	3	14:40	/	16:50	/	
Limpeza da Pista	Limpeza após desforma	6	9:35	/	10:20	/	
Colocação da tela Pista 3	Colocação da tela	4	12:45	/	13:15	/	
Protendido Pista 3	Protensão	4	13:20	/	14:20	/	
Amarrar as telas e a armação Pista 3	Amarração da tela e armação após protensão	10	15:25	/	16:30	/	
Concretagem Pista 3	Concretagem - carrinho	14	16:40	/	17:50	/	
	Equipe de acabamento	6	17:00	/	18:10	/	
Transporte p/ área de estoque	Transportar as telhas do dia anterior	5	17:40	/	17:00	/	

Figura 26. Quadro de status da produção modificado da pista 3 após construção Pista 3 (Versão 3).

Após reunião com o encarregado da etapa de preparação da armação, o quadro de *status* da produção foi modificado novamente (Figura 27) para proporcionar uma maior liberdade ao encarregado na distribuição do pessoal. Este poderia reagrupar as equipes de três sub-processos. Esta medida permitiria obter uma maior estabilidade entre os sub-processos anteriores e posteriores. Foi também sugerida classificação como um sub-processo único dos sub-processos de “limpeza após desforma”, “colocação da tela” e “preparação da tela para protensão”, o que asseguraria o compromisso desta equipe em ter as pistas prontas para liberá-las à equipe da protensão em um horário específico. Anteriormente, o sub-processos de “preparação da tela para protensão” e a “protensão” eram considerados um sub-processo único (Figura 27).

		LOCAL: ITAPEVI		Produção diária: Pista 1		DATA: ___ / ___ / ___	
Etapas do processo	Subprocesso	Número de operários	INÍCIO		FIM		Problemas
			Planejado	Real	Planejado	Real	
Alívio da protensão Pista 1	Alívio	10	6:10	/	6:50	/	
Transporte p/ área de acabamentos	Desforma e Transporte	5	7:00	/	7:20	/	
Acabamento Final	Lixado e acabamento	3	8:30	/	11:00	/	
Limpeza da Pista - colocação da tela - Preparação para protensão	Limpeza após desforma - Locação da tela - Preparação Protendido	6	7:10	/	9:15	/	
Protendido	Protensão	2	9:20	/	9:35	/	
Amarrar as telas e a armação Pista 1	Amarração da tela e armação após protensão	6	9:35	/	11:30	/	
Concretagem Pista 1	Concretagem - carrinho	14	12:30	/	13:40	/	
	Equipe de acabamento	6	12:50	/	14:00	/	
Transporte p/ área de estoque	Transportar as telhas do dia anterior	5	16:55	/	17:20	/	

Figura 27. Quadro de status da produção modificado da pista 1 agrupando sub-processos (Versão 4/5).

LOCAL: ITAPEVI		Produção diária: Pista 2				DATA: ___ / ___ / ___
Subprocesso	Número de operários	INICIO		FIM		Problemas
		Planejado	Real	Planejado	Real	
Alívio	10	6:25	/	7:15	/	
Desforma e Transporte	5	7:25	/	7:45	/	
Lixado e acabamento	3	12:05	/	14:35	/	
Limpeza após desforma - Locação da tela - Preparação Protendido	6	8:30	/	10:35	/	
Protensão	2	11:30	/	11:45	/	
Amarração da tela e armação após protensão	6	12:30	/	13:55	/	
Concretagem - carrinho	14	13:50	/	15:00	/	
Equipe de acabamento	6	14:10	/	15:20	/	
Transportar as telhas do dia anterior	5	17:20	/	17:40	/	

Figura 28. Quadro de status da produção da pista 2 modificado, agrupando sub-processos (Versão 4/5).

LOCAL: ITAPEVI		Produção diária: Pista 3				DATA: ___ / ___ / ___	
Etapas do processo	Elemento do trabalho	Numero de operarios	INICIO		FIM		Problemas
			Planejado	Real	Planejado	Real	
Alívio da protensão Pista 3	Alívio	10	6:30	/	7:40	/	
Transporte p/ área de acabamentos	Desforma e Transporte	5	7:50	/	8:10	/	
Acabamento Final	Lixado e acabamento	3	14:40	/	16:50	/	
Limpeza da Pista - colocação da tela - Preparação para protensão	Limpeza após desforma - Locação da tela - Preparação Protendido	6	9:35	/	11:40	/	
Protendido	Protensão	2	11:45	/	12:00	/	
Amarrar as telas e a armação Pista 3	Amarração da tela e armação após protensão	6	14:05	/	15:45	/	
Concretagem Pista 3	Concretagem - carrinho	14	15:10	/	16:20	/	
	Equipe de acabamento	6	15:30	/	16:40	/	
Transporte p/ área de estoque	Transportar as telhas do dia anterior	5	17:40	/	18:00	/	

Figura 29. Quadro de status da produção da pista 3 modificado, agrupando sub-processos (Versão 4/5).

Após uma semana utilizando este novo *Andon*, pequenas modificações nos horários foram feitas (Figura 27, Figura 28 e Figura 29). Em resumo, o *Andon* foi modificado cinco vezes, mantendo-se o ciclo de avaliação – proposta de melhoria – implantação, e a modificação ocorreu em cada um destes ciclos nas variações nos tempos e nas seqüências dos sub-processos. Comparando o processo programado com o executado, as variações nos tempos e nas seqüências das atividades foram reduzidas.

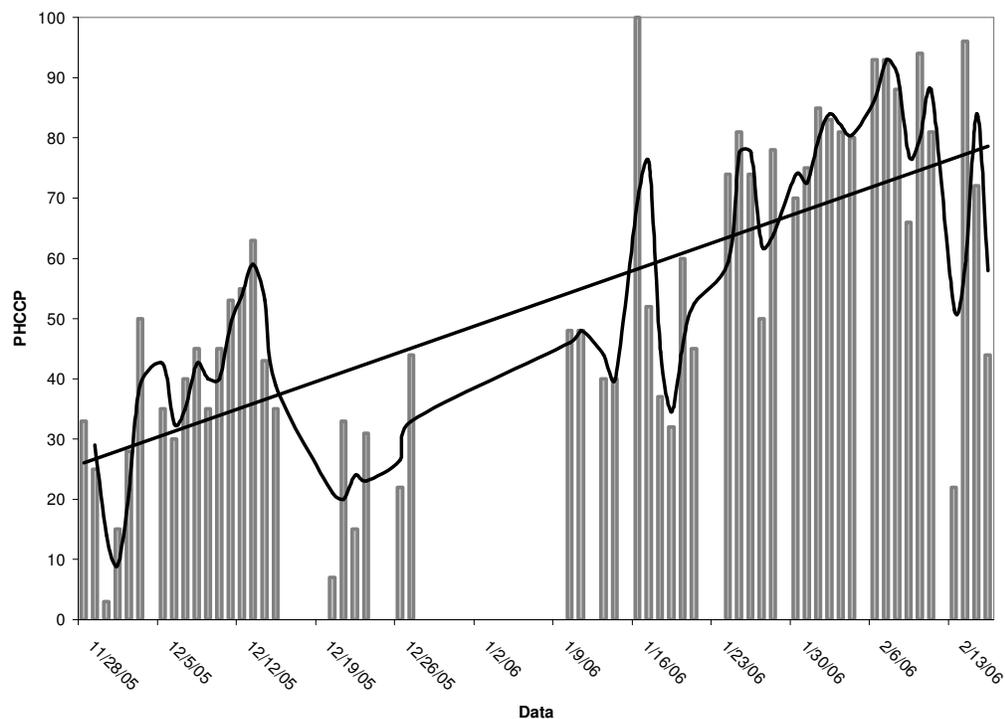
4.3 ETAPA 3 - VERIFICAÇÃO

- **PROPOSTA DE INDICADOR**

Na Figura 30 é apresentado um gráfico contendo o Percentual de Horários Cumpridos Conforme o Planejado (PHCCP), sendo este um indicador adaptado do indicador PPC (Percentual Planejado Cumprido) utilizado no sistema *Last Planner*. Nesta pesquisa o PPC foi utilizado para comparar as variações dos horários planejados com os executados ao longo da pesquisa. Na Figura 30 apresentam-se dados provenientes da implantação do Quadro de *status* da produção com base no consenso entre o pesquisador e o encarregado. Este indicador foi decisivo para a avaliação do grau de estabilidade da produção assim como das causas e soluções propostas para atingi-la.

- **IMPLEMENTAÇÃO DE INDICADOR**

No início da implantação do Quadro de *status* da produção os horários reais e planejados coincidiam em cerca de 30% das vezes, sendo que após todas as mudanças e melhorias feitas no quadro de *status* da produção inicial conseguiu-se cumprir cerca de 75% do planejado de forma constante havendo uma tendência de aumento no PHCCP, sendo que, num dos casos, atingiu-se 100% (Figura 30).



Para ilustrar esta formalização no padrão do trabalho criou-se uma tabela, usando como referência a Tabela de Trabalho Padronizado Combinado apresentada por Rother e Harris (2002). Na Figura 31 é apresentada parte da Tabela de Trabalho Padronizado Combinado (TTPC) (No Anexo C encontra-se a TTPC completa com as três pistas) do processo de produção das telhas, que foi modificada para este processo de produção. Ao invés de se observar apenas um operário por atividade (TTPC de Rother e Harris, 2002), a TTPC apresentada na Figura 31 acompanhou-se todas as equipes envolvidas na produção das telhas ao longo do dia em cada um dos subprocessos citados.

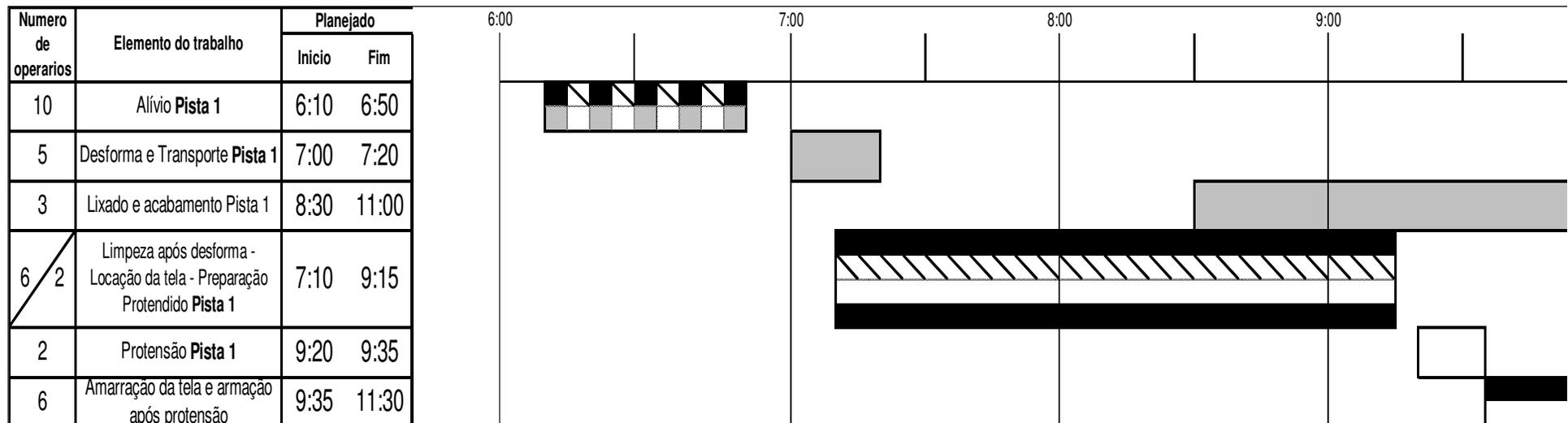


Figura 31. Tabela de Trabalho Padronizado Combinado TTPC (adaptado de Rother e Harris, 2002).

Cada hachura representa uma equipe, a saber ■ equipe de amarração, ■ equipe de lixamento e acabamento, □ equipe de protensão, \ equipe de ajudantes geral, e / equipe de concretagem (esta última não aparece no gráfico parcial mostrado. Verificar no Anexo C o gráfico de cada pista)

4.5 ANÁLISE FINAL DOS RESULTADOS

4.5.1 MAPA DE FLUXO DE VALOR (MFV)

A empresa já tinha desenhado os MFVs do estado atual e futuro após um ciclo de melhorias que vinha sendo implantado na fábrica, tendo atingido várias das metas projetadas no MFV futuro, como por exemplo, criar um fluxo contínuo entre algumas etapas, reduzir estoques, dentre outras melhorias. O fato de ter-se atingido melhorias antes do começo desta pesquisa permitiu uma implantação mais fácil das ferramentas propostas. O fato de que, no momento de desenhar o MFV do estado atual, parte dos desperdícios já tinha sido eliminada, fez com que o MFV desenhado nesta pesquisa não atingisse algumas de suas metas. Por exemplo, não foi possível se representar de maneira explícita a interposição entre certos subprocessos, e nem se alterar a quantidade de pessoas nas equipes.

Além de tentar a implantação do MFV de estado futuro, foi necessário o aprofundamento nas análises dos detalhes de cada subprocesso assim como a interação com as outras atividades do processo, razão pela qual se propôs elaborar uma Tabela de Trabalho Padronizado Combinado (TTPC) das atividades, que será vista a seguir.

4.5.2 TABELA DE TRABALHO PADRONIZADO COMBINADO adaptada (TTPCa)

Na análise dos TTPCa de cada subprocesso foram constatadas variações nos tempos de produção dos diferentes subprocessos envolvidos, bem como na seqüência deles, o que evidenciou falta de estabilidade na produção. No Gráfico de Balanceamento do Operador (GBO) apresentado por Rother e Harris (2002) as colunas representam cada operador, e cada uma das atividades executadas por ele são somadas, acarretando no final uma soma do trabalho executado por cada operador. Na presente pesquisa as colunas representavam cada um dos subprocessos, e estes foram colocados ao longo da linha do

tempo. Esta linha representa os horários em que cada subprocesso era executado, ou seja, a localização no tempo ao longo do dia de cada subprocesso. Desta forma, pode-se visualizar de maneira integrada a seqüência dos processos, localização das equipes e o tempo de duração de cada atividade.

4.5.3 QUADRO DE STATUS DA PRODUÇÃO

Nas Figura 32, 33 e 34 apresenta-se o último Quadro de *status* da produção modificado onde se mostra a classificação final dos subprocessos considerados como críticos para se atingir um melhor controle dentro das seqüências de produção e também suas estabilidades. Neste Quadro (Figura 32) de *status* da produção também já estão incluídos a terceira pista de produção de telhas, bem como os horários de início e fim planejados para cada subprocesso, bem como o número de funcionários envolvidos em cada um deles. Nas Figura 32, 33 e 34 pode-se notar ainda a coluna de “observação”, que se constituiu num elemento importante para o êxito do Quadro de *status* da produção, já que ela proporcionou a visualização imediata de problemas em cada etapa, possíveis soluções, e sugestões de melhoria. Desta maneira puderam-se detectar as causas dos atrasos na produção diária e manter uma melhoria contínua no processo de produção desta família de peças.

		LOCAL: ITAPEVI		Produção diária: Pista 1		DATA: ___ / ___ / ___	
Etapas do processo	Subprocesso	Numero de operarios	INICIO		FIM		Observação
			Planejado	Real	Planejado	Real	
Alivio da protensão Pista 1	Alívio	10	6:10	/	6:50	/	
Transporte p/ área de acabamentos	Desforma e Transporte	5	7:00	/	7:20	/	
Acabamento Final	Lixado e acabamento	3	8:30	/	11:00	/	
Limpeza da Pista - colocação da tela - Preparação para protensão	Limpeza após desforma - Locação da tela - Preparação Protendido	6	7:10	/	9:15	/	
Protendido	Protensão	2	9:20	/	9:35	/	
Amarrar as telas e a armação Pista 1	Amarração da tela e armação após protensão	6	9:35	/	11:30	/	
Concretagem Pista 1	Concretagem - carrinho	14	12:30	/	13:40	/	
	Equipe de acabamento	6	12:50	/	14:00	/	
Transporte p/ área de estoque	Transportar as telhas do dia anterior	5	16:55	/	17:20	/	

Figura 32. Quadro de status da produção final (Pista 1).

		LOCAL: ITAPEVI		Produção diária: Pista 2		DATA: ___ / ___ / ___	
Etapas do processo	Subprocesso	Numero de operarios	INICIO		FIM		Observação
			Planejado	Real	Planejado	Real	
Alívio da protensão Pista 2	Alívio	10	6:25	/	7:15	/	
Transporte p/ área de acabamentos	Desforma e Transporte	5	7:25	/	7:45	/	
Acabamento Final	Lixado e acabamento	3	12:05	/	14:35	/	
Limpeza da Pista - colocação da tela - Preparação para protensão	Limpeza após desforma - Locação da tela - Preparação Protendido	6	8:30	/	10:35	/	
Protendido	Protensão	2	11:30	/	11:45	/	
Amarrar as telas e a armação Pista 2	Amarração da tela e armação após protensão	6	12:30	/	13:55	/	
Concretagem Pista 2	Concretagem - carrinho	14	13:50	/	15:00	/	
	Equipe de acabamento	6	14:10	/	15:20	/	
Transporte p/ área de estoque	Transportar as telhas do dia anterior	5	17:20	/	17:40	/	

Figura 33. Quadro de status da produção final (Pista 2)

		LOCAL: ITAPEVI		Produção diária: Pista 3		DATA: ___ / ___ / ___	
Etapas do processo	Subprocesso	Numero de operarios	INICIO		FIM		Obseração
			Planejado	Real	Planejado	Real	
Alívio da protensão Pista 3	Alívio	10	6:30	/	7:40	/	
Transporte p/ área de acabamentos	Desforma e Transporte	5	7:50	/	8:10	/	
Acabamento Final	Lixado e acabamento	3	14:40	/	16:50	/	
Limpeza da Pista - colocação da tela - Preparação para protensão	Limpeza após desforma - Locação da tela - Preparação Protendido	6	9:35	/	11:40	/	
Protendido	Protensão	2	11:45	/	12:00	/	
Amarrar as telas e a armação Pista 3	Amarração da tela e armação após protensão	6	14:05	/	15:45	/	
Concretagem Pista 3	Concretagem - carrinho	14	15:10	/	16:20	/	
	Equipe de acabamento	6	15:30	/	16:40	/	
Transporte p/ área de estoque	Transportar as telhas do dia anterior	5	17:40	/	18:00	/	

Figura 34. Quadro de status da produção final (Pista 3)

Para o êxito do Quadro de *status* da produção foi necessário que os dados fossem anotados e controlados pelo líder da equipe que possuía a capacidade de detectar de maneira imediata problemas que pudessem causar algum tipo de atraso. Tal verificação ocorreu diariamente e com um controle semanal o qual era revisado em conjunto com o pesquisador. A capacidade e poder de tomada de decisões imediatas do líder para solucionar os problemas na medida em que aconteciam, assim como a prevenção de futuras recorrências dos mesmos, foram fatores determinantes para se atingirem as metas de produção, bem como para manter a estabilidade da produção. É importante mencionar que o líder da equipe tinha característica multifuncional (sabia realizar varias tarefas), fato este relevante no acompanhamento e para solucionar os problemas. Isto foi um fator decisivo, já que ao mesmo tempo mantivesse o problema da anotação das observações (problemas no Quadro de *status* da produção), sendo que as mesmas não estivessem sendo anotadas nuns 100%. Entretanto o pesquisador constatou que a maioria dos problemas apontados pelo encarregado estava fora de seu controle por exemplo; quebra de equipamento e falta de energia, dentre outras.

4.5.4 AUMENTO DA PRODUTIVIDADE

No decorrer das diversas etapas envolvidas neste estudo, percebeu-se que durante as implantações houve um aumento na produtividade no processo de produção, ocorrendo uma diminuição gradual do gasto de homem-hora por m³, registrando-se uma redução de 21 para 16, ou seja, 24%,

É importante mencionar que, em trabalhos prévios de melhoria na empresa, anteriores a esta pesquisa, já se havia obtido um aumento da produtividade, de 28 para 21 homem-hora por m³, ou seja, a empresa conseguiu com a realização de melhorias prévias e com a realização desta pesquisa-ação um aumento de produtividade de 28 para 16, ou seja, 43%

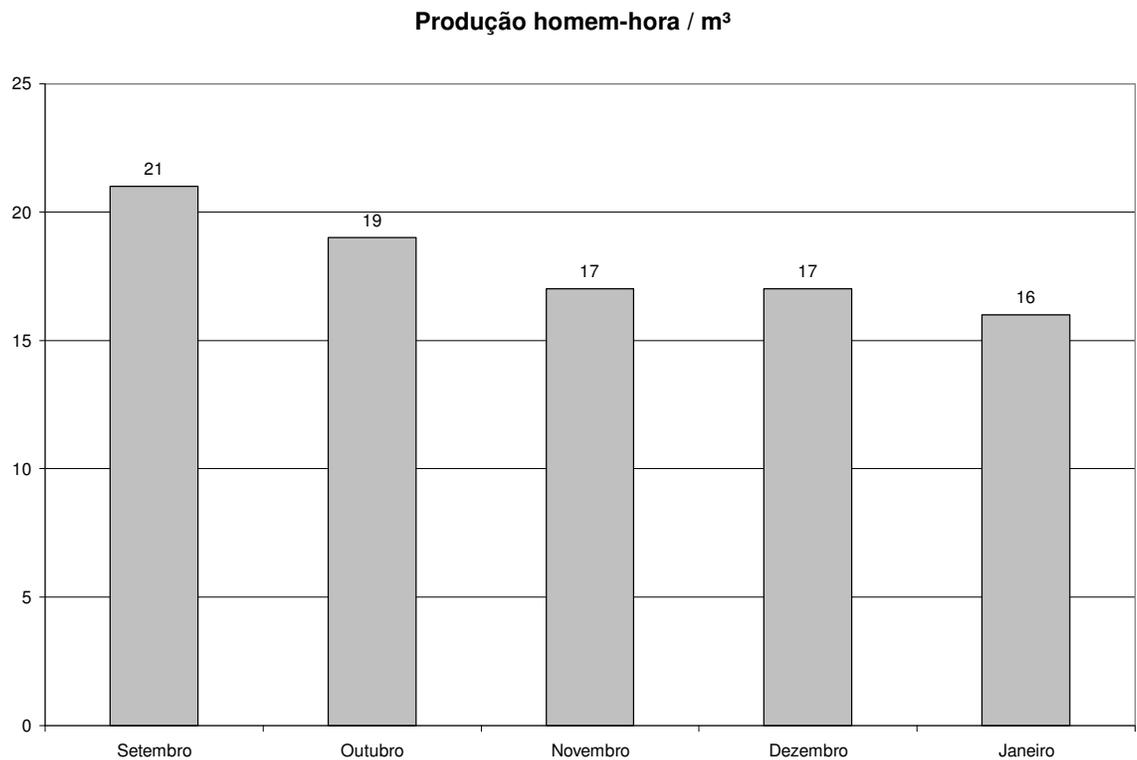


Figura 35. *Gráfico do aumento da produtividade.*

Como avaliação final da pesquisa, verifica-se a importância do estabelecimento de um compromisso sobre qual seria o padrão para o início e o fim de cada subprocesso, ou seja, o que seria considerado como início e fim do subprocesso, além de definir-se o nome padrão para cada subprocesso, com o intuito de todos os envolvidos levantarem dados do mesmo subprocesso. Tais providências visaram a estabelecer dentro da fábrica a capacitação do pessoal no processo de coleta de dados assim como envolvimento do pessoal na pesquisa.

Tal resultado evidencia o efeito positivo de se atingir a estabilidade básica, assim como a implantação de estratégias e ferramentas do *lean thinking* para este fim.

4.6 Diretrizes para a estabilização de processos de produção

Neste item são apresentadas as diretrizes propostas para obter a estabilidade básica assim como sua definição como tal, no processo de produção de telhas de concreto prefabricadas, baseado na revisão bibliográfica e na pesquisa-ação realizada na presente pesquisa.

4.6.1 Fluxo de Valor

Após ter a classificação dos processos envolvidos, o passo seguinte é conhecer o fluxo de valor do processo, e a identificação de possíveis perdas no processo assim como a possibilidade de se proporem melhorias.

Recomenda-se para isto utilizar a ferramenta do Mapeamento de Fluxo de Valor (ROTHER e SHOOK, 2003), onde aproveitando o conhecimento das etapas do processo é possível analisar o fluxo de valor do processo de uma maneira geral e assim determinar possíveis perdas e melhorias no processo.

4.6.2 Classificação das etapas

Num primeiro passo sugere-se fazer um levantamento das etapas do processo produtivo estudado, assim como dos subprocessos envolvidos em cada etapa. O detalhe desta classificação dependerá do grau de detalhe requerido na pesquisa e das condições do ambiente estudado, e dos critérios adotados pelo pesquisador.

O objetivo deste primeiro passo é conhecer o processo produtivo que esta sendo estudado com o maior nível de detalhe necessário para o fim da pesquisa. Para esta etapa sugere-se utilizar como modelo inicial a planilha de estudo dos processos apresentada por

Rother e Harris (2002). No caso desta pesquisa o mesmo foi adaptado utilizando-se etapas e subetapas, ao invés de elementos de trabalho.

4.6.3 Seqüência e duração dos subprocessos

Uma vez conhecido o fluxo de valor do processo, é necessário conhecer em maior nível de detalhe as seqüências e durações dos subprocessos do processo em estudo. Para isto se recomenda a utilização do gráfico criado nesta pesquisa, combinando o Gráfico de Balanceamento de Operador (GBO) e a Tabela de Trabalho Padronizado Combinado (TTPC), chamado nesta pesquisa de Tabela de Trabalho Padronizado Combinado adaptada (TTPCa).

Com este gráfico é possível conhecer a seqüência dos subprocessos, assim como os horários e tempos de duração dos mesmos. Este gráfico também permite enxergar os processos que acontecem de maneira simultânea, dando uma melhor visão para o balanceamento das operações.

Por intermédio de uma simples comparação gráfica destes dados diários é possível estabelecer a seqüência de atividades e os horários de produção, que pode ser usado como referência para se avaliar o grau de estabilidade do processo. Quanto mais se repete o padrão da seqüência e horários, maior o nível de estabilidade.

4.6.4 Controlador

Após conhecer a seqüência e duração das atividades, assim como seu nível de repetitividade, é necessário se tomarem ações para aumentar ou manter esta repetitividade o que se traduz em estabilidade.

Para este fim, foi proposta a ferramenta do Quadro de *status* da produção, a qual, utilizando subprocessos chave no processo produtivo analisado, permite monitorar e tomar ações corretivas imediatas no processo produtivo, quando este não está dentro da seqüência e horários planejados em estudos prévios. O maior benefício deste quadro foi a

possibilidade de se fazer um levantamento das causas, dos atrasos e problemas que não permitem atingir a estabilidade o que torna possível eliminar restrições que não permitem atingir o objetivo de produção e da estabilidade.

Mantendo o cumprimento das seqüências e horários planejados, é possível se atingir a estabilidade básica.

4.6.5 Indicador

Para a medição do nível de estabilidade básica, nesta pesquisa foi proposto um novo indicador chamado de Percentual Planejado Cumprido adaptado (PPCa). Este indicador fornece em porcentagem a quantidade de horários que foram cumpridos segundo o planejado, o que permite uma inferência sobre a estabilidade do processo; um processo cumprindo o planejado terá atingido a estabilidade básica.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES FINAIS

No transcorrer desta pesquisa, foi analisada a aplicação de ferramentas e princípios do *lean thinking* no sistema de produção de telhas de concreto pré-fabricadas, com o objetivo de se atingir a estabilidade básica. Este elemento é considerado a base para a implantação e aplicação bem sucedidas de princípios e ferramentas do *lean thinking* na produção, podendo chegar à complexidade e sofisticação encontradas na manufatura.

A pesquisa teve como objetivo geral propor diretrizes para a estabilização dos processos de produção de pré-fabricados de concreto, com base em princípios e ferramentas do *lean thinking*. Em relação a este objetivo a pesquisa propôs 5 diretrizes apresentadas no item 4.6 que, de forma resumida, faz uma classificação das etapas do processo, analisa o fluxo de valor, analisa a seqüência e tempos de execução, controla a seqüência e horários e utiliza um indicador para medir a estabilidade do processo por meio do cumprimento do planejado.

Com relação aos objetivos específicos verificou-se a eficácia de um sistema de melhoria contínua por meio do Quadro de *status* da produção por meio do processo de identificação dos problemas, suas causas, possíveis soluções e proposições de melhorias, podendo ser constatado ao atingir a estabilidade. Observou-se que grande parte das anomalias foi devida a causas externas.

Também foi proposto o indicador PPCa para evidenciar as melhorias obtidas após a implantação da estabilização do processo de produção. Por intermédio desse indicador é possível se conhecer o grau de estabilidade básica atingido.

Com relação às premissas feitas no início do trabalho (item 2), constatou-se que a ferramenta Mapa de Fluxo de Valor (MFV) não atingiu completamente suas finalidades, já que a maior parte das melhorias já tinham sido implementadas em exercícios anteriores. Foi possível identificar desperdícios nas durações dos subprocessos e visualizar o processo como um todo, assim como foi possível enxergar as melhorias obtidas com a utilização prévia do MFV, preparando o processo para a próxima etapa de melhorias e implantação de princípios e ferramentas *lean*.

Foi considerada uma ferramenta importante neste estudo o TTPCa, pois permitiu enxergar com maior grau de detalhe as diferentes variações nos tempos de execução, assim como na seqüência das atividades envolvidas. De uma forma geral a análise dos subprocessos utilizando as ferramentas MFV e TTPCa foi usada na implantação do Quadro de *status* da produção proposto pelo pesquisador, que levou a aumentar o nível de estabilidade básica no processo, e, em decorrência, um nível inicial na padronização da seqüência das atividades do processo.

Dentre os problemas operacionais encontrados no início da pesquisa pode-se reportar que o maior de todos foi relacionado ao método, sendo que problemas como falta de material e mão-de-obra, foram pouco observados e os problemas nas máquinas deviam-se, na maior parte das vezes, a quedas da energia. Uma vez definida a organização dos funcionários, suas tarefas diárias e horários, os atrasos na seqüência de produção só ocorreram por fatores externos como, por exemplo, chuva e quebra de equipamento. Esta melhoria na estabilidade é mostrada por meio do indicador PPCa (81) onde valores do PPCa abaixo dos 75% deveram-se à chuva ou quebra de equipamento (energia) na maioria dos casos, como mostraram os dados levantados no Quadro de *status* da produção (exemplos no Anexo B).

O ciclo de implantação e coleta de dados por meio das planilhas e ferramentas características do *lean* utilizado nesta pesquisa ajudou a constatar que a estabilidade básica é a base para a implantação de quaisquer outras ferramentas e princípios do *lean thinking*. Também foi possível constatar que em decorrência da estabilidade básica, foi

possível a implementação da padronização das seqüências de trabalho na fabricação das telhas em decorrência da estabilidade básica. Uma vez atingido isto, é possível se criar um ambiente propício para estudos e outras implantações do *lean thinking* na área de produção na construção civil, visando a uma produção sem desperdício como ideal.

O ciclo de análise – implantação – avaliação, tradicional na pesquisa-ação, permitiu estruturar a pesquisa, e criar um maior envolvimento dos funcionários que atuaram no processo de estabilização da produção junto com o pesquisador, ajudando a incutir nos encarregados dos processos a importância da estabilização e da padronização dos subprocessos no ciclo de produção.

Assim, também é relevante mencionar que como decorrência destas melhorias foi obtido um incremento na produtividade de 21 homem-hora/m³ para 16 homem-hora/m³.

5.2 Recomendações para futuros trabalhos

Com base no estudo realizado são apresentadas as seguintes recomendações para trabalhos futuros:

- Estudos de estabilidade básica em outras áreas de produção dentro da construção civil, para se consolidar a implantação de ferramentas e princípios do *lean thinking* dentro da indústria da construção civil..
- Estudos mais detalhados de mapeamento de fluxo de valor (MFV) de outros processo construtivos que sejam menos repetitivos.
- Estudos de padronização das seqüências das atividades diárias de outros processos produtivos onde podem ser definidos padrões de trabalho mais detalhados;

- Análises dos problemas apresentados durante o processo de estabilização;
- Estudos de estabilidade analisando a influência dos 4 Ms ao mesmo tempo que as restrições apresentadas em cada um destes 4 elementos possam ser avaliadas;
- Estudos de equipes de trabalho multifuncionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, R; ANTUNES JR., J. Takt-time: Conceitos e Contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. **Revista Gestão & Produção**, vol. 8, n. 1, pp. 1-18. São Carlos, Brasil - abril de 2001.

ANTUNES JUNIOR, J. A. V. A. **Em direção a uma teoria geral do processo na administração da produção:** uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e da teoria que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero. 1998. Tese (Doutorado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BALLARD, G.; ARBULU, R. Making prefabrication *lean*. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 12., 2004, Elsinore, Denmark. **Proceedings**.... Elsinore, Denmark, 2004. disponível em <<http://cic.vtt.fi/lean/conferences.htm>> .

BALLARD, G. H. **The Last Planner system of production control**. U.K., 2000. 192 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia, Universidade de Birmingham.

BALLARD, G.; HOWELL, G. Implementing *lean* construction: Stabilizing work flow. In: ALARCÓN, L. (Ed) ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 2., 1994, Santiago, Chile. **LEAN CONSTRUCTION**. Rotterdam: A. A. Balkema, 1997. p. 101-110.

BOYER, R.; FREYSSINET, M. **The productive models**. 1 ed. New York, U.S.A.: Palgrave Macmillan, 2002. 126 p.

CHENG, T.C.E. ; PODOLSKY, S. **Just-in-Time Manufacturing: An introduction**. 1 ed. U.K.: Chapman & Hall, 1993. 226 p.

CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. São Paulo: McGraw-Hill, 1983. 617 p.

COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em Administração. Um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 349 p.

CORRÊA, H. L. **Teoria geral da administração: abordagem histórica da gestão de produção e operações**. 1 ed. São Paulo, Brasil: Atlas, 2003. 157 p.

CORRÊA, H. L. ; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1993. 186 p.

CAMPOS, V. **Qualidade Total. Padronização de Empresas.** 4 ed. Belo Horizonte, Brasil: Fundação Christiano Ottoni, 1992. 124 p.

FONTANINI, P. S. P. **Mentalidade enxuta no fluxo de suprimentos da construção civil - Aplicação de macro mapeamento na cadeia de fornecedores de esquadrias de alumínio.** Campinas, São Paulo, 2004. 259 f. Dissertação - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

GAMBIRASIO JUNIOR, L. Estabilidade Básica In: LEAN SUMMIT, 2006, São Paulo. : Lean Institute Brasil, CD Rom.

GUINATO, P. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente um just-in-time.** Caxias do Sul: EDUCS, 1996. 177 p.

HIROTA, E. H. **Desenvolvimento de competências para a introdução de inovações gerenciais na construção através da aprendizagem na ação.** Porto Alegre, 2001. 205 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

HOWELL, G. A. What is lean construction. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 7., 1999, Berkley, CA. **Proceedings...** U.S.A.,1999. disponível em:<<http://cic.vtt.fi/lean/conferences.htm>>.

JORGE JUNIOR, R. **Análise da aplicação do Sistema Andon em Diferentes Ambientes de Montagem.** Campinas, São Paulo, 2003. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas.

KOSKELA, L. **Application of The New Production Philosophy to Construction.** University of Stanford, U.S.A.: CIFE Technical Report #72, 1992.

KOSKELA, L. **An exploration towards a production theory and its application to construction.** Espoo, Finlândia, 2000. 296 f. Tese (Doutorado em Tecnologia) - Universidade Tecnológica de Helsinki.

KOSKELA, L. Lean production in construction. In: ALARCÓN, L. (Ed) ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 2., 1993, Espoo, Finlandia. **LEAN CONSTRUCTION.** Rotterdam: A. A. Balkema, 1997. p. 1-9.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **Léxico Lean: Glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean.** 1 ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003. 98 p.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota. 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** 1 ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2004. 316 p.

MONDEN, Y. **Toyota Production System: an integrated approach to just in time.** 1 ed. London: Chapman & Hall, 1993. 423 p.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookman, 1997. 150 p.

OLIVEIRA, L. A. DE ; MELHADO, S. B. ; SABBATINI, F. H. O papel estratégico do projeto para a qualidade dos painéis pré-fabricados de fachada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 2001, Fortaleza. **Anais...** Brasil, 2001. disponível em <www.infohab.org.br>.

OLIVEIRA, L. A. De. **Tecnologia de painéis Pré-fabricados Arquitetônicos de Concreto para emprego em fachadas de edifícios.** São Paulo, Brasil, 2002. 175 f. Dissertação - Escola Politécnica, Universidade Estadual de São Paulo.

PICCHI, F. Lean na construção-Introdução conceitual In: LEAN SUMMIT, 2006, São Paulo. São Paulo, Brasil: Lean Institute Brasil, CD Rom.

PICCHI, F. A. **Oportunidades da aplicação do *Lean Thinking* na construção.** Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 7-23, jan./mar. 2003.

PICCHI, F. A. *Lean* principles and the construction main flows. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 8., 2000, Brighton, U. K.. **Proceedings...** U.K., 2000. disponível em:<<http://cic.vtt.fi/lean/conferences.htm>>.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção.** 1 ed. São Paulo, Brasil: Lean Institute Brasil, 2002. 103 p.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício.** 1 ed. São Paulo, Brasil: Lean Institute Brasil, 2003. 102 p.

SANTOS, A. Dos. **Application of flow principles in the production management of construction sites.** Salford, U.K., 1999. 451 f. Tese (Doutorado) - School of Construction and Property Management, University of Salford.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção.** 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 1996a. 291 p.

SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996b. 291p.

SCHONBERGER, R. J. **Técnicas industriais japonesas: nove lições ocultas sobre simplicidade.** Tradução de: Oswaldo Chiquetto. São Paulo: Pioneira, 1984.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção.** 1 ed. São Paulo: Atlas, 1996. 726 p.

SMALLEY, A. The starting point for lean manufacturing: Achieving basic stability. **Management Services**, v. 49, n. 4, p. 8-12, Winter 2005.

SOARES, A. C.; BERNARDES, M. M. S.; FORMOSO, C. T. Improving the production planning and control system in a building company: contributions after stabilization. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10., 2002, Gramado, Brazil. **Proceedings...** Brazil, 2002.

SPEAR, S; BOWEN, H.K. Decoding the DNA of the Toyota Production System. **Harvard Business Review**, Boston, v 77, p. 96-106, Sep/Oct, 1999.

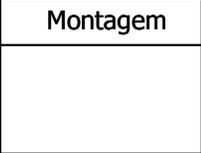
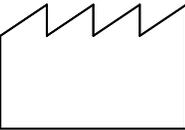
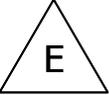
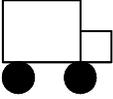
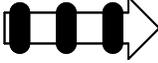
THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** 14 ed. São Paulo: Cortez, 2005. 132 p.

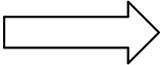
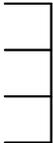
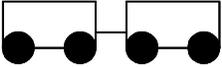
WOMACK, J. P.; JONES K. T.; ROSS, D. **A máquina que Mudou o Mundo.** 3 ed. Rio de Janeiro, Brasil: Campus, 2004. 332 p.

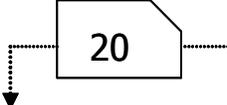
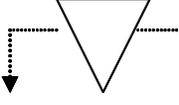
WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** 1 ed. Rio de Janeiro, Brasil: Campus, 1998.

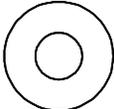
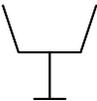
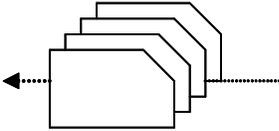
ANEXOS

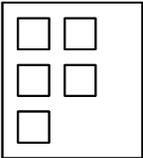
ANEXO A: Legendas do Mapa de Fluxo de Valor (MFV) (Lean Enterprise Institute, 2003)

Ícones de Materiais para Mapeamento de Fluxo de Valor	Representa	Notas				
	Processo de Produção	Uma caixa de processo equivale a uma área de fluxo. Todos os processos devem ser identificados. Também usado para departamentos como o de Controle da Produção.				
	Fontes Externas	Usado para mostrar clientes, fornecedores e processos de produção externos.				
<table border="1" data-bbox="370 829 587 1045"> <tr><td>T/C = 45 segundos</td></tr> <tr><td>T/R = 30 minutos</td></tr> <tr><td>2 Turnos</td></tr> <tr><td>2% Refugo</td></tr> </table>	T/C = 45 segundos	T/R = 30 minutos	2 Turnos	2% Refugo	Caixas de Dados	Usado para registrar informações relativas a um processo de manufatura, departamento, cliente, etc.
T/C = 45 segundos						
T/R = 30 minutos						
2 Turnos						
2% Refugo						
	Estoque	Quantidade e tempo devem ser anotados.				
	Entrega por Caminhão	Anotar a frequência de entregas.				
	Movimento de materiais da produção por <u>EMPURRADA</u>	Material que é produzido e movido para frente antes do processo seguinte precisar; geralmente baseado em uma programação.				

Ícones de Materiais para Mapeamento de Fluxo de Valor	Representa	Notas
	Movimento de produtos acabados para o cliente	Uma caixa de processo equivale a uma área de fluxo. Todos os processos devem ser identificados. Também usado para departamentos como o de Controle da Produção.
	Supermercado	Um estoque controlado de peças que é usado para a programação da produção em um processo anterior.
	Retirada	Puxada de materiais, geralmente de um supermercado.
<p>Máx. 20 peças</p> <hr/> <p>FIFO →</p> <hr/>	Transferência de quantidade controladas de material entre processos em uma seqüência "primeiro a entrar - primeiro a sair"	Indica um dispositivo para limitar a quantidade e garantir o fluxo de material (FIFO) entre os processos. A quantidade máxima deve ser anotada.
	Entrega por Avião	Anotar a freqüência de entregas.
	Entrega por Trem	Anotar a freqüência de entregas.

Ícones de Informação para Mapeamento de Fluxo de Valor	Representa	Notas
	Fluxo de informação manual	Por exemplo: programação da produção ou programação da entrega
	Fluxo de informação eletrônico	Por exemplo via "Troca Eletrônica de Dados"
	Informação	Descreve um fluxo de informação
	Kanban de Produção (linhas pontilhadas indicam a rota do kanban)	O kanban "um por container". Um Cartão ou dispositivo que avisa um processo quanto do que pode ser produzido e dá permissão para fazê-lo.
	Kanban de Retirada	Um cartão ou dispositivo que instrui o movimentador de material para obter e transferir peças (por exemplo: de um supermercado para o processo consumidor).
	Kanban de Sinalização	Kanban "um por lote". Sinaliza quando o ponto de reposição é alcançado e outrolote precisa ser produzido. Usado quando o processo fornecedor deve produzir em lotes por causa de trocas necessárias.

Ícones de Informação para Mapeamento de Fluxo de Valor	Representa	Notas
	Bola para puxada seqüenciada	Dá instrução para produzir imediatamente uma quantidade e tipo pré-determinado, geralmente uma unidade. Um sistema puxado para processos de submontagem sem usar um supermercado.
	Posto de kanban	Local onde o kanban é coletado e mantido para transferência.
	Kanban chegando em lotes	
	Nivelamento de carga	Ferramenta para interceptar lotes de kanban e nivelar o seu volume e mix por um período de tempo.
	Programação da produção "vá ver"	Ajuste da programação com base na verificação dos níveis de estoques.
	Informação enviada por telefone	Anotar a freqüência dos pedidos.

Ícones Gerais para Mapeamento de Fluxo de Valor	Representa	Notas
	Necessidade de Kaizen	Destaca as melhorias necessárias em processos específicos que são fundamentais para se chegar ao fluxo de valor desejado. Pode ser usada para planejar os workshops kaizen.
	Estoque de segurança ou Pulmão	"Pulmão" ou "Estoque de segurança" devem ser anotados.
	Operador	Representa uma pessoa vista de cima.
	Expedição	Representa expedição do material para o cliente, ou próxima etapa.
	Obra	

***ANEXO B: DADOS DE QUADRO DE STATUS
DA PRODUÇÃO COM DETALHES DE PROBLEMAS***



LOCAL: ITAPEVI

Etapas do processo	Elemento do trabalho	Numero de operarios	Planejado		12/6/2005		OBSERVAÇÕES
			Inicio	Fim	Inicio	Fim	
Alivio da protensão Pista 1	Alivio	10	6:10	7:00	6:05	7:10	
Transporte p/ área de acabamentos	Desforma e Transporte	5	7:00	7:20	7:05	7:20	
Acabamento Final	Lixado e acabamento	3	7:10	11:00	8:00	11:10	
Limpeza da Pista	Limpeza após desforma	5	7:20	8:15	7:30	8:50	4 funcionarios
Colocação da tela Pista 1	Colocação da tela	2	8:10	9:00	9:00	9:30	3 funcionarios
Protendido Pista 1	Protensão	2	9:00	10:20	9:10	10:25	
Amarrar as telas e a armação Pista 1	Amarração da tela e armação após protensão	5	10:20	12:20	10:25	13:50	
Concretagem Pista 1	Concretagem - carrinho	14	13:10	14:30	14:00	15:30	
	Equipe de acabamento	6	13:30	15:25	14:20	15:50	
Transporte p/ área de estoque	Transportar as telhas do dia anterior	5	16:00	17:00	11:45	12:10	



LOCAL: ITAPEVI

Etapas do processo	Elemento do trabalho	Numero de operarios	Planejado		12/21/2005		OBSERVAÇÕES
			Inicio	Fim	Inicio	Fim	
Alivio da protensão Pista 1	Alivio	10	6:10	7:00	6:05	7:50	Atraso laboratorio
Transporte p/ área de acabamentos	Desforma e Transporte	5	7:00	7:20	7:40	8:00	Atraso laboratorio
Acabamento Final	Lixado e acabamento	3	7:10	11:00	7:50	11:40	Atraso laboratorio
Limpeza da Pista	Limpeza após desforma	5	7:20	8:15	7:40	8:30	Atraso laboratorio
Colocação da tela Pista 1	Colocação da tela	2	8:10	9:00	8:30	9:30	Atraso laboratorio
Protendido Pista 1	Protensão	2	9:00	10:20	8:35	13:40	Cabo quebrou
Amarrar as telas e a armação Pista 1	Amarração da tela e armação após protensão	5	10:20	12:20	15:35	16:50	Cabo quebrou
Concretagem Pista 1	Concretagem - carrinho	14	13:10	14:30	16:50	18:10	Cabo quebrou
	Equipe de acabamento	6	13:30	15:25	17:00	18:30	Cabo quebrou
Transporte p/ área de estoque	Transportar as telhas do dia anterior	5	16:00	17:00	11:45	12:10	Cabo quebrou



LOCAL: ITAPEVI

Etapas do processo	Elemento do trabalho	Numero de operarios	Planejado		13/2/2006		OBSERVAÇÕES
			Inicio	Fim	Inicio	Fim	
Alívio da protensão Pista 1	Alívio	10	6:10	6:50	7:05	7:45	barramento desligado
Transporte p/ área de acabamentos	Desforma e Transporte	5	7:00	7:20	9:05	9:19	falta de energia, maquina de solda
Acabamento Final	Lixado e acabamento	3	8:30	11:00	8:30	11:00	
Limpeza da Pista - colocação da tela - Preparação para protensão	Limpeza após desforma - Locação da tela - Preparação Protendido	6 / 2	7:10	9:15	9:10	11:15	falta de energia
Protendido Pista 1	Protensão	2	9:20	9:35	11:20	11:35	falta de energia
Amarrar as telas e a armação Pista 1	Amarração da tela e armação após protensão	6	9:35	11:30	11:36	13:30	falta de energia
Concretagem Pista 1	Concretagem - carrinho	14	12:30	13:40	13:00	14:10	falta de energia
	Equipe de acabamento	6	12:50	14:00	13:20	14:30	falta de energia
Transporte p/ área de estoque	Transportar as telhas do dia anterior	5	16:55	17:20	16:55	17:20	



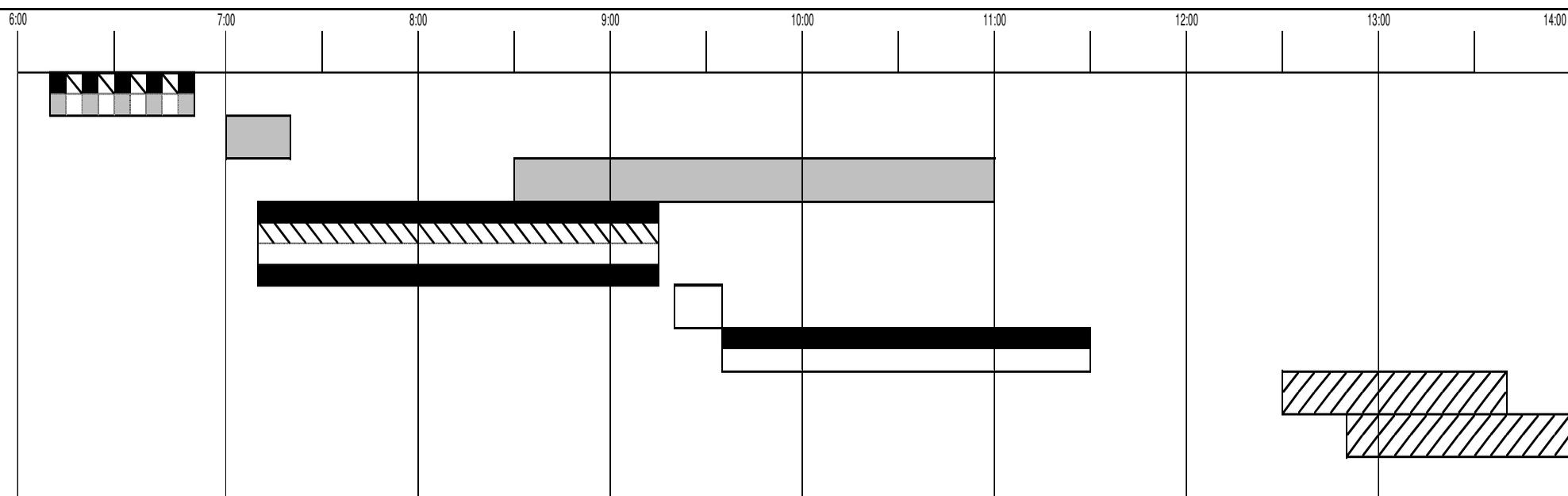
LOCAL: ITAPEVI

Versão 5 do Andom

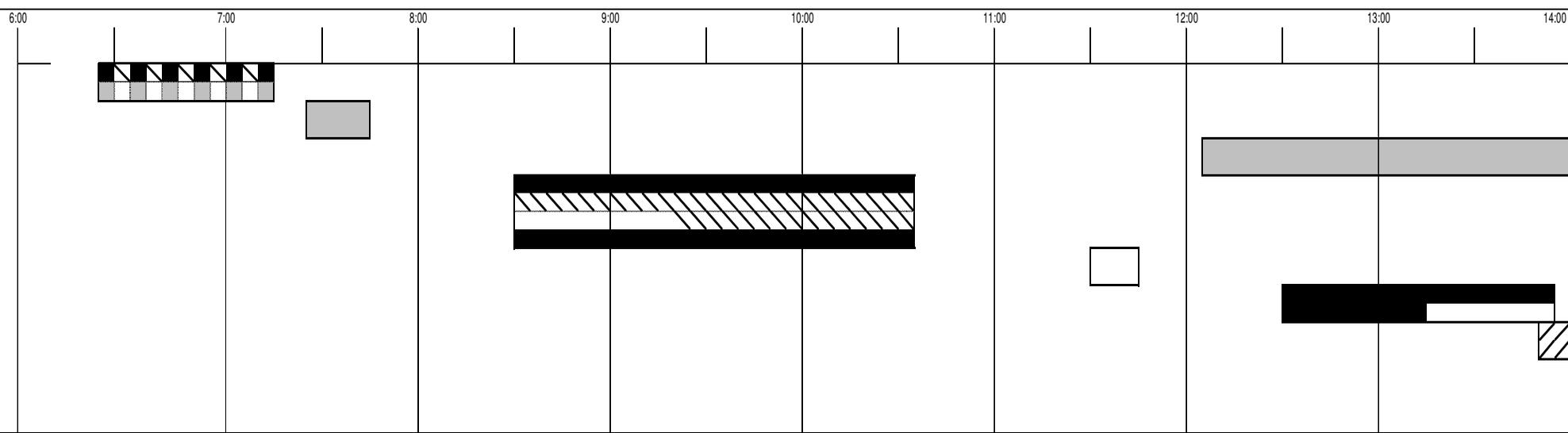
Etapas do processo	Elemento do trabalho	Numero de operarios	Planejado		17/2/2006		OBSERVAÇÕES
			Inicio	Fim	Inicio	Fim	
Alívio da protensão Pista 3	Alívio	10	6:30	7:40	6:30	7:40	
Transporte p/ área de acabamentos	Desforma e Transporte	5	7:50	8:10	7:50	8:10	
Acabamento Final	Lixado e acabamento	3	14:40	16:50	14:40	16:50	
Limpeza da Pista - colocação da tela - Preparação para protensão	Limpeza após desforma - Locação da tela - Preparação Protendido	6 / 2	9:35	11:40	9:35	11:40	
Protendido Pista 3	Protensão	2	11:45	12:00	11:45	12:00	
Amarrar as telas e a armação Pista 3	Amarração da tela e armação após protensão	6	14:05	15:45	15:05	16:55	Chuva
Concretagem Pista 3	Concretagem - carrinho	14	15:10	16:20	16:50	18:00	Ponte quebrou
	Equipe de acabamento	6	15:30	16:40	17:10	18:20	Ponte quebrou
Transporte p/ área de estoque	Transportar as telhas do dia anterior	5	17:40	18:00			

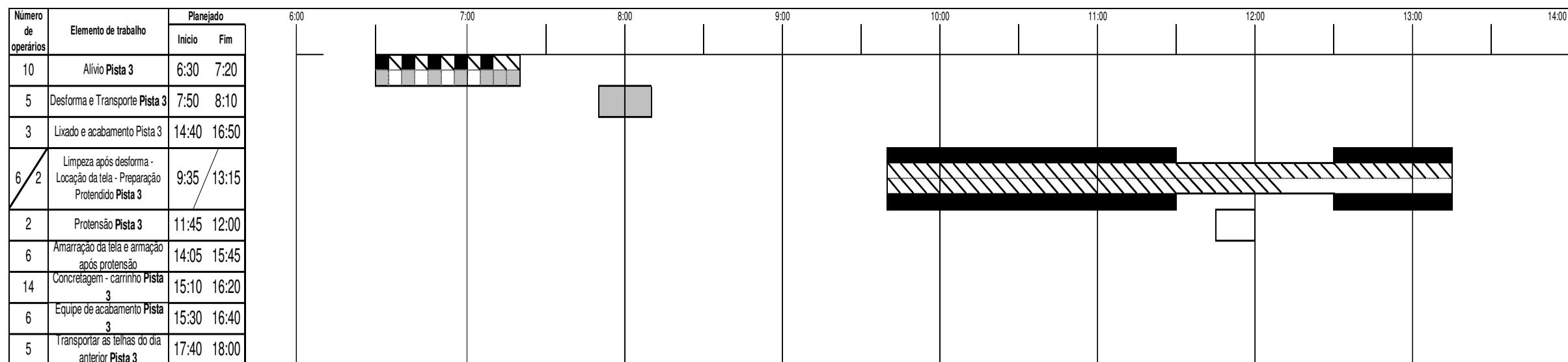
*ANEXO C: TABELA DE TRABALHO
PADRONIZADO COMBINADO*

Número de operários	Elemento de trabalho	Planejado	
		Início	Fim
10	Alívio Pista 1	6:10	6:50
5	Desforma e Transporte Pista 1	7:00	7:20
3	Lixado e acabamento Pista 1	8:30	11:00
6 / 2	Limpeza após desforma - Locação da tela - Preparação Protendido Pista 1	7:10	9:15
2	Protensão Pista 1	9:20	9:35
6	Amarração da tela e armação após protensão	9:35	11:30
14	Concretagem - carrinho Pista 1	12:30	13:40
6	Equipe de acabamento Pista 1	12:50	14:00
5	Transportar as telhas do dia anterior Pista 1	16:55	17:20



Número de operários	Elemento de trabalho	Planejado	
		Início	Fim
10	Alívio Pista 2	6:25	7:15
5	Desforma e Transporte Pista 2	7:25	7:45
3	Lixado e acabamento Pista 2	12:05	14:35
6 / 2	Limpeza após desforma - Locação da tela - Preparação Protendido Pista 2	8:30	10:35
2	Protensão Pista 2	11:30	11:45
6	Amarração da tela e armação após protensão Pista 2	12:30	13:55
14	Concretagem - carrinho Pista 2	13:50	15:00
6	Equipe de acabamento Pista 2	14:10	15:20
5	Transportar as telhas do dia anterior Pista 2	17:20	17:40





Cada hachura representa uma equipe: ■ equipe de amarração, ■ equipe de lixado e acabamento, □ equipe de protensão, \ equipe de ajudantes geral, / equipe de concretagem.

*ANEXO D: REGISTRO FOTOGRAFICO DAS
ETAPAS*



Foto 1. *Limpeza da pista de concretagem das telhas*



Foto 2. *Amarração dos cabos de protendido e a tela de aço*



Foto 3. *Carrinho de concretagem*



Foto 4. *Carrinho de concretagem e equipe de concretagem*



Foto 5. *Acabamento de concreto*



Foto 6. *Colocação mangueira de vapor*



Foto 7. Colocação da telha na área de acabamento

DATA	① INICIO		FINAL		② INICIO		FINAL		OBS:
	Planejado	Real	Planejado	Real	Planejado	Real	Planejado	Real	
20/11/05	10:05								
ALIVIO	6:30	6:05	7:00	6:40	5:7:00	6:20	7:50	7:30	
DESFORMA	5:7:00	6:30	7:20	7:00	5:7:50	8:00	8:15	8:25	
TRANSPORTE									
LIMPEZA	5:7:20	7:17	8:15	8:25	5:8:25	9:30	9:20	11:30	
COLOCAÇÃO									
de TELA	2:8:10	8:25	9:00	8:55	2:9:20	11:35	10:00	11:50	
PROTEÇÃO	2:9:00	8:40	10:20	9:10	2:10:30	11:45	11:50		
ARMAÇÃO									
PROTEÇÃO	5:10:20	9:12	12:20	11:30	7:13:30	12:30	15:30		
CONCRETAGEM									
CARRINHO	14:13:10	13:00	14:30		14:14:40		16:00		
EQUIPE de									
ACABAMENTO	6:13:30	13:20	15:25		6:15:30		16:30		
ACABA FINAL	3:7:10		11:00				16:00		
			17:00				17:00		

Foto 8. Quadro de status da produção