

Eduardo Oscar Baumhardt

SISTEMÁTICA PARA A OPERACIONALIZAÇÃO DE
CONCEITOS E TÉCNICAS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina como
requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia de Produção

Orientador: Prof. Francisco José Kliemann Neto, Dr.

Florianópolis
2002

B348m Baumhardt, Eduardo Oscar
Sistemática para operacionalização de técnicas e
conceitos da Construção Enxuta / Eduardo Oscar
Baumhardt; Francisco José Kliemann Neto (orientador). –
Florianópolis : UFSC, 2002.
149f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção.

1. Sistema Toyota de produção. 2. Produção
Enxuta. 3. Construção Civil. 4. Construção Enxuta. I.
Kliemann Neto, Francisco José (orientador). II. Título.

CDU: 658.5

Catálogo: Bibliotecária Mirca Silveira CRB-10/718

Eduardo Oscar Baumhardt

SISTEMÁTICA PARA A OPERACIONALIZAÇÃO DE CONCEITOS E
TÉCNICAS DA CONSTRUÇÃO ENXUTA

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção** no **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção** da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 04 de Dezembro de 2002

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.
Coordenador do Programa

BANCA EXAMINADORA

Prof. Francisco José Kliemann Neto, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina
Orientador

Prof. Carlos Torres Formoso, Ph.D.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dalvio Ferrari Tubino, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico essa dissertação
a minha futura esposa Simone
e a meus pais, Renato e Leocádia.

Agradecimentos

Atualmente vive-se em uma sociedade coletiva onde, para se poder atender os compromissos e atingir metas e objetivos, é necessário interagir com inúmeras pessoas, tanto física como jurídicas. A estas certamente, muitas vezes, se pede a colaboração, ajuda, favores. Algumas, imersas no cotidiano, jamais “torcem um dedo” pelos outros. Outras fazem de conta que não é com elas. Porém existem muitas que, ao contrário, colaboram sempre, da forma que podem. A estas, quantas vezes agradecemos pelo apoio, incentivo e ajuda? Sem perceber, poucas. Às vezes nunca se agradece. Aproveitando o ditado popular que diz: “antes tarde do que nunca”, quero agradecer:

- A Deus, a Jesus e aos anjos e santos em quem acredito e confio;
- A Berenice Rabuske Rech pela ajuda dada quando buscava orientação para elaboração do projeto de pesquisa inicial;
- Ao colega Wilson Kniphoff da Cruz e à engenheira Beatriz Lux que me recomendaram ao Programa de Pós-Graduação em questão;
- Aos colegas das disciplinas do curso pelo convívio e pela troca de experiências;
- Aos professores que realmente se empenharam em transmitir conhecimento;
- À Universidade Federal de Santa Catarina e à Universidade de Santa Cruz do Sul pela oportunidade criada;
- Ao orientador Prof. Francisco José Kliemann Neto, Dr., pelas horas dedicadas;
- A família Glesse, em especial a Rosa e ao Isidoro, pela paciência e incentivo;
- A meus irmãos Luís e André que contribuíram de forma indireta;
- A meus pais Renato e Leocádia pelo apoio incondicional e pelo amor sempre presente;
- A minha futura esposa, Simone, por tudo;

A todos acima citados e também aos porventura não mencionados, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa,

MUITO OBRIGADO!

“Não basta fazer coisas cada vez melhores. É preciso fazer melhor cada uma dessas coisas”.

Alberto Santos Dumont

RESUMO

BAUMHARDT, Eduardo Oscar. **Sistemática para a operacionalização de conceitos e técnicas da Construção Enxuta**. 2002. 141f. (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC/UNISC, Florianópolis.

O presente trabalho aborda a racionalização de processos e a eliminação de desperdícios na Construção Civil a partir da ótica da Construção Enxuta. O Sistema Toyota de Produção com seus conceitos, técnicas e ferramentas, bem como a Produção Enxuta, com suas definições sobre valor, cadeia de valor, fluxo, produção puxada e perfeição, são considerados o referencial teórico dessa nova forma de produzir. A forma tradicional de entender e gerenciar a Construção Civil passa a ser substituída por aquela regida pela nova base conceitual acima mencionada. Tal fato implica na quebra de paradigmas. Inicia-se então a entender a produção na Construção Civil como uma composição de fluxos de materiais (processos) perpassados pela ação dos operários (trabalho), e a orientarem-se as ações através do uso dos conceitos de valor. Essa forma de produção traduz-se por Construção Enxuta. A literatura não indica uma forma objetiva e clara de operacionalização desses conceitos. Através do estudo teórico sobre o Sistema Toyota de Produção, Produção Enxuta, Construção Enxuta, e de um estudo de caso *ex-post-facto*, centrado em um processo produtivo de uma obra de engenharia, criou-se um conjunto de passos a serem seguidos para facilitar o uso de conceitos e técnicas da Construção Enxuta em obras de engenharia.

Palavras-chave: Sistema Toyota de Produção, perdas, fluxo, valor, Construção Enxuta.

ABSTRACT

BAUMHARDT, Eduardo Oscar. **Sistemática para a operacionalização de conceitos e técnicas da Construção Enxuta**. 2002. 141f. (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC/UNISC, Florianópolis.

The present work approaches the rationalization of processes and the elimination of waste in Construction taking Lean Construction into consideration. The Toyota System of Production with its concepts, techniques and tools, and Lean Production, with its definitions of value, chain of value, flow, pulled production and perfection, are considered the theoretical reference of this new production way. The current way of understanding and managing Construction is changed by the new conceptual base mentioned above. Such fact means breaking paradigms. Production in Construction starts to be understood as a composition of material flows (processes) perpendicular to workers' actions (work), and to orientate the actions through the use of the concepts of value. Such form of production is called Lean Construction. Useful techniques and tools described in the bibliography concerning this subject are countless. However, it is difficult to find a clear and objective indication of how to operate the concepts of this new production way in Construction. Through a theoretical study and an *ex-post-facto* study centered in a productive process in a construction site, this paper suggests a set of steps for the implementation and use of concepts and techniques of Lean Construction in engineering projects.

Keywords: Toyota System of Production, waste, flow, value, Lean Construction.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	12
Lista de Quadros e Tabelas	13
Lista de Abreviaturas.....	14
1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Considerações iniciais.....	15
1.2 Problema	16
1.3 Objetivo	16
1.3.1 Objetivos específicos	17
1.4 Justificativa.....	17
1.5 Método de pesquisa	18
1.5.1 Caracterização da pesquisa	19
1.5.2 Perguntas de pesquisa.....	20
1.5.3 Proposições.....	20
1.5.4 Delimitações do estudo	21
2 REVISÃO DE LITERATURA	22
2.1 Referencial teórico	22
2.2 O Sistema Toyota de Produção – STP	26
2.2.1 Considerações sobre perda	30
2.2.2 Produção com estoque zero.....	37
2.2.3 <i>Total Quality Control</i> (TQC).....	41
2.2.4 Pré-automação e automação	45
2.3 Produção Enxuta – PE	46
2.3.1 Valor.....	51
2.3.2 Cadeia de valor	52
2.3.3 Fluxo.....	53
2.3.4 Produção puxada	54
2.3.5 Perfeição	55

3 CONSTRUÇÃO CIVIL – CC.....	56
3.1 Considerações sobre a indústria e o setor da construção.....	56
3.2 Caracterização do setor da Construção Civil	57
3.2.1 Considerações sobre projetos.....	59
3.2.2 Considerações sobre gestão.....	59
3.2.3 Considerações sobre execução	60
3.2.4 Considerações sobre perdas na construção	61
3.3 Modelo tradicional da Construção Civil	63
3.3.1 Necessidade de racionalização.....	65
3.3.2 Considerações sobre aprendizagem organizacional.....	66
3.4 Construção Enxuta – CE.....	67
3.4.1 Conceitos, princípios, técnicas e objetivos da CE.....	68
3.4.2 Mudanças conceituais rumo à CE.....	69
3.4.3 Considerações sobre industrialização, informática, segurança e automatização	71
3.4.4 Modelo de construção sob a ótica da Construção Enxuta.....	72
3.4.5 Considerações sobre a aplicação da CE.....	74
3.4.6 Diretrizes para aplicação da CE	75
3.4.7 Planejamento e controle.....	78
3.4.8 Ferramentas aplicáveis na CE	82
4 SISTEMÁTICA DE APOIO PARA O USO DE CONCEITOS E TÉCNICAS DE CE	86
4.1 A Sistemática	86
4.2 Explicação dos passos indicados na sistemática proposta	88
5 ESTUDO DE CASO	93
5.1 A obra.....	94
5.1.1 Descrição física da obra	95
5.1.2 Execução da obra	95
5.2 A pesquisa.....	95
5.2.1 Determinação da etapa da obra a ser analisada.....	95
5.2.2 Detalhamento da pesquisa.....	96
5.3 Descrição dos processos de execução analisados	98

5.3.1 Situação M1	98
5.3.2 Situação M2	103
5.3.3 Situação M3	111
5.4 Análise comparativa entre as situações M1, M2 e M3	119
5.4.1 Relativamente à análise qualitativa	119
5.4.2 Relativamente à análise quantitativa	121
5.5 Conclusão do estudo de caso	123
6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	125
6.1 Conclusão	125
6.2 Recomendações	130
ANEXOS – Fotos da Obra.....	131
APÊNDICE A – Entrevistas	135
APÊNDICE B – Quantidades de aço	139
APÊNDICE C – Ocupação do guindaste em M2.....	142
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A estrutura da produção.....	27
Figura 2 - Compreendendo a função manufatura.....	36
Figura 3 - Redução de custos pela eliminação dos desperdícios.....	38
Figura 4 - Planejamento e controle just-in time	39
Figura 5 - Perdas segundo seu controle	62
Figura 6 - Perdas segundo sua origem e incidência	63
Figura 7 - Modelo de conversão.....	64
Figura 8 - Modelo de processo da CE.....	73
Figura 9 - Relação entre fluxos de materiais e de trabalho	73
Figura 10 - Sistematização de apoio para o uso de conceitos e técnicas da CE	87
Figura 11 - Fluxograma do processo de fornecimento das armaduras em M1	100
Figura 12 - Corte e dobra de aço	100
Figura 13 - Processo de fornecimento de armaduras em M2	109
Figura 14 - Cadeia de valor da Produção de Armaduras	114
Figura 15 - Formato ideal para a etapa de produção e montagem de armaduras .	118
Figura 16 - Capacidade de enxergar.....	125
Figura 17 - Importância da base conceitual para enxergar	128
Figura 18 - Situação M1 (direita) e M2 (esquerda).....	131
Figura 19 - Execução do escoramento e forma em M1	132
Figura 20 - Execução da ferragem em M1.....	132
Figura 21 - Montagem de vigas em M2	133
Figura 22 - Transporte mecanizado do aço, vertical e horizontal (JIT).....	133
Figura 23 - Entrega JIT do aço processado.....	134
Figura 24 - Vigas e laje inferior em M2	134
Figura 25 - Montagem da laje superior em M2	134

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Indicativo da quantidade de aço usada no trecho C	139
Quadro 2 - Indicativo da quantidade de aço usada no trecho D	139
Quadro 3 - Indicativo da quantidade de aço usada no trecho E.....	140
Quadro 4 - Indicativo da quantidade de aço processada para o trecho C.....	140
Quadro 5 - Indicativo da quantidade de aço processada para o trecho D.....	141
Quadro 6 - Indicativo da quantidade de aço processada para o trecho E.....	141
Quadro 7 - Indicativo da quantidade de horas necessárias de uso do guindaste para o transporte vertical e horizontal do aço na situação M2	142
Tabela 1 - Análise quantitativa entre M1, M2 e M3	122

LISTA DE ABREVIATURAS

STP	=	Sistema Toyota de Produção
PE	=	Produção Enxuta
CE	=	Construção Enxuta
ME	=	Mentalidade Enxuta
CC	=	Construção Civil
PCP	=	Planejamento e Controle da Produção
MRP	=	Master Requirement Plan
CCQ	=	Círculos de Controle da Qualidade
CEP	=	Controle Estatístico de Processo
TQC	=	Total Quality Control
JIT	=	Just-in-time
TRF	=	Troca rápida de ferramentas
CQZD	=	Controle de Qualidade Zero Defeitos
EAV	=	Engenharia e Análise do Valor
TPM	=	Manutenção Preventiva Total
M1	=	Momento 1
M2	=	Momento 2
M3	=	Momento 3

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

A indústria da Construção Civil é um setor de grande importância para a economia nacional, sendo agente impulsionador do desenvolvimento do país. O setor constitui-se em uma fonte de atividade econômica tanto em si mesma quanto na interação com outros setores econômicos e sociais.

Essa indústria é caracterizada como aquela que produz através de processos obsoletos, improdutivos e geradores de desperdício, no todo ou em parte, características que de fato muitas vezes compõem o cenário produtivo dos canteiros de obras.

Podemos relacionar como elementos que contribuem para essas características fatores como o de o setor envolver em seu processo produtivo uma grande variedade de materiais, provenientes das mais diversas fontes e origens e utilizar mão-de-obra quase sempre sem treinamento, improvisada, com baixo nível tecnológico e cultural. De acordo com MASCARÓ (1981), citado por ALVES (1997), a Construção Civil tem a capacidade de absorver grandes e rápidas flutuações sem repassar, de forma imediata e drástica, os desajustes de planificação aos outros setores produtivos, o que faz com que a maioria dos países do mundo não se preocupem com políticas específicas para esse setor.

Devemos considerar também os vários momentos da indústria da Construção Civil no contexto nacional, que teve intenso desenvolvimento a partir da década de sessenta e atingiu seu auge com o “milagre econômico”, tendo posterior desaceleração a partir de 1974, culminando com influência das instabilidades e oscilações políticas e econômicas nos anos 80 e 90, gerando no setor uma certa desestruturação.

Nos dias de hoje, com a abertura do mercado nacional, a criação do Mercosul, a privatização das empresas estatais, a concessão dos serviços públicos, a nova Lei de Licitações e Contratos (Lei 8666), a crescente conscientização do mercado de seus direitos passando a exigir cada vez mais melhor qualidade a preços menores, a lógica para sobrevivência das empresas construtoras e a possibilidade de obter lucro encontra-se mudada. Atualmente, o preço é imposto pelo mercado e a possibilidade

de ter lucro está condicionada à capacidade de redução de custos de produção, sem que a qualidade mínima exigida pelo consumidor seja prejudicada.

Frente a essa emergente conjuntura do mercado, que exige ótima qualidade dos produtos que compra e exerce enorme pressão pela redução de preços, as empresas construtoras se vêem obrigadas a repensar suas formas de produção. Mais do que isso, as empresas estão revendo suas estruturas gerenciais e principalmente se conscientizando da necessidade de mudar conceitos. Fica evidente a necessidade de o setor evoluir como um todo, desde o canteiro de obras até os escritórios que abrigam o setor administrativo, gerencial e a diretoria das empresas construtoras. É preciso mudar paradigmas.

A indústria de manufatura obteve mudanças significativas a partir da adoção de conceitos e técnicas da Produção Enxuta, conseguindo a redução de perdas e desperdícios e, conseqüentemente, a diminuição de custos.

Acredita-se que a adoção dos princípios da Produção Enxuta na Construção Civil – Construção Enxuta, pode representar a mudança de paradigmas necessária para que as empresas construtoras sobrevivam, obtenham lucros e até mesmo conquistem vantagem competitiva no novo cenário de um mundo globalizado.

Assim sendo, a seguir é apresentado o problema de pesquisa desta dissertação.

1.2 Problema

Como operacionalizar os conceitos e técnicas da Produção Enxuta em obras de engenharia?

1.3 Objetivo

Criar uma sistemática para a operacionalização dos conceitos e técnicas da Produção Enxuta em obras de engenharia.

1.3.1 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Analisar criticamente os conceitos e técnicas da Produção Enxuta sob a ótica da Construção Civil;
- Avaliar a Construção Civil a partir do ponto de vista da Produção Enxuta;
- Discutir a aplicação de conceitos e técnicas da Produção Enxuta na Construção Civil;
- Descobrir oportunidades de aplicação da Construção Enxuta;
- Identificar formas de operacionalizar a Construção Enxuta.

1.4 Justificativa

Os anos têm passado e constantemente ouve-se falar da indústria da Construção Civil (CC) atrelada a adjetivos nem sempre agradáveis. De outro lado encontram-se diversos outros segmentos que têm recebido admiração, tanto pelos avanços tecnológicos quanto pela evolução na maneira e nas formas de gestão, inovando constantemente e progredindo em direção à redução de custos, ao aumento de produtividade e à melhoria da qualidade, tanto de processos quanto de produtos.

Nessa realidade fica evidente a necessidade de transição da indústria da CC da classificação de setor atrasado e gerador de desperdício para uma condição, no mínimo, de igualdade com os demais setores produtivos do meio econômico e social.

Diante das peculiaridades da CC, perpetuou-se a crença de que “este setor é assim mesmo”, ou então, “nas obras não dá para mudar, não compensa”. Muitos são as crenças arraigadas nesse segmento produtivo, acolhedor de uma multidão de trabalhadores, muitos ainda produzindo com características da época da produção artesanal.

Essa imensa distância entre essa forma rudimentar de produção e as atuais maneiras empregadas pelos setores mais desenvolvidos, que evoluíram da produção em massa, apoiada, segundo KOSKELA (2000), no modelo de transformação, para a Produção Enxuta (PE), deve ser diminuída. A construção

deve encontrar uma forma de produzir que lhe possibilite usufruir os benefícios dessa evolução relativa à gestão da produção para que as empresas sobrevivam e gerem lucro.

O presente trabalho visa aplicar uma sistemática sugerida a partir do estudo da fundamentação teórica associada à Produção Enxuta (PE) na CC – Construção Enxuta (CE) - e de métodos propostos por outros autores, em uma etapa construtiva de uma obra de engenharia.

Tal obra foi realizada em um momento anterior ao momento deste estudo, caracterizando esta pesquisa como sendo *ex-post-facto*. No processo em questão, foi aplicada uma forma não sistematizada de racionalização, cuja análise e comparação com a sistemática proposta será apresentada no estudo de caso.

1.5 Método de pesquisa

Algumas questões são propostas e rapidamente respondidas. Outras são mais complexas e levam as pessoas que se aventuram a respondê-las a procurar uma forma ordenada, sistemática de busca das respostas. O método de pesquisa não almeja a solução para as questões, mas procura, de acordo com BARROS e LEFHELD (2000), a maneira de encontrar respostas. Tal método de pesquisa busca por uma forma, ou seja, por um *caminho para* chegar à solução dos problemas formulados.

GIL (1995) afirma que a ciência diferencia-se de outras formas do conhecimento pela sua busca da veracidade dos fatos e tem como marca fundamental a possibilidade de verificá-los.

Este item deste capítulo apresenta a proposta metodológica para a realização da pesquisa, ou seja, apresenta o caminho sugerido para que se conquiste os objetivos apresentados para este trabalho. GIL (1995) cita o método de pesquisa como sendo o conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos adotados para se atingir o conhecimento.

1.5.1 Caracterização da pesquisa

Este trabalho parte, como toda atividade científica, de teorias, hipóteses, observações e generalizações existentes, no todo ou em parte, exploradas ou não, porém com novas propostas e contribuições. Vai ao encontro das afirmações de CONTANDRIOPOULOS (1997) quando diz que toda atividade científica participa de um processo cumulativo de aquisição dos conhecimentos e considera a produção do conhecimento científico como resultado de um processo cíclico de dimensões ao mesmo tempo indutivas e dedutivas.

O modelo teórico a ser considerado é o Sistema Toyota de Produção. Considera-se que a Produção Enxuta e sua aplicação na construção, ou seja, Construção Enxuta possuem a mesma base conceitual. Esses modelos serviram para elaborar as questões e hipóteses.

A proposta da atividade científica aqui descrita compreende, pelas palavras de CASTRO (1977, p. 88), “uma classificação metódica dos fatos, seguida pela identificação de suas relações e seqüências repetitivas”. A intenção deste trabalho é um estudo científico capaz de identificar tais relações e seqüências, composto por um estudo de caso, em que o interesse maior não é apenas o caso em si, mas o que ele sugere a respeito do todo.

Tal estudo, de acordo com seus objetivos, inicialmente será composto por uma pesquisa exploratória, constituída basicamente por um levantamento bibliográfico e pesquisa via internet. Em seguida, será elaborada uma fase descritiva com o objetivo de descrever o fato a partir das características conhecidas, formadoras do fenômeno em questão.

Com relação à forma de coleta de dados que, de acordo com SANTOS (1999, p. 27), “são os métodos práticos utilizados para juntar as informações necessárias à construção dos raciocínios em torno de um fato”, o procedimento proposto, além da já referida Pesquisa Bibliográfica, tem como estratégia de pesquisa o Estudo de Caso, *ex-post-facto*. As fontes de informação constituir-se-ão de dados a respeito de um caso específico, delimitado e bem definido, que serão obtidos em uma empresa de engenharia, bem como de informações que deverão ser conseguidas em bibliografia relacionado ao assunto da pesquisa.

O estudo deverá ter aspectos quantitativos e qualitativos, sendo esses últimos uma preocupação com o nível de realidade que não pode ser quantificado, ou seja, com processos e fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. (MINAYO et al., 1994, p.22)

Ainda segundo essa autora, o conjunto de dados quantitativos e qualitativos não se opõem, mas sim se completam, "pois a realidade abrangida por eles interage dinamicamente, excluindo qualquer dicotomia".

1.5.2 Perguntas de pesquisa

- Como tornar prático o uso do conceito de valor nas atividades da Construção Civil?
- Como obter benefícios através da utilização da representação da cadeia de valor dos produtos das obras?
- Como racionalizar a produção a partir da evidência dos fluxos presentes nos processos produtivos da Construção Civil?

1.5.3 Proposições

Pressupõe-se ser possível operacionalizar conceitos e técnicas da Produção Enxuta na Construção Civil visando reduzir perdas e evitar desperdícios, diminuindo custos e otimizando processos. Para tanto se propõe uma sistemática para uso de conceitos e técnicas da Construção Enxuta e pressupõe-se que a partir do uso desta sistemática criada algumas ações deverão ser indicadas nos processos produtivos das obras de engenharia, tais como:

- Terceirizar atividades de forma que sejam executadas fora do canteiro,
- Reduzir a quantidade de funcionários especializados no canteiro de obras,
- Utilizar o princípio *just-in-time* na produção e recebimento de materiais,
- Descarregar materiais direto nos locais de aplicação,
- Mecanizar transportes vertical e horizontal.

1.5.4 Delimitações do estudo

Toda obra que possui em sua concepção estrutural um sistema construtivo que utiliza concreto armado tem que lidar com o processo de execução das armaduras. Essas são produzidas com o aço que deve ser recebido, cortado, dobrado, montado e transportado até as formas. Nessa etapa identificam-se diversas perdas, tanto de materiais como de tempo. Essas perdas representam custos e, portanto, devem ser eliminadas. O objeto de pesquisa deste trabalho será a obra do Viaduto do Boqueirão, na BR-116 em Canoas-RS, mais especificamente o processo de produção das armaduras da estrutura de concreto armado dessa obra.

O Viaduto do Boqueirão é composto por duas obras idênticas, construída uma ao lado da outra, em momentos diferentes, com equipes diferentes e, principalmente, usando processos de produção diferentes para algumas atividades.

O processo de produção de armaduras foi escolhido como sendo foco desta pesquisa por ser o mais conveniente entre os possíveis processos utilizáveis para o tipo de pesquisa que está proposta nesta dissertação, apresentando algumas características como:

- Maior facilidade de recuperação e quantificação de dados;
- Mudanças claras e objetivas no processo produtivo;
- É um processo comum em obras de engenharia.

O foco do estudo é evidenciar as mudanças feitas no processo acima citado entre a primeira e a segunda elevada, a partir da experiência pessoal dos profissionais envolvidos e do aprendizado obtido na construção da primeira elevada, comparando essas mudanças com aquelas que poderiam ser feitas a partir da orientação de uma sistemática a ser criada, baseada nos conceitos e técnicas da Construção Enxuta, mostrando as vantagens e desvantagens obtidas. As variáveis consideradas serão tempo, número de funcionários e custo.

Este trabalho dará atenção particular a uma obra de engenharia, ou seja, à construção do viaduto acima citado. As conclusões aqui obtidas não poderão ser passadas diretamente para outros tipos de obra. A validação das conclusões desta pesquisa se restringe ao caso específico da pesquisa em estudo.

A seguir será apresentada a revisão de literatura do referencial teórico desta pesquisa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Referencial teórico

Ao longo da história a humanidade tem acompanhado inúmeras mudanças sociais, políticas, econômicas e outras mais, partes de um processo natural, extremamente dinâmico.

Os povos primitivos, que viviam em bandos e tribos, subsistindo de coleta, caça e pesca, foram superados por aqueles que passaram a desenvolver a agricultura. Esses passaram a criar raízes e fixar-se em determinadas regiões. A era da agricultura, de acordo com TOFFLER (1980), dominou até aproximadamente o ano de 1750. Após essa data surgiram os estabelecimentos de manufatura, as unidades produtivas familiares e as empresas. Com elas foram criadas diferentes teorias administrativas relativas à produção.

A primeira revolução industrial discutida por SMITH, citado por SHINGO (1996b), proporcionou aumento da produtividade através da divisão do trabalho.

Próximo ao século 20 surgiram diversos estudos sobre a administração de empresas que diferem pelo foco em que estão centrados em função daquilo que seus autores consideravam mais importante. Sem ter a pretensão de esgotar tal assunto lembramos apenas alguns dos principais estudiosos, tal como Taylor e sua máxima: “tempo é dinheiro”. Fundamentado neste pensamento desenvolveu, como dizem RAGO e MOREIRA (1984), um método de organização “científica” do trabalho, conhecido como estudo de tempos e movimentos, através do qual busca a racionalização da produção.

O taylorismo, como é chamado o trabalho de Taylor, pode ser considerado como aquele que organizou o chão-de-fábrica. De acordo com SILVA (1997), suas idéias básicas centravam-se na racionalização da produção, no estudo dos tempos, na divisão do trabalho na especialização dos trabalhadores, no pagamento desses por unidades produzidas e na divisão de atribuições entre quem planeja e quem produz, permitindo assim administrar cientificamente.

Paralelamente ao desenvolvimento da “administração científica”, ainda segundo SILVA (1997), Fayol define uma forma de administrar de acordo com cinco funções básicas: prever, organizar, comandar, coordenar e controlar.

No final do século 19, aproximadamente 1880, surgiu a indústria automobilística, inicialmente artesanal, que sofreu mudanças, basicamente influenciadas pelo trabalho de Henry Ford, criando a forma de produzir “em massa”.

De uma forma sucinta as principais alterações introduzidas por Ford na organização do trabalho podem ser descritas pelos seguintes tópicos: fixou a padronização do produto final, estimulou a intercambialidade das peças e inseriu a correia transportadora que leva o produto até o operador, criando a linha de montagem.

Após essas abordagens clássicas, podemos citar algumas abordagens humanistas, iniciadas por Elton Mayo através das experiências de Hawthorne, um bairro de Chicago onde se situava uma fábrica da Western Electric. Segundo SILVA (1997), para Mayo o nível de produção é resultante da integração social. Ainda segundo o autor citado, através da abordagem humanista Maslow destacou-se defendendo que as necessidades do ser humano são hierarquizadas na seguinte ordem: necessidades fisiológicas, de segurança, de participação, de auto-estima e de auto-realização. Temos ainda citados Herzberg que estudou questões relativas à motivação, concluindo que os fatores que influíam na satisfação não tinham relação com os que contribuía para a insatisfação do trabalhador, e McGregor que modelou o comportamento administrativo.

A partir de 1960 a abordagem sistêmica ganhou força através da apresentação de Russel L. Ackoff. Tal conceituação previa olhar o todo ao invés de analisar unicamente as partes isoladamente.

Pela visão de KOSKELA (2000), no século 20 três formas distintas de conceituações sobre o gerenciamento da produção foram usadas. O autor define a primeira como aquela que procurava separar as atividades em partes cada vez menores, procurando racionalizar estas frações individualmente; a segunda, como sendo aquela que agregou o fluxo e as inspeções à primeira, e a terceira aquela que surgiu através da análise do valor.

De acordo com WOMACK, JONES e ROOS (1992), Alfred Sloan, da General Motors, e Henry Ford conduziram a fabricação mundial de séculos de produção artesanal – liderada pelas firmas européias – para a era da produção em massa.

A essa altura, o conceito válido era o da produção em massa, ou seja, produzir grandes quantidades e pouca diversidade de modelos. Os conceitos de produtividade e racionalização indicavam ser esta a forma ideal de produzir e ela foi adotada em quase toda a atividade industrial na Europa e América do Norte.

CORIAT, citado por MORAES NETO (1989), lembra Ford como aquele que assume o principal ponto do taylorismo (separação de tarefas, estudo dos tempos e movimentos), acrescentando alguns princípios, como a introdução de meios de abastecimento (transportadoras) e novos modos de gestão da força de trabalho.

A crise do petróleo de 1973, lembrada por OHNO (1997), seguida de recessão, afetou governos, empresas e sociedades no mundo inteiro. O autor comenta que em 1974, a economia japonesa havia caído para um nível de crescimento zero e muitas empresas estavam com problemas. Mas na *Toyota Motor Company*, embora os lucros houvessem diminuído, ganhos maiores do que os de outras empresas foram mantidos em 1975, 1976 e 1977. A diferença cada vez maior entre ela e outras companhias fez com que as pessoas perguntassem sobre o que estaria acontecendo na Toyota.

Após a Segunda Grande Guerra, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, da Toyota japonesa, foram pioneiros no conceito da produção enxuta. O principal objetivo do STP foi produzir muitos modelos em pequenas quantidades.

O produtor artesanal, segundo WOMACK, JONES e ROOS (1992), lançava mão de trabalhadores altamente qualificados e ferramentas simples e flexíveis, produzindo exatamente o que o consumidor queria, um item de cada vez. Seu problema maior era o alto custo.

A produção em massa é caracterizada pelos autores acima citados, como aquela que utilizava profissionais especializados para projetar produtos manufaturados por trabalhadores semi ou não-qualificados, utilizando máquinas caras em altíssimos volumes de produção em sistemas pouco flexíveis. O consumidor obtinha preços mais baixos e menos variedade.

O produtor enxuto, concluem os autores citados, uniu as vantagens da produção artesanal e em massa, diminuindo custos e rigidez. Utiliza trabalhadores multiquificados e máquinas altamente flexíveis para produzir imensos volumes de produtos com ampla variedade.

A grande diferença reside nos objetivos finais. Na produção em massa, os objetivos são estabelecidos de forma limitada. No sistema enxuto se procura a perfeição, baseado em melhoria contínua e redução de custos.

A firma japonesa lembrada por OHNO (1994, p. 144) “não é uma firma movida pela busca do lucro máximo, mas pela conciliação, a melhor possível, dos componentes que a constituem”.

Segundo descrevem WOMACK, JONES e ROOS (1992), a produção enxuta é “enxuta” porque usa menos mão-de-obra na fábrica, menos investimentos em máquinas, menos horas de engenharia, ou seja, tem menor custo. Completam dizendo que essa forma de produzir precisa menos capital ocioso, gera menos defeitos na produção e tem sempre maior variedade de produtos.

A evolução tecnológica atualmente é constante e veloz. Vivemos em uma época em que o conceito de produto mundial e a valorização do cliente são a tônica. Para suportar essa realidade, as empresas dos mais variados setores produtivos têm se adaptado, buscando seguir os novos conceitos de qualidade, produtividade, lógica comercial e abordagem humanística nas relações de trabalho. HAGUIARA (1997) diz que todas essas adaptações visam conseguir satisfazer inteiramente clientes internos e externos. O autor cita diversas técnicas administrativas e produtivas que vêm sendo disseminadas nas empresas no intuito de atingir esse objetivo citado. Algumas delas são MRP, CCQ, JIT, *kanban*, CEP, TQC, reengenharia, *benchmarking*, kaizen.

A intenção desta pesquisa é abordar conceitos, técnicas e ferramentas usados no STP e também aqueles usados em outras linhas de pesquisa com enfoque sistêmico, de forma complementar.

A escolha do STP como referencial teórico é motivada pelo entendimento que tal sistema, que possui técnicas específicas de operacionalização de sua filosofia e conceitos, forma a base que desencadeou as demais linhas de pesquisa que serão abordadas.

As outras linhas de pesquisa são a Produção Enxuta (Lean Production) e a Construção Enxuta (Lean Construction). Essa segunda origina-se a partir da aplicação da primeira no universo da Construção Civil. Porém, não existe clareza no que diz respeito à operacionalização dos princípios e conceitos envolvidos.

Para isso se fará inicialmente uma discussão da base conceitual envolvida nesta dissertação, ou seja, o Sistema Toyota de Produção – STP, seguida pela análise dos princípios e técnicas abordadas pela Produção Enxuta – PE e sua migração para o contexto da Construção Civil - CC, conforme segue.

2.2 O Sistema Toyota de Produção - STP

Este capítulo visa apresentar uma revisão bibliográfica do STP. Não existe intenção de esgotar tal assunto, mas sim de abordá-lo no sentido de evidenciar seus aspectos principais, buscando uma análise crítica. De forma complementar são abordados aspectos de outras teorias.

O STP surgiu a partir da análise e do estudo de sistemas de produção existentes. A partir disso novos conceitos sobre a produção foram criados e iniciou-se uma mudança de paradigmas.

HARRINGTON (1993) define sistema como sendo os controles que são aplicados a um processo para garantir que ele esteja operando de forma eficaz (atingindo os resultados esperados) e eficiente (minimizando o uso de recursos).

A produção, como é vista por SHINGO (1996, p.37), é “uma rede de processos e operações”. Para ele o processo é “o caminho pelo qual a matéria-prima é transformada em produto”. Tem como elementos constituintes o processamento em si, a inspeção, o transporte e a estocagem. As operações são entendidas como “as ações efetuadas sobre o material pelos trabalhadores e máquinas”. Assim o fluxo de produtos significa processo e o fluxo de trabalho é constituído de operações, formando uma “rede funcional de processos e operações”. (Figura 1)

Dessa forma todas as atividades podem ser entendidas como uma rede de processos e operações. Nos processos as matérias primas entram, recebem uma seqüência perpendicular de operações (cadeia de eventos através da qual trabalhadores e máquinas trabalham em um item) e saem como alguma forma de

produto. O STP indica primeiro analisar o processo e após as operações para as ações de busca de melhorias.

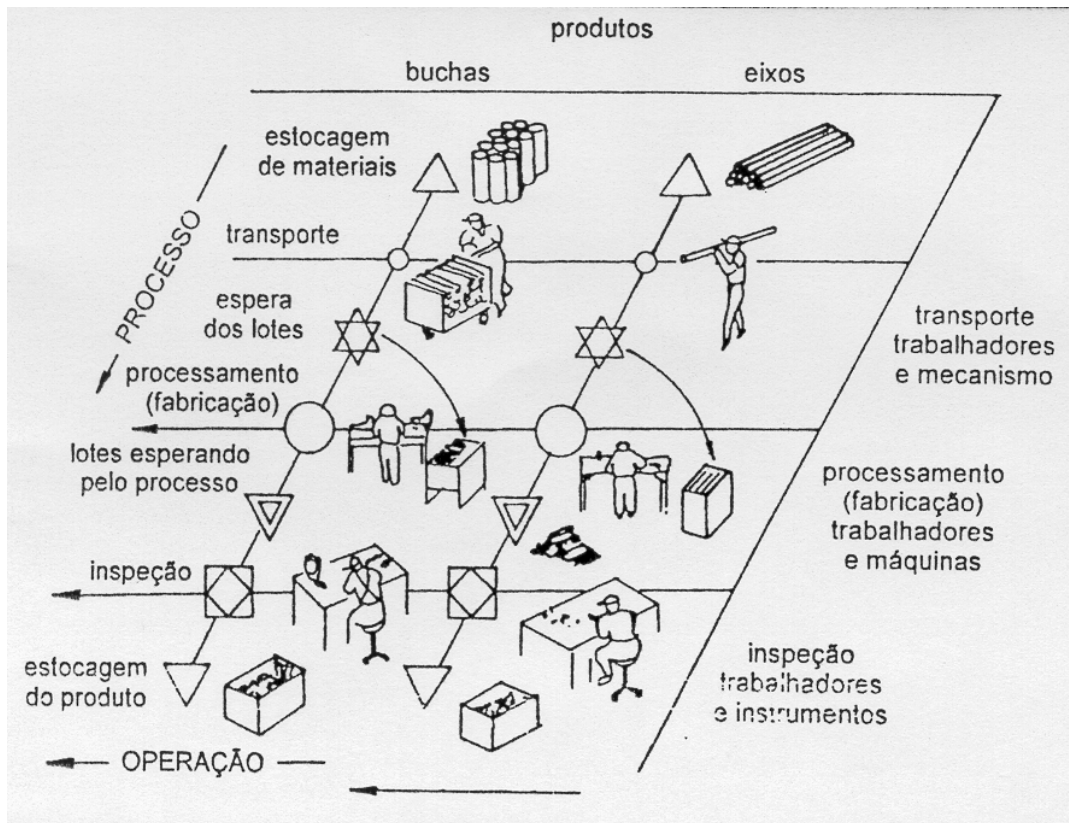


FIGURA 1- A estrutura da produção.

FONTE: SHINGO, Shigeo - O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção, 1996.

A forma de caracterizar processo com estes elementos básicos: entrada, processamento e saída - é coincidente com a de HARRINGTON (1993) que cita processo como sendo qualquer atividade que tenha uma entrada (*input*), agregue valor e produza uma saída (*output*), seja para clientes internos ou externos. O autor afirma não haver produto ou serviço sem que haja processo e não haver processo sem que haja produção de um produto ou serviço.

As operações são diferenciadas por SHINGO (1996b) em:

- operações de preparação e pós-ajuste (setups) que são as preparações de materiais, matrizes, ferramentas, e também limpeza e outras feitas após uma operação principal;

- operações principais que se dividem em essenciais, que é aquela que executa o ato principal para atingir o objetivo da operação, e auxiliares, como o próprio nome indica, ajuda a fazer a principal; e

- folgas, que são operações que não ocorrem regularmente. Dividem-se em humanas e não-humanas. Humanas podem ser folgas por fadiga ou para higiene pessoal e outras. As não humanas podem ser folgas operacionais e entre operações.

O objetivo do STP é elevar os lucros por meio do corte de custos, eliminando completamente estoque e capacidade de mão-de-obra excessiva, livrando-se de qualquer tipo de “sobra” no atual sistema de produção, permitindo ainda que esse possa responder flexível e rapidamente às flutuações de mercado, é o que define MONDEN (1999).

Esse objetivo visa seguir o **princípio do não-custo**. Tal conceito surgiu no STP através da análise diferenciada sobre a origem dos lucros. Comumente acreditava-se que o preço de venda deveria ser formado através da soma dos custos, mais a margem de lucro desejada ($\text{preço} = \text{custos} + \text{lucro}$). No STP, de acordo com SHINGO (1996), um dos primeiros conceitos básicos foi desenvolvido a partir do momento em que se enxergou a possibilidade de melhorar competitivamente se a equação acima citada fosse vista de outra forma, tal como sendo o lucro igual ao preço menos os custos. Deve se considerar que, na economia atual, o preço é definido pelo mercado, salvo condições especiais tais como monopólios etc. Dessa forma, a maneira de aumentar o lucro é reduzindo custos que é a tônica do STP.

A redução de custos deixa de ser aleatória e passa a ter um alvo definido a partir do momento em que se praticam as técnicas para obtenção do custo-alvo. Quando o preço e a margem de lucro desejada são definidos, a variável custo passa a ter um valor que deve ser obtido. MONDEN (1999, p.27) diz que “o custo-alvo incorpora a administração do lucro em toda a empresa durante a etapa de desenvolvimento do produto”.

Pelas palavras de SHINGO (1996, p.68), “o STP é um sistema que visa a eliminação total de perdas”. O autor define como ações características básicas do STP:

- eliminar a superprodução pelo uso do conceito de não gerar estoque;
- buscar a utilização mínima da força de trabalho humana;
- reduzir os ciclos de produção através do sistema de troca rápida de ferramentas;
- pensar a demanda em termos de produção contrapedido; e
- estabelecer que a quantidade produzida seja igual à demandada.

Podemos associar a esses itens os princípios e técnicas necessárias para desenvolver com sucesso e de forma integrada sistemas de produção que visam à melhoria contínua, assim como o STP.

Como princípios podemos destacar a busca pela perfeição e a crença de que um dos elementos para a sua obtenção é a capacidade de produzir sem utilizar estoque – **produção com estoque zero**.

OHNO (1994) apresenta o STP dizendo que “estoque zero” é apenas um dos resultados ao qual este sistema conduz, sendo capaz de levar a um objetivo mais geral.

O STP abrange a Troca Rápida de Ferramentas – TRF, na busca da diminuição dos *setups*, o sistema Poka-Yoke na intenção da eliminação de defeitos, o *Total Quality Control* (TQC), a produção *just-in-time* – JIT, na busca da eliminação de desperdícios. Tem-se ainda o sistema Kanban, forma de viabilizar a idéia da lógica inversa de fluxo de produção, citada por CORIAT (1994) como sendo o uso das técnicas de gestão de supermercados norte-americanos.

A qualidade iniciou a ser implementada a partir de inspeção da matéria prima e dos produtos através de métodos estatísticos. De acordo com KOSKELA (1992), a qualidade evoluiu da simples inspeção dos produtos até o controle total. O termo total significa que o controle da qualidade se estende da produção a todos os departamentos e dos trabalhadores aos gerentes. Mais ainda, a noção de qualidade cobre todas as operações da companhia. Tal conceito ligado ao da produção JIT está fortemente presente na base do STP.

Para OHNO (1997), o *just-in-time* e a automação (automação com um toque humano), visando à total eliminação dos desperdícios, são os pilares do STP.

2.2.1 Considerações sobre perda

Por ser o STP basicamente um sistema que visa à eliminação de perdas, é conveniente entender o que é considerado como perda por esse sistema.

O passo preliminar sugerido por OHNO (1997) para aplicar o STP é encontrar todos os desperdícios. Ao apresentar a equação: capacidade atual = trabalho + desperdício, esse autor nos leva a pensar sobre qual é o trabalho realmente necessário e o que está sendo feito que não precisaria, ou seja, que é desperdício. O autor afirma que a eficiência acontece quando a produção não gera desperdício e a porcentagem de trabalho é 100%.

Sendo desperdício todas as atividades que não agregam valor, TUBINO (1999) propõe eliminá-lo acabando com essas atividades. Para tanto diz ser necessário inicialmente identificar o que agrega e o que não agrega valor para o cliente.

De acordo com SHINGO (1996, p. 95), o STP identifica sete tipos de perda: Superprodução, Espera, Transporte, Processamento, Estoque, Desperdício nos movimentos e Desperdício na elaboração de produtos defeituosos. A seguir essas serão abordadas:

- **Superprodução:** na visão apoiada nos conceitos-base do STP, existe uma mudança grande de paradigma. Máquinas trabalhando o tempo todo, produzindo em sua capacidade máxima não significam obrigatoriamente eficiência. Se a quantidade produzida não estiver sincronizada com a demanda, então poderá haver desperdício. Esse estará materializado na forma de estoque. A superprodução não deve ser mais tolerada na nova forma de produzir. Ela é considerada desperdício.

Na produção, como é vista por OHNO (1997), se vê muitas vezes operários adiantando trabalho. Ou seja, o trabalhador não espera o momento programado, correto para produzir. Ao repetir seguidamente essa antecipação esse funcionário passa a gerar estoque que requer movimentação e organização. Se essas atividades forem tomadas como trabalho, será difícil diferenciar desperdício de trabalho. É o que o autor alega ser chamado de desperdício de superprodução no STP.

A máquina, de acordo com SHINGO (1996), após sua depreciação completa, é usada “de graça”, enquanto trabalhadores recebem salário. Tal colocação deve ser mais bem avaliada a partir do momento em que tais máquinas tenham custos fixos. Na ótica da PE é importante reduzir custos, portanto máquinas não precisam produzir o tempo todo se não houver demanda. Os trabalhadores devem ser multiquificados e poder operar mais máquinas. A produção deve ser programada de forma a atender à demanda, sendo balanceada para tal, com produção exatamente do número de produtos que serão imediatamente consumidos, evitando produzir em excesso, seja para clientes internos ou externos.

MONDEN, citado por CORIAT (1994, P.53), diz: “a via japonesa vai avançar pela desespecialização dos profissionais para transformá-los não em operários parcelares, mas em plurioperadores, em profissionais polivalentes, em trabalhadores multifuncionais”.

Dessa forma, entre outros objetivos, está presente o de não ter que manter cada funcionário em uma única atividade, restringindo-lhe a condição de estar produzindo um único produto, em uma única máquina ou atividade, gerando assim maior flexibilidade no sistema produtivo de forma a permitir uma maior adaptação dos fluxos produtivos às reais necessidades da demanda.

Ao se considerar a Teoria das Restrições (TOC), pode-se refletir sobre a colocação de NOREEN et al (1996), quando alegam que “os maiores problemas surgiram com os gerentes-executivos que continuaram a avaliar os gerentes de produção baseados em medição de eficiência e não de lucro”. Nessa alegação os autores criticam o conceito de eficiência, que considera quantidades produzidas e não a geração de renda. Fica evidente que nesse enfoque a eficiência considerada não leva em conta a quantidade exigida pela demanda. Se não houver o consumo daquilo que for produzido forma-se estoque. Esse caracteriza a superprodução. Mesmo assim isso era considerado certo porque gerava relatórios de eficiência positivos. No STP, de acordo com SHINGO (1996), a superprodução é eliminada através da noção de não-estoque.

- **Estoque:** quando falamos em estoque no universo do STP, estamos falando sobre um dos principais alvos de combate desse sistema. Relembrando, o STP tem como um de seus pilares o princípio do estoque-zero, ou seja, visa eliminar qualquer tipo de estoque, pois o considera gerador de desperdício.

A noção de que estoque é um mal necessário faz parte dos paradigmas arraigados culturalmente no setor produtivo. A concepção de que máquinas e homens produzindo o tempo todo significa eficiência e eficácia é um dos motivos da formação de estoques. Esta ótica embasa a produção “empurrada”, ou seja, aquela que empilhava produtos em processo em frente à etapa seguinte de produção, forçando seu processamento para depois voltar a formar outra pilha, entre processos ou então como produto acabado. Não se prestava atenção às reais exigências dos clientes, tanto internos quanto externos, pois o que interessava era não parar de produzir.

A possibilidade de eliminar perda na produção é desenvolvida, segundo SHINGO (1996), a partir do momento em que se deixa de acreditar que não há outra maneira de fazer algo.

O sistema de **produção puxada** tem como uma de suas conseqüências a eliminação de estoques, que é possível através do balanceamento da produção que é programada tendo por ponto inicial de raciocínio o antigo ponto final, ou seja, o cliente, mais especificamente a quantidade desejada pelo cliente ou clientes. Em outras palavras, a produção programada de acordo com a demanda, produzindo *just-in-time*.

Os estoques normalmente são usados para evitar interrupções na produção, diante de problemas no sistema, classificados por CORRÊA e GIANESI (1997) nos seguintes tipos: problemas de qualidade, problemas de quebra de máquinas e problemas de preparação de máquinas.

A eliminação implacável do estoque é citada por SHINGO (1996) como uma característica fundamental do STP, tendo como alvo real à redução de custos. O autor cita os seguintes tipos de estoque:

- estoques resultantes de fluxo desbalanceado, ou seja, pontos produtivos dentro do processo produzem mais que os seguintes na cadeia, gerando acúmulo de material em frente a esses postos;
- estoques de amortecimento ou *buffer*, que são aqueles permitidos e estão normalmente entre processos para garantir a continuidade da produção se houver algum problema em algum posto de produção;
- estoques de segurança, citados como sendo aqueles que fazem os gerentes

ficarem tranquilos.

OHNO (1997) mostra uma forma interessante de descobrir desperdício: fazer uma análise a partir dos estoques, alegando que essa análise pode indicar a existência de excesso de pessoal. O excesso de pessoas, equipamentos e estoques é considerado pelo autor como exemplo de desperdício que o autor define como sendo todos os elementos que só aumentam os custos sem agregar valor.

- **Espera:** é o tempo que materiais ou produtos em processo ou processados aguardam para seguir adiante no fluxo que os levam do fornecedor ao cliente, seja interno ou externo.

Ao citar SHINGO (1996) que diz que a espera é o tempo que passa sem que haja ocorrência de processamento, inspeção ou transporte do item, TUBINO (1999) completa alegando que a espera não agrega valor ao produto e, portanto, deve ser eliminada.

A redução das esperas no tempo de produção é um dos fundamentos básicos do STP, uma vez que as esperas naturalmente significam a formação de estoques que são radicalmente evitados neste sistema de produção.

A relação das esperas com a formação de estoque em excesso é expressa por SHINGO (1996) pela maneira como esse estoque se forma que, segundo o autor, pode ser de duas maneiras:

- por esperas quantitativas, geradas através da superestimação da taxa de defeitos que provoca produção maior que a necessária,
- por esperas provocadas pela falta de sincronismo no seqüenciamento da produção, ou seja, quando ocorre a antecipação da produção em relação à programação.

Essas duas formas de espera que afetam a formação de estoques são basicamente geradas por problemas de balanceamento e sincronismo da produção.

Ocorre também a espera para formação de um lote que, ainda segundo SHINGO (1996b), acontece durante a inspeção e o transporte e só pode ser eliminada pela diminuição do tamanho do lote.

As filas de espera em frente aos recursos podem ocorrer ainda por diversas outras razões, tais como: capacidade produtiva desproporcional à do fornecedor;

esperas para *setups*; processamento de lotes com foco no recurso; problemas em alguma etapa do sistema produtivo.

O desbalanceamento da carga frente à capacidade produtiva de um recurso é tratado por GOLDRATT (1993) como sendo um “gargalo” na produção. O que acontece é um afunilamento, ou seja, o posto anterior, fornecedor de um processo seguinte, produz uma quantidade maior que aquela que o seguinte consegue processar em uma mesma unidade de tempo, fazendo com que esse material espere em frente a esse recurso, gerando estoque de material entre processos.

Para evitar esperas devido à *setups*, foram desenvolvidas as técnicas de troca rápida de ferramentas – TRF – que é um dos conceitos usados para se conseguir trabalhar dentro da filosofia JIT, base do STP.

- **Processamento:** este é um dos fenômenos constituintes do processo. SHINGO (1996), que junta ao processamento a inspeção, o transporte e a estocagem como elementos formadores do processo, afirma que somente o primeiro fenômeno, ou seja, o processamento aumenta o valor agregado ao produto, enquanto os demais apenas elevam os custos.

Ainda segundo o autor, o processamento está entre as operações essenciais, ou seja, aquelas que realmente executam a operação principal, que é a ação praticada sobre o material por homens ou máquinas. Cita a mudança de forma (corte, dobramento etc.), alteração de propriedades (recozimento, têmpera etc.), montagem e desmontagem como exemplos de processamento.

As operações formam o fluxo de trabalho que OHNO (1997) classifica em dois tipos: com e sem valor adicionado. Todos os elementos de produção que aumentam custos sem adicionar valor devem ser eliminados. Excesso de pessoas, estoques e equipamentos devem ser evitados.

Para que um sistema produtivo seja instalado deve-se, pelas palavras de NOREEN et al (1996), estabilizar as operações. Para tanto, devem-se identificar as normas contraproducentes e eliminá-las.

O excesso de operários, equipamentos e produtos, segundo OHNO (1997), aumentam os custos e causam desperdício por ele chamado de desperdício secundário. O autor completa dizendo que operários demais acabam inventando trabalho desnecessário, salientando que diminuir o efetivo significa aumentar o

percentual de trabalho com valor agregado, sendo o ideal chegar a 100%.

A “fábrica mínima” citada por CORIAT (1994) é aquela que com um efetivo reduzido é capaz de assimilar variações na demanda, ou seja, é “flexível”, condição necessária para ter sucesso na atual economia globalizada.

Como forma de melhorar o processamento, o STP desenvolveu melhorias nas operações de *setup*, com a troca rápida de ferramentas, e também aprimorou as operações principais através do desenvolvimento da mecanização, com a pré-automação e autonomia. Tais assuntos serão abordados mais adiante.

- **Transporte:** transportar significa mudar algo de lugar. A menos que de alguma forma este deslocamento agregue valor ao que está sendo transportado, esta movimentação é desperdício, sob a ótica do STP.

SHINGO (1996b) afirma categoricamente que transporte não é benéfico nunca, não importando a distância. Insiste nessa afirmação dizendo que o transporte nunca agrega valor.

Dessa forma, entendemos que transporte é sempre desperdício e, portanto, deve ser eliminado. Isso deve ser tentado através de estudo de *layout* com foco no processo e não nas operações. Se o transporte for inevitável, deve ser mecanizado.

Os *layouts* devem ser estudados visando reduzir o transporte a zero. Para tanto, devem ser evitados *layouts* funcionais, pois sempre envolvem uma certa quantidade de transporte.

- **Desperdício nos movimentos:** os sistemas existem para orientar os processos e também as operações que são o fluxo de trabalho. Esse é composto pela ação de operários e máquinas sobre matérias e produtos em processo. Além disso, outras atividades também são feitas pelos trabalhadores enquanto trabalham. O trabalho pode ser dividido entre aquele que agrega e aquele que não agrega valor. As outras atividades, que naturalmente não adicionam valor, são desperdício. Assim o trabalho que não agrega valor também implica perda, sob a ótica do STP.

Através de uma observação atenta, diz OHNO (1997), é possível separar os movimentos dos trabalhadores em desperdício e em trabalho, e completa definindo desperdício com sendo “o movimento repetido e desnecessário que deve ser imediatamente eliminado”. O autor classifica o trabalho naquele *com* ou *sem* valor adicionado. Diz ainda que os operários estarem se movendo não significa que estão

trabalhando.

O trabalho sem valor adicionado são os movimentos que devem ser feitos para possibilitar que o trabalho que agrega valor seja feito. São atividades como buscar algum elemento, acionar uma máquina etc. Essa forma de trabalho acontece devido às condições existentes no processo para que seja possível a produção. O objetivo do STP é evoluir os processos de forma que não seja necessário realizar esse tipo de trabalho, evitando que o operário precise executar os movimentos que o compõem.

Os movimentos que os trabalhadores fazem que não são nenhuma forma de trabalho são inteiramente desperdícios e ocorrem na forma de transportes desnecessários, descanso não previsto, mudança não programada no modo de fazer uma ação, atos próprios dos trabalhadores etc. (Figura 2)

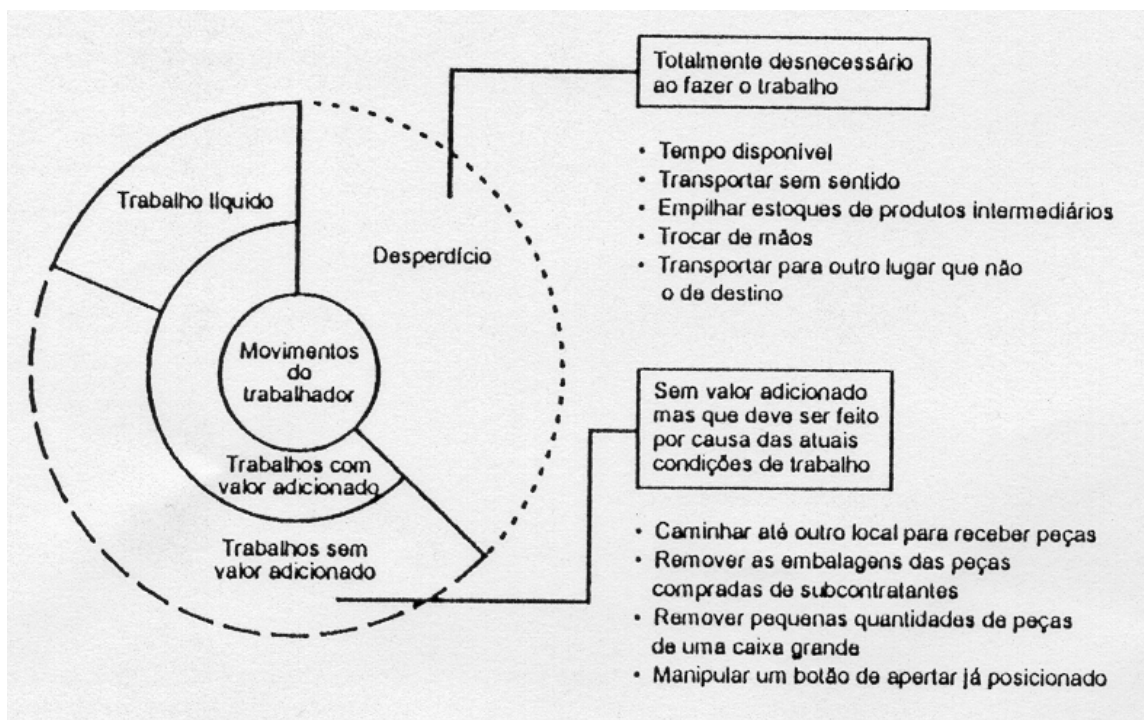


FIGURA 2 - Compreendendo a função manufatura.

FONTE: OHNO, Taiichi. O Sistema Toyota de Produção além da produção em larga escala, 1997.

- **Desperdício na elaboração de produtos defeituosos:** de nada adianta eliminar incansavelmente as perdas no processo se este gerar um produto defeituoso. Todo esforço de produção transforma-se instantaneamente em perda. Não há cliente para produtos defeituosos.

O STP visa à redução de perdas, objetivo perseguido pela filosofia da produção com estoque zero e também pelo princípio da **produção com zero-defeitos**.

A qualidade máxima também é visada pelo STP que se vale dos princípios do *Total Quality Control* (TQC) para associar a esse sistema de produção os benefícios de tal prática.

No STP é clara a idéia de que não adianta apenas fiscalizar a qualidade dos produtos acabados. Se um produto for produzido com algum problema, o desperdício já aconteceu. Portanto, verificar a ocorrência de defeitos no final da linha não é a tônica desse sistema. A fiscalização está delegada a todos em todos os instantes da produção.

Dispositivos para detectar automaticamente problemas foram criados. São chamados de *poka-yoke*. Tais dispositivos e o sistema de inspeção do STP serão abordados mais adiante.

2.2.2 Produção com estoque zero

Ao abordar a produção com estoque zero destaca-se a produção *Just-in-time* (JIT) e o sistema Kanban, a seguir descritos:

- ***Just-in-time* (JIT)**

O *just-in-time* pode ser focado como método de planejamento e controle da produção. De forma mais abrangente, pode ser tratado como uma filosofia de produção com implicações amplas no que diz respeito ao aprimoramento do desempenho da produção de forma global.

Dentre as estratégias de ajuste ao nível da produção, o binômio TQC/ JIT (*Total Quality Control/just-in-time*) tem se mostrado o mais enfatizado dos modelos de referência na indústria de bens discretos.

O sistema JIT é referido por OHNO (1997) como sendo não mais do que a tradução estilizada de um conjunto de políticas-padrão das práticas desenvolvidas

pela Toyota desde a década de 40, práticas essas tão bem-sucedidas que permitiram à Toyota escapar da crise que assolou a economia japonesa em 1973.

Para SHINGO (1996, p. 67), “a principal característica do Sistema Toyota de Produção consiste em sua ênfase na produção sem estoque, ou com estoque zero”. Para produzir sem gerar estoque foi desenvolvido o conceito de produção *just-in-time*.

A Toyota tomou dois momentos como sendo básicos. OHNO (1997) cita o da entrega do pedido e o do pagamento e explica que o que foi feito foi a redução da linha temporal que une esses momentos, reduzindo assim desperdícios.

OHNO (1997) explica que JIT em um fluxo de produção significa que as partes corretas e necessárias para o andamento do processo são entregues no mesmo momento em que são necessárias e somente na quantidade necessária. Alerta que devem ser considerados eventuais problemas nos fluxos de produção.

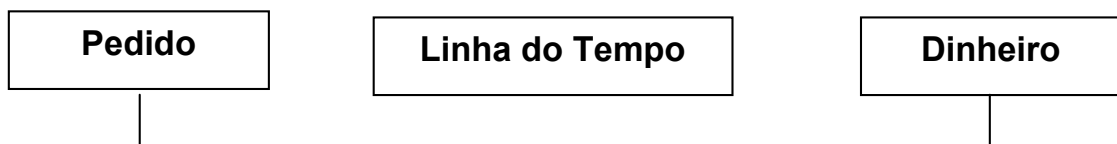


FIGURA 3 - Redução de custos pela eliminação dos desperdícios.

FONTE: OHNO, Taiichi. O Sistema Toyota de Produção além da produção em larga escala. 1997.

Deve também ser ressaltada a lógica do fluxo inverso, lembrada pelo mesmo autor que, de acordo com CORIAT (1994), em relação à lógica fordista, inverte as regras tradicionais. A fabricação, em lugar de ser feita em cadeia de montante para jusante, passa a ser feita de jusante para montante. Habitualmente pensava-se nos materiais avançando de um processo inicial para o final. A proposta para balancear o fluxo e permitir uma programação JIT correta funciona melhor se a forma de pensar for invertida. Deve-se imaginar os processos finais vindo abastecer-se nos iniciais. Dessa forma é possível saber quanto produzir em cada processo, de maneira a não formar estoques entre processos. Pelas palavras de CORIAT (1994) isso consiste na encomenda do número e da especificação exata das peças necessárias ao posto anterior. Assim sendo, evita-se a formação de estoques.

Por ser o STP um sistema que visa à eliminação total das perdas, esse tipo de produção não é admitida pela Toyota Motors. SHINGO (1996) alega que a forma de evitar que isso aconteça é através do uso da lógica de produção JIT e explica-a dizendo que nela cada processo deve ser abastecido com os itens necessários, na quantidade necessária, no momento necessário – JIT, ou seja, no tempo certo, sem geração de estoque.

O objetivo de redução de estoques da filosofia JIT é obtido, segundo CORRÊA e GIANESI (1997), pela eliminação das causas geradoras da necessidade de o estoque ser mantido.

O sistema JIT requer análise relativa à estabilidade da demanda, uma vez que tal sistema apresenta restrições quanto à flexibilidade de faixa do sistema de produção. Previsões de variações na demanda em prazos curtos devem ser acompanhadas de medidas preventivas. Estoques mínimos devem ser considerados em tais situações que figuram como restrições desse sistema.

Segundo BICHENO (1991), citado por SLACK entre outros (1996, p. 473), planejar a produção baseada nos conceitos da filosofia JIT significa buscar “atender a demanda instantaneamente, com qualidade perfeita e sem desperdício”.

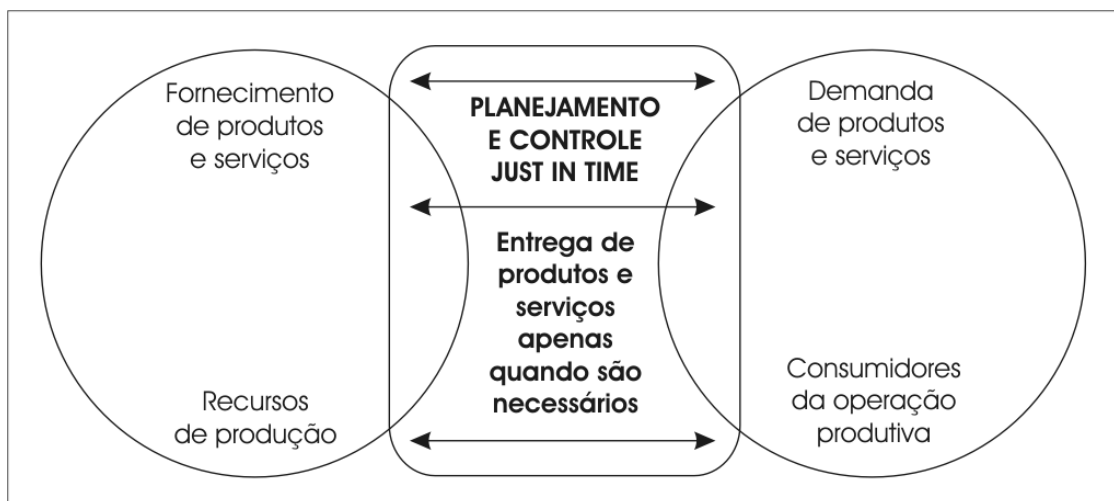


FIGURA 4 - Planejamento e controle just-in-time.

FONTE: Slack entre outros. Administração da Produção. 1997. p. 473 .

- Sistema Kanban

Kanban é o termo japonês que significa cartão. O sistema Kanban, ou seja, sistema de cartões, é usado para dar sinais, mensagens. Essas são instruções codificadas sobre o que fazer com os produtos ou materiais a que estão agregados. CORRÊA e GIANESI (1997, p.302) dizem que o Kanban “age como disparador da produção de centros produtivos em estágios anteriores do processo produtivo, coordenando a produção de todos os itens de acordo com a demanda de produtos finais”.

Esses Kanbans são agentes da lógica inversa de pensar a produção, na qual os clientes (internos ou externos) buscam nos fornecedores (internos ou externos) os itens necessários, no momento e na quantidade que os necessitam.

O sistema Kanban age junto das atividades de planejamento e controle da produção no nível operacional de curto prazo. Para TUBINO (1999, p.107), “o Kanban executa as atividades de programação, acompanhamento e controle da produção, de forma simples e direta”.

Existe, no STP, uma área de sobreposição, quando falamos sobre os conceitos que definem a lógica JIT e sistema Kanban. Os Kanbans são os cartões usados para viabilizar o sistema Kanban. Esse é, por sua vez, uma forma de organizar um sistema produtivo que pretende trabalhar na lógica JIT. O sistema Kanban faz parte da produção JIT.

SHINGO (1996) alega que a ferramenta empregada para operar este sistema é o Kanban que tem como uma de suas funções evitar que os trabalhadores do chão de fábrica produzam em excesso. Para esse autor, os Kanban e o sistema Kanban regulam o fluxo de itens globais, mantêm o estoque a um mínimo e proporcionam controle visual, simplificando o trabalho administrativo, dando autonomia ao chão-de-fábrica. Isso tende a gerar maior flexibilidade para responder a mudanças.

Coincidentemente, para responder sobre o que é Kanban, OHNO (1997, p.47) simplifica dizendo que “é o método de operação do STP”, reforçando a forma de enxergar o sistema Kanban como um meio de fazer, mais exatamente, “operar” o sistema produtivo ao encontro dos conceitos maiores que definem esta lógica de produção.

CORRÊA e GIANESI (1997) afirmam que a forma de produzir “puxando” a

produção a partir da demanda, produzindo somente os itens necessários, nas quantidades necessárias e nos momentos necessários ficou conhecida no Ocidente como sistema Kanban que é, na verdade, o nome dos cartões usados para autorizar a produção e transmitir informações como liberações de movimentação de itens.

O sistema Kanban é destinado a sincronizar o fluxo de trabalho com a finalidade de manter os inventários baixos em comparação com os sistemas convencionais de programação e controle da fábrica, afirma NOREEN et al (1996).

De acordo com CORRÊA e GIANESI (1997), o sistema Kanban mais difundido é o que usa dois cartões, um de produção e outro de transporte.

Um Kanban de produção é aquele que a autoriza, dando diversas instruções e parâmetros de produção a serem seguidos, tais como número da peça, descrição, tamanho do lote, centro de produção responsável e local de armazenagem.

Já o Kanban de transporte orienta a movimentação do material. Normalmente informa o número da peça, descrição, tamanho do lote de movimentação, centro de produção de origem e destino.

As funções dos Kanbans descritas por OHNO (1997) são:

- informar sobre a produção;
- informar sobre apanhar e transportar mercadorias e produtos;
- impedir a superprodução;
- servir como ordem de fabricação que acompanha as mercadorias;
- identificar os processos produtivos de um produto de forma a evitar a ocorrência de produtos defeituosos;
- identificar problemas e controlar estoques.

2.2.3 *Total Quality Control (TQC)*

O TQC é muitas vezes citado e apresentado isolado dos conceitos de outras técnicas e filosofias. No STP, porém, existe a conveniência da união desses conceitos com os do JIT, pois apresentam uma ampla interface. TUBINO (1999, p.27) comenta que alguns autores costumam apresentar separadamente os conceitos de JIT e TQC e apresenta a seguinte colocação: “o JIT seria uma filosofia

voltada para a otimização da produção, enquanto o TQC seria uma filosofia voltada para a identificação, análise e solução de problemas”, lembrando que problemas são perdas de qualidade.

Kaizen é o princípio de melhoria contínua que, segundo IMAI (1989), citado por TUBINO (1999), significa que nenhum dia deve se passar sem que haja melhoria, sem que a empresa melhore sua posição competitiva. Todas as pessoas dentro da organização são responsáveis por melhoria. Problemas devem ser encarados como oportunidades de melhorar.

Entre as metas do JIT/TQC, segundo TUBINO (1999), estão: zero defeitos, zero estoques, zero movimentação, zero lead time, zero tempos de *setup*, lotes unitários etc. Estoques e movimentações são assuntos que já foram abordados neste texto. A seguir será feita uma análise sobre: controle de qualidade zero defeitos (CQZD), *lead time* e *setups*:

- Controle de Qualidade Zero Defeitos – CQZD

Ao falar sobre qualidade, SHINGO (1996) afirma que essa só pode ser garantida quando estiver incorporada ao processo e proporcionar *feedback* imediato e preciso sobre fontes de defeitos.

O *feedback* é possível à medida em que os defeitos estejam sendo procurados. Uma vez detectados, procura-se sua fonte. Para encontrar tais defeitos é feita a **inspeção**. Essa pode ser feita somente após o processamento, chamado por SHINGO (1996) de inspeção final (*postmortem*), conhecida no STP como *inspeção por julgamento*. Sua função, segundo o autor, é diferenciar produtos defeituosos de não-defeituosos.

O autor cita outra forma de inspeção, a qual chama de *inspeção informativa*. Define-a como sendo aquela que procura defeitos na fonte, ou seja, junto do processo, sinalizando imediatamente assim que alguma irregularidade for detectada, evitando muitas vezes a produção de grandes quantidades (lotes) de produtos defeituosos.

Não existe funcionário exclusivo para tal verificação. Todos os funcionários são responsáveis pela verificação da qualidade. Esses têm autonomia, inclusive para parar uma linha de produção, evitando justamente que produtos defeituosos continuem a ser fabricados se for detectado algum problema.

Para evitar que defeitos ocorram o STP utiliza, entre outras, a técnica tipo *Andon* e *poka-yoke*.

- *Andon*: a utilização dessa técnica materializa o objetivo de “administrar pelos olhos”, de acordo com CORIAT (1994).

Tal sistema utiliza sinais luminosos codificados para transmitir informações. Por exemplo, a existência de luzes de diferentes cores que podem ser acesas pelos operadores de um determinado posto de trabalho para indicar diferentes mensagens, ou simplesmente para avisar se algo está, ou brevemente estará errado em suas operações. É uma variante do uso da técnica de *andons*.

- *Poka-Yoke*: são dispositivos que detectam automaticamente erros e defeitos na produção. Tais dispositivos podem ser criados de forma a paralisar o processo assim que detectarem algo errado, somente liberando-o quando o motivo causador do defeito tiver sido anulado.

SHINGO (1996) cita dois tipos de *poka yoke*. O primeiro é o que pára a linha ou processo, que funciona da maneira acima citada. O segundo é aquele que apenas emite uma advertência, permitindo que o processo continue produzindo, chamado de *poka yoke* de advertência. A frequência e as implicações de cada possibilidade de defeito são os quesitos considerados para a escolha entre estes tipos de dispositivos.

- Lead time

Lead time produtivo, assim como é definido por TUBINO (1999, p. 11), é “o somatório dos tempos de espera, processamento, inspeção e transporte”. Assim sendo podemos entendê-lo como o tempo de processo, ou seja, o tempo gasto para um produto receber todas operações necessárias para sua produção, cruzando por essas até o fim do processo.

Pode-se dizer que *lead time* é o tempo gasto para transformar a matéria-prima em produto acabado. TUBINO (1999) analisa essa condição chegando à conclusão de que quanto menor o *lead time* produtivo, menor os custos do processo. Tal lógica apóia-se no fato de que quanto mais rápido o produto estiver pronto, menores serão os estoques e menos tempo os produtos ficarão estocados, quando for o caso, indo favoravelmente ao encontro da lógica JIT.

Para reduzir os tempos de produção, deve-se buscar por todas as formas de

otimização, tanto no processo quanto nas operações. Deve-se analisar tanto as operações principais quanto as demais, como os *setups*.

- Setups

No STP os *setups* são as operações de preparação de uma máquina para realizar uma tarefa. Tais operações podem ser troca de matrizes, ferramentas, calibrações, regulagens diversas etc.

Muitas máquinas são utilizadas para produzir produtos com diferentes características. Normalmente a produção é feita em lotes. Ao terminar de produzir um lote de um determinado produto a máquina deve ser preparada para produzir o tipo de produto do lote seguinte, conforme a programação da produção. No STP a produção de pequenos lotes é enfatizada, gerando a necessidade de inúmeras operações de preparações de máquinas em períodos relativamente curtos.

Essas preparações, por muito tempo, não foram o foco das atenções. Porém, ao estudar diversos processos, prestando atenção também nas operações secundárias, ou seja, não somente naquelas que eram exercidas diretamente sobre os produtos em processo, SHINGO (1996) constata que inúmeras vezes muito tempo é desperdiçado nas operações de preparação das máquinas e equipamentos, chamadas de operações de *setup*.

Essas foram pelo autor classificadas em *setups* internos e externos. O primeiro é aquele que somente pode ser feito quando a máquina está parada; já o segundo é formado por ações que podem ser realizadas com a máquina operando. A partir dessa constatação a grande inspiração foi perceber a possibilidade de transformar parte dos *setups* internos em externos. Para ter *setups* com tempos mínimos, SHINGO (1996) desenvolveu o conceito de “troca rápida de ferramentas” (TRF), a qual é a seguir abordada:

- Troca rápida de ferramenta (TRF): quatro funções são citadas por SHINGO (1996) como componentes dos tempos de *setup*: preparação da matéria-prima, fixação e remoção de matrizes e ferramentas, dimensionamento e centragem das ferramentas, processamento inicial e ajustes.

A TRF é o conjunto de técnicas que visam reduzir o tempo necessário para executar todas as atividades, sendo o sucesso dessas técnicas de vital importância para a produção JIT. Tais técnicas são descritas por SHINGO (1996) como sendo as

seguintes:

- separação dos *setups* internos e externos e posterior conversão desses primeiros em externos, tanto quanto possível;
- padronização da função das peças necessárias à operação de *setup*;
- utilização de grampos, por exemplo, no lugar de parafusos, ou seja, elementos que possam rapidamente ser aprontados para fixações necessárias;
- ação paralela, quando possível, em pontos que possam receber ação simultânea;
- não-utilização, sempre que possível, de ajustes.

2.2.4 Pré-automação e autonomia

A indústria moderna tem, cada vez mais, a quantidade de operários reduzida e os investimentos em máquinas e equipamentos aumentados. Inicialmente foram introduzidas técnicas de mecanização, ou seja, a substituição da força humana por máquinas, como forma de melhoria nos processos produtivos. Essas têm evoluído muito. Novas tecnologias de materiais e principalmente o desenvolvimento veloz na área de informática têm possibilitado aos fabricantes de equipamentos cada vez mais agregar funções e qualidades aos equipamentos. Tais ferramentas tendem a tornar-se cada vez mais autônomas, sendo dotadas de capacidades diversas, dispensando a necessidade de ter um funcionário presente para acompanhar seu funcionamento e, muitas vezes, até mesmo para corrigir problemas, os quais são detectados por modernos sistemas computadorizados. A detecção ideal de problemas é aquela que descobre a origem desses e não o resultado de sua ocorrência.

Muitas empresas não entendem a evolução da mecanização para a pré-automação e tendem a fazer investimentos em máquinas modernas, com capacidade de identificar problemas, mas continuam mantendo funcionários para supervisionar seu funcionamento. Dessa forma, ocorre o desperdício de horas-homem pelo fato do não-aproveitamento daquilo que o equipamento oferece.

A capacidade das máquinas de detectar problemas é chamada no STP de pré-automação, ou autonomia. Já a evolução até o ponto em que a máquina seja

capaz de corrigir sozinha o problema detectado determina o que é, nesse sistema, denominado de automação. SHINGO (1996, p. 28) diz que “é técnica e economicamente viável desenvolver um equipamento que detecte problemas (pré-automatização). Porém, fazer com que ele também os corrija é muito caro e tecnicamente difícil”.

Ao implantar qualquer técnica com uso de equipamentos modernos ou não, a experiência de SHINGO (1996b, p.315) recomenda “não esquecer a essência da melhoria operacional: primeiramente melhorar as próprias operações e, somente depois, mecanizar essas operações”. Outra recomendação do autor chama atenção para o fato de que as máquinas devem ser adaptadas ao trabalho e não o trabalho às máquinas.

A transferência das funções, inicialmente atribuídas aos operários, para as máquinas gradualmente possibilita a separação entre homem e máquina, possibilitando a redução de custos pela diminuição do efetivo de funcionários necessário e pela liberação daqueles que permanecem junto às máquinas para executar outras atividades enquanto as máquinas produzem, pois elas não precisam ser vigiadas. Elas mesmas fazem essa função.

A automação é possível, segundo SILVA (1997, p.29), pela “mecanização do trabalho mental”, viável graças ao desenvolvimento de “tecnologias para a geração, armazenamento, transmissão e manipulação de símbolos”, obtido atualmente através da informática.

Esse autor lembra que o fato principal da revolução industrial foi a mecanização do trabalho e refere-se à automação como sendo a base da revolução pós-industrial.

2.3 Produção Enxuta - PE

Produção Enxuta (PE), Mentalidade Enxuta (ME) e STP são, de certa forma, termos cambiáveis, às vezes complementares e, em geral, dificilmente diferenciados na literatura e no uso corrente. WOMACK, JONES e ROSS (1992, p. 1) relatam que “Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, da Toyota japonesa, foram os pioneiros no conceito da PE”. Eles foram os criadores do STP que é chamado pelos autores acima citados, na obra referenciada, de Produção Enxuta. A PE tem como base os conceitos, princípios e técnicas do STP.

Quando se fala em STP associa-se PE e vice-versa. A forma de raciocínio em ambos os casos, ou seja, o conjunto de princípios, conceitos e técnicas formadoras dessa maneira particular de pensar, sobre administração da produção, é referido como ME.

A forma enxuta de produzir, em que enxuta significa fazer mais com menos, é basicamente uma maneira de produzir orientada pelos conceitos e princípios do STP. O que acontece é que a expressão PE parece ser usada com a intenção de desvincular a forma de produção que está sendo apresentada do caráter particular e exclusivo que essa sugere ter quando se usa o termo STP. Novos incrementos e evoluções conceituais, principalmente relativos à noção de valor, têm sido postulados e considerados, somados aos conceitos originais do STP, justificando assim o uso de uma designação diferente, no caso PE.

O termo PE, segundo KOSKELA (1992), invés de definir um conjunto específico de métodos refere-se a um uso intensivo de idéias de uma nova filosofia de produção. Tal filosofia pode ser também chamada de ME que é a forma de pensar ou enxergar a produção através da PE. WOMACK e JONES (1998, p.3) dizem que “o pensamento enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor seqüência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz”. Tal colocação pode ser complementada com a afirmação de ROTHER e HARRIS (2001), que dizem que o objetivo principal dessa forma de produzir é obter fluxo contínuo.

Nesta dissertação será usado o termo Produção Enxuta – PE, para designar também o conteúdo que é apresentado pela literatura pelo termo ME. O termo STP é destacado pelo fato de ser considerado como sendo a origem, o sistema básico formador de conceitos e técnicas usados na PE.

Esta pesquisa limita-se a descrever e explorar a linha de pensamento sobre a PE *centrada* no trabalho de WOMACK, JONES e ROSS (1992) e de WOMACK e JONES (1998), usando obras e análises complementares de outros autores, sem a pretensão de esgotar tal assunto, nem de abordar extensivamente as demais linhas de raciocínio.

O STP é um sistema de produção que busca produzir mais e melhor com menos custos. A partir desse Sistema e através da evolução e acréscimo de conceitos,

principalmente a partir do uso das práticas da engenharia e análise de valor, agregados à filosofia do STP, passou-se a produzir no formato denominado de PE. De acordo com SOUTO (2000), a PE tem a mesma base teórica do STP e visa generalizar essa filosofia nas empresas.

WOMACK, JONES e ROSS (1992) vinculam o correto entendimento da PE a uma análise de cada etapa do processo produtivo, desde o projeto e engenharia do produto, aspectos administrativos da fábrica, cadeia de suprimentos e vendas, até o perfeito conhecimento do consumidor.

Com relação à **fábrica**, os autores acima mencionados comparam as instalações e forma de operar em um ambiente clássico de produção em massa (GM de Framingham – 1986), com as características fabris da PE. Na produção em massa citada encontram inúmeras “disfunções”, tais como corredores cheios de mão-de-obra indireta que não agrega valor, pilhas de estoques junto de cada estação na linha de produção, desigualdade de esforço solicitado dos funcionários (alguns se esbaldando para dar conta de suas atividades e outros parados), estoque de produtos defeituosos, e outras. Para descrever algumas características da PE os autores valem-se da descrição de aspectos encontrados na Toyota Takaoka. Lá citam não terem encontrado ninguém pelos corredores, não havendo praticamente trabalhadores envolvidos com atividades indiretas. Praticamente todos trabalhadores faziam algo que agrega valor ao produto. Outro aspecto importante ressaltado é relativo ao espaço físico reduzido nesse sistema enxuto, facilitando a comunicação face a face entre trabalhadores. Na linha de montagem o estoque junto dos trabalhadores permitia a produção de menos de uma hora (estoques reduzidos). As peças fluíam mais uniformemente e as atividades eram mais bem distribuídas.

No que diz respeito à **administração** da fábrica, SOUTO (2000) lembra a reestruturação pela qual as organizações passam para se moldar à PE, citando aspectos como a divisão de trabalhadores em montadores ou técnicos, o trabalho em pequenos grupos com qualificações variadas, os sistemas de detecção de defeitos e a característica desse sistema de considerar aspectos relacionados à motivação dos funcionários.

Em relação ao **projeto** enxuto podem ser destacados alguns aspectos tais como a questão do uso do sistema do *shusa*, citado por WOMACK, JONES e ROSS (1992). Ou seja, é a definição de liderança. *Shusa* significa “grande líder”. Ele é

encarregado de reunir uma equipe estreitamente interligada que é o segundo elemento do projeto enxuto citado pelos autores acima mencionados. A equipe formada deve reunir especialistas de diversas áreas.

São feitas interações entre o pessoal de diversos setores, desde o chão de fábrica, marketing, recursos humanos etc, no sentido de buscar um maior entendimento das necessidades dos clientes. De acordo com SOUTO (2000, p.83), “o trabalho em equipe é avaliado com base em projetos anteriores sendo levado em consideração para elaboração de projetos futuros”. O autor diz ainda que o planejamento é visto com extrema importância na PE, pois todo investimento nessa etapa reverterá em ganhos de produção porque nessa etapa procura-se minimizar erros.

A forma de lidar com a cadeia de suprimentos tem evoluído ao longo do tempo. Henry Ford pensou inicialmente que a melhor forma para abastecer a produção era produzir todos os elementos que precisava. Após isso, Alfred Sloan tentou evoluir este conceito criando divisões descentralizadas para produzir os elementos necessários à montagem final do produto principal de suas companhias. Mais tarde acreditou-se que comprar os elementos de um fornecedor externo mediante concorrência, optando-se pelo menor preço, sem compromisso com continuidade de fornecimento, era a melhor solução.

WOMACK, JONES e ROSS (1992) expõem a forma de **suprimento** de componentes na produção enxuta lembrando que nesse sistema os fornecedores são selecionados na fase de desenvolvimento do produto. Existe uma hierarquização de fornecedores, sendo eles de primeira, segunda e terceira linha. Ao de primeira linha é designado todo um componente, por exemplo, peça “X”. Tal fornecedor é escolhido não somente pelo preço que oferta, mas também pelo histórico de bom desempenho. Esse pode ter seus fornecedores (que são os de segunda linha) de subprodutos, peças que formarão o componente “X” solicitado pela empresa principal. Esses podem ter outros fornecedores que serão os de terceira linha para a empresa que solicitou o componente “X”. Dessa maneira, há uma redução de fornecedores. Usa-se o conceito de sistema e sub-sistema, porém verificou-se a necessidade de existir uma ligação com todos os níveis e entre eles de forma a garantir ajuda mútua com intuito de preservar a qualidade, custos e prazos desejados. Ocorre

A definição de preços é estimada para o fornecedor particularmente para cada item de acordo com um estudo e verificação da viabilidade de obtenção desse preço por parte de cada fornecedor, preservando a qualidade e prazos de entrega. Souto (2000, p. 84) afirma que “a base de avaliação é feita levando em consideração as dimensões de custos, qualidade e prazo de produção”.

Por fim temos os **consumidores** que são a grande razão de todo o esforço de produção. Em síntese, na produção em massa toda avaliação do sistema produtivo sempre parte do próprio processo. A PE inverte essa ótica e busca no cliente o ponto inicial de sua orientação produtiva. Uma vez que a empresa existe para gerar lucro, entende-se que esse lucro será obtido se a organização puder alcançar ao cliente aquilo que ele quer, quando ele quer e por um preço compatível com aquele que ele está disposto a pagar. Mais que isso, a empresa busca estabelecer relações mais apuradas com seus clientes de forma a mantê-los de forma duradoura.

A demanda determina a produção e estabelece a lógica inversa de estabelecer os parâmetros de produção que, somada ao princípio de estoques-zero, gera a produção puxada. Tal forma de produção deve adaptar-se às variações da demanda tornando-se flexível e ágil.

Para WOMACK e JONES (1998), a PE pode ser resumida através de cinco conceitos: Valor, Cadeia de Valor, Fluxo, Produção Puxada e Perfeição.

Alguns desses conceitos têm relação com conceitos da Engenharia e Análise do Valor – EAV que, segundo HAGUIARA (1997, p. 488), “é um método de trabalho racional e organizado embasado no tripé **função, valor e criatividade**”. A EAV visa eliminar custos desnecessários de um produto, serviço ou construção, sem diminuir o desempenho, agregando o máximo valor possível ao objeto em análise, para a satisfação total do cliente. MONDEN (1999, p. 168) usa uma definição da Associação Japonesa de Engenharia de Valor para definir EAV: “são os esforços organizados no sentido de implementar uma análise funcional de produto e/ou serviço para atingir, com confiabilidade, todas as funções requeridas ao menor custo de ciclo de vida possível”.

A PE através de seus conceitos busca identificar nas atividades básicas de cada negócio o que é desperdício e o que não é, procurando pelos itens que agregam valor a partir da ótica dos clientes. A análise do que é considerado pelo cliente no julgamento para a formação do valor e do que pode ser feito para gerar um produto

com máximo valor agregado com mínimo custo, torna comuns os conceitos usados pela PE e aqueles editados pela EAV.

Assim sendo, compõem objetivos da PE a criação de fluxos contínuos e sistemas de produção puxada em função da demanda, a análise e melhoria do fluxo de valor das plantas e da cadeia produtiva completa, de fornecedor a produto acabado, e o desenvolvimento de produtos em acordo com tudo aquilo que se imagina agregar valor para o cliente.

Vejamos a seguir algumas considerações sobre os conceitos básicos da PE.

2.3.1 Valor

O Valor é a essência principal da PE. Sua determinação deve considerar fundamentalmente a ótica do cliente, pois é essa que o determina de fato. Essas definições são apresentadas por WOMACK e JONES (1998), que ressaltam que, apesar de ser determinado pelo cliente final, o valor é criado pelo produtor.

O valor é estabelecido por quem quer, ou precisa adquirir um produto ou serviço. O “quanto” ou “até quanto” o cliente está disposto a pagar deve ser descoberto pelo fornecedor a fim de estabelecer o preço. Na lógica do custo-alvo, citada por MONDEN (1997), uma das formas de determinar o custo-alvo considera esse preço e subtrai dele o lucro-alvo. A partir daí a PE deve desencadear, através da prática de seus conceitos, as análises necessárias para encaixar os custos dentro da faixa do custo-alvo.

Na EAV, valor é a correlação custo x desempenho. É, segundo HAGUIARA (1997, p.489), “o referencial pelo qual se mede o grau de aceitação, por parte do cliente, do objeto analisado”.

Para o cliente, em geral, quanto melhor o desempenho de um produto ou serviço e quanto menor o custo, maior o valor.

Portanto, para maximizar o valor deve-se entender o que o cliente ou usuário quer em um produto ou serviço. Para isso utilizam-se os conceitos de *função*, que é expressa por HAGUIARA (1997, p. 489) como sendo “a tarefa ou atividade que um produto, serviço ou sistema executa para que se atinja um determinado objetivo. Em resumo, é o *por que* ou *para que* das coisas.” Ainda segundo o autor a *função* de

produtos ou serviços pode ser técnica (de uso), ou mercadológica (de estima), sendo essas divididas em principais (as essenciais) e secundárias (as de apoio à principal).

Apoiado na análise funcional, que através da EAV encontra uma sistematização, busca-se, entre outros objetivos: eliminação de desperdícios e redução de custos, melhoria da qualidade e desempenho de produtos e serviços, otimização de processos em geral.

De uma forma mais ampla podemos dizer que se busca um maior valor agregado aos produtos e serviços, reduzindo preços e promovendo a plena satisfação dos clientes. Como resultado pode-se obter vantagem competitiva em relação à concorrência, conseguindo uma posição privilegiada no mercado.

Definir precisamente valor em termos de produtos específicos com capacidades e preços específicos, através do contato com clientes específicos, significa para WOMACK e JONES (1998) o ponto onde a produção enxuta deve iniciar.

2.3.2 Cadeia de valor

A criação, desenvolvimento e produção de um produto ou serviço normalmente envolvem diversos e variados setores. Desde o surgimento da idéia, desenvolvimento de anteprojeto, projeto e produção propriamente dita, até a venda, temos muitos elos de interação. Cada fase dessas tem suas ramificações, ou seja, seus fornecedores e clientes, tanto internos quanto externos. Assim sendo, a noção de valor e análise de valor devem ser estendidas de forma sistêmica através de toda a cadeia produtiva envolvida com um produto ou serviço, na intenção de obter o máximo valor agregado.

ROTHER e SHOOK (1999, p.3) referem-se à cadeia produtiva usando a denominação “fluxo de valor”, definido como sendo “toda ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a cada produto.” Os autores definem estes fluxos como sendo tanto o fluxo de produção desde a matéria prima até o produto final; e o fluxo do projeto do produto, da concepção até o lançamento.

Usaremos nesta dissertação o termo “cadeia de valor” para expressar cadeia produtiva e também fluxo de valor.

Tal cadeia de valor é vista por WOMACK e JONES (1998) como sendo formada por três grupos de atividades gerenciais, definidos pelos autores como *tarefas gerenciais*, que são: *tarefa de solução de problemas*, que envolve as atividades desde a concepção até o lançamento de um produto; *tarefa de gerenciamento da informação*, relativa àquelas necessárias desde o recebimento do pedido até a entrega do produto; e *tarefa de transformação física*, que envolve o ciclo de produção desde a matéria prima até o produto acabado.

Muitas atividades dentro da cadeia de valor não criam valor, porém são inevitáveis. Outras, porém, são desnecessárias. Muitas vezes a possibilidade de se evitar desperdício fica restrita pela incapacidade das organizações de olhar através de suas fronteiras, além dos limites da sua empresa. A cadeia de valor expressa esse conceito. Deve haver integração e troca de informação entre clientes e fornecedores em toda cadeia produtiva, estando ela dentro ou fora de uma ou mais empresas, de forma a possibilitar descobertas que viabilizem economias através da racionalização de recursos e eliminação de desperdícios. WOMACK e JONES (1998, p. 10), que se referem ao desperdício através da palavra *muda*, consideram que a capacidade de interação entre diversas organizações, citada como sendo “uma reunião contínua de todas as partes envolvidas para criar um canal para a cadeia de valor como um todo”, no intuito de acabar com o máximo de *muda*, possibilita o surgimento da empresa enxuta.

2.3.3 Fluxo

Através de uma forma sistêmica de pensar enxergamos o processo produtivo com entradas que sofrem determinadas ações e resultam nas saídas. Ou seja, intuitivamente imaginamos um fluxo, do ponto inicial ao final, seja de matéria-prima, informações ou qualquer outro elemento que esteja sendo submetido a um processamento.

O objetivo na PE consiste em eliminar, nesse fluxo, todas as atividades identificadas na análise da cadeia de valor como sendo não agregadoras de valor.

A continuidade das atividades sobre um determinado item no fluxo de produção nem sempre acontece. A forma de produção departamentalizada e a maneira de pensar que as coisas devem ser feitas em etapas, por lotes, dificulta o fluxo rápido

dos elementos envolvidos em um processo para que esse tenha o tempo de atravessamento do ponto inicial até o final reduzido.

Trabalhar continuamente em um produto é visto por WOMACK e JONES (1998) como uma forma muito mais eficiente de conduzir a produção desse produto desde matéria prima até produto acabado e, como já foi referenciado nesta dissertação, é considerado por ROTHER e HARRIS (2001) o objetivo principal da PE. O foco deve estar no produto e em suas necessidades e não na organização ou no equipamento.

A idéia de fluxo contínuo foi inicialmente materializada por Ford em 1913, na criação da linha de montagem do modelo T. Porém essa forma estava adaptada para grandes quantidades de produção. WOMACK e JONES (1998) citam Taichi Ohno, inclusive seu colaborador Shigeo Shingo, como aqueles que perceberam que o grande desafio era obter fluxo contínuo na produção de pequenos lotes. Tal formato foi buscado através do desenvolvimento das técnicas do STP.

A produção enxuta repensa a forma de organização do trabalho, buscando a existência de condições e meios para a criação de valor em toda a cadeia produtiva, permitindo que esse valor flua continuamente.

2.3.4 Produção puxada

Por muitos anos os sistemas de produção vigentes na maioria das empresas têm usado conceitos de eficiência e eficácia que apontam a necessidade de produzir o tempo todo como forma de otimização de recursos. A formação de estoques empurra os produtos em processo ao posto seguinte e o estoque de produtos acabados tende a fazer com que campanhas agressivas de vendas tentem empurrar produtos aos consumidores.

Essa lógica é inversa no sistema que busca identificar junto ao cliente final o que esse necessita, quais são os produtos e quais são os itens que agregam valor para o consumidor, qual a real demanda prevista. A partir dessas premissas percorre-se a cadeia produtiva no sentido inverso ao acima citado e chega-se ao desenvolvimento de produto. Esses são projetados de acordo com a expectativa do cliente. A programação da produção prevê a produção apenas da quantidade estimada. Somente essa porção deverá ser feita. A produção passa a ser puxada pela

demanda. Tal sistema deve ser flexível e ágil para acompanhar as variações da demanda e manter seus objetivos, que são orientados para atender aos clientes.

Quando a produção foca o cliente e prioriza a produção daquilo que por ele é desejado, da forma que o consumidor quer, essa produção se aproxima da definição de qualidade de JENKINS, citado por PALADINI (2000, P.27), que diz que “qualidade é o grau de ajuste de um produto à demanda que pretende satisfazer”.

De acordo com WOMACK e JONES (1998), a demanda tende a ser mais estável quando a produção trabalha no sistema que faculta ao consumidor que a determine.

2.3.5 Perfeição

A perfeição pode ser considerada como o sendo alvo do processo de melhoria contínua que baliza as ações na PE. Para obtê-la é necessário que os conceitos de valor sejam entendidos e praticados. Os fluxos devem ser evidenciados e tornados contínuos.

De forma a auxiliar na busca da perfeição a evidência da cadeia de valor dos produtos em processo constitui-se em uma ferramenta extremamente útil. Aliado a isto se deve pensar a produção através dos conceitos de produção puxada.

Assim sendo, ter-se-á a perfeição quando tivermos processos produtivos **sem** perdas e **sem** desperdícios.

No capítulo seguinte será feita uma exposição do contexto tradicional da CC, repleto de possibilidades de melhorias. Em seguida será discutida a CE, visando justamente analisar a busca da perfeição no ambiente da construção, através da eliminação de desperdícios, da otimização de recursos e do uso de ferramentas diversas, tais como aquelas tradicionais em sistemas de garantia de qualidade, à luz dos conceitos do STP e da PE.

3 CONSTRUÇÃO CIVIL - CC

Desde o início da civilização o trabalho está presente na vida do homem. Em uma colocação interessante, VARGAS e MENEZES (1996) relatam que o trabalho inicialmente estava totalmente relacionado com a luta pela sobrevivência. Nessa “luta” inicial o homem buscava além da alimentação, proteção. Para tal, desenvolveu utensílios rudimentares e gradativamente passou a transformar elementos da natureza para uso e benefício próprios.

Com o passar do tempo e com a evolução natural do ser humano, esse passou a perceber que a necessidade básica de proteção estava muitas vezes condicionada à obtenção de um abrigo e que esse podia ser feito, construído pelo uso de meios e elementos disponíveis no ambiente em sua volta.

Dessa forma surgiram as primeiras manifestações de obras de engenharia, inicialmente rudimentares, feitas através da experimentação e da evolução do conhecimento leigo em que o homem, através do tempo, evolui, transformando recursos naturais a seu favor, das mais variadas formas, para os mais diversos fins.

Ao longo de anos e anos de experimentações e após a formação de conhecimento científico a respeito de matemática, física e química, o homem passou a conhecer as características dos materiais, suas possibilidades de uso, as equações matemáticas necessárias e as leis da física.

Pela união da aplicação dessas ciências surge a engenharia civil destinada a estudar e desenvolver técnicas e conhecimentos voltados a atender às necessidades de habitação, saneamento, transportes, dentre outras.

Para atender a tais necessidades desenvolveram-se empresas voltadas à execução de “obras de engenharia”. Essas empresas estão abrigadas no setor da CC.

3.1 Considerações sobre a indústria e o setor da construção

A Construção Civil, segundo a Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, é classificada como indústria, porém diferenciada da Indústria de transformação que é fornecedora de insumos para a construção, de acordo com

ALVES (1998). Esse autor usa em seu estudo a conceituação defendida por HAGUENAUER, entre outros, que diz que “macrocomplexos industriais são conjuntos de empresas fortemente articulados entre si e que mantêm fraca ligação com as demais indústrias”.

O setor da Construção Civil no Brasil apresenta uma divisão que separa as empresas construtoras como sendo da construção civil e/ou da construção pesada, tendo ainda as de montagem industrial.

O que define que uma empresa seja de construção civil ou pesada não foi encontrado de forma clara nem na bibliografia, nem nos próprios sindicatos, tanto da construção civil (Sinduscon), quanto da construção pesada (Sicepot) do estado do Rio Grande do Sul, consultados pelo autor desta dissertação.

Nesta dissertação usa-se o termo Construção Civil - CC (com iniciais maiúsculas) para se referir a ambos os tipos de obra, tanto civis como de construção pesada.

Com relação ao cliente, ou seja, ao dono da obra, esse pode ser uma pessoa ou grupo de pessoas físicas, uma pessoa jurídica ou grupo, um órgão público ou outra forma de composição. Sendo uma das duas primeiras possibilidades, teremos clientes privados; e sendo a terceira, um cliente público.

3.2 Caracterização do setor da Construção Civil

O setor da CC é conhecido como sendo atrasado em relação aos processos produtivos e técnicas de gestão que usa e por ser grande gerador de desperdícios.

Tem-se muitas características peculiares na construção civil. MESEGUER (1991) menciona aspectos marcantes do setor, tais como:

- característica nômade, ou seja, a estrutura de produção é mobilizada, produz, e após é desmobilizada e transferida para outro local;
- produtos únicos, na maioria;
- a estrutura produtiva movimenta-se em torno do produto dificultando a produção em cadeia;
- tendo origem muito antiga e conservando métodos e processos tradicionais, é um setor muito resistente a mudanças;

- as áreas destinadas à organização da estrutura e dos processos de produção muitas vezes ficam expostas às adversidades do tempo e à ação de vândalos;
- na maioria das vezes o cliente deste setor adquire um único produto proveniente desta indústria ao longo de sua vida;
- alto grau de rotatividade da mão-de-obra;
- dificuldade de padronização de procedimentos;
- a mão-de-obra pouco qualificada usada no setor dificilmente encontra motivação para produzir com alta qualidade e produtividade devido ao caráter eventual do emprego;
- dificuldade em produzir especificações simples e claras para entregar aos clientes;
- responsabilidades dispersas e pouco definidas;
- elevado número de insumos, materiais e componentes;
- existência de grande tolerância quanto à precisão de orçamento, dados de projetos, planejamento etc, tornando o sistema flexível demais.

Existe ainda, citada por ALVES (1997), a seguinte característica:

- a CC, apesar de ser um setor altamente absorvedor de mão-de-obra, conta com grande número de pequenas e médias empresas, muitas dessas de frágil organização.

A administração da produção é citada por SLACK (1997) como sendo um campo da ciência que trata da maneira pela qual as organizações produzem tudo o que consumimos e menciona a figura dos gerentes de produção como sendo aqueles que organizam a produção. Nas obras os gerentes são, na maioria das vezes, os engenheiros, que devem estar preparados tanto tecnicamente quanto também com relação às formas de gestão mais adequadas para lidar com os diversos intervenientes da cadeia produtiva do setor.

O complexo processo produtivo que envolve uma obra traz consigo inúmeros intervenientes, ao contrário da maioria das indústrias. MESENGUER (1991) define os principais intervenientes do processo construtivo, ressaltando que esses intervenientes participam de muitos setores com diferentes funções, gerando grande número de interfaces, definidas pelo autor como zonas de vulnerabilidade para a

qualidade. Tais intervenientes são: o promotor da obra, o projetista, os fabricantes de materiais, o construtor, o empreiteiro, a empresa de gerenciamento, o proprietário, os laboratórios, as organizações de controle, a segurança na construção, a forma de contratação, a formação dos profissionais, e outros.

3.2.1 Considerações sobre projetos

Quando se pretende construir uma casa, por exemplo, o processo inicia com a definição do que se quer exatamente construir. Para tanto é feita uma pesquisa com o cliente e um anteprojeto arquitetônico é elaborado. Após a aprovação, esse passa para uma fase final de definições arquitetônicas. Outros projetos deverão ser então desenvolvidos, tais como: projeto estrutural, elétrico, hidro-sanitário, e outros projetos complementares, bem como a descrição de todos os elementos constituintes da edificação através do memorial descritivo.

Os projetos citados são, na maioria das vezes, contratados com profissionais diferentes, sendo desenvolvidos de forma individual, sem troca de informações. Tal fato gera, muitas vezes, incompatibilidades no momento da execução que força soluções alternativas decididas no canteiro de obras. Esta situação retrata uma condição comum nas obras de engenharia atualmente.

3.2.2 Considerações sobre gestão

HOWELL (1999) descreve que na forma corrente de gerenciar a execução das obras de construção procura-se otimizar o projeto, atividade por atividade. Cada etapa do projeto é tratada em separado. Após definir-se uma solução para cada parte, reúnem-se as partes em uma seqüência lógica definido-se prazos e ordens de precedência. Estabelece-se quase sempre um “caminho crítico”, ou seja, a seqüência principal de atividades para a obra. O empreendimento passa a ser monitorado através do controle de muitos contratos individuais. O foco está nas atividades.

Nesta forma de produção as pessoas estão habituadas a pensar que otimizando ações individuais se consegue a melhoria do todo. Nessa linha de raciocínio temos nas obras muitos pequenos contratos sendo administrados por uma empresa gerenciadora, responsável pelos suprimentos e outras necessidades. Além disso, a

gerenciadora do contrato maior também se encarrega de outras atividades administrativas e faz a consolidação da obra como um todo.

Tal formato lógico de gerenciar as obras, diz KOSKELA (1992), tem origem no sistema tradicional de orçamento que divide o empreendimento em seus elementos constituintes e atribui os custos para cada um. A partir daí, eles são administrados individualmente, tendo um *input* determinado no orçamento (custo), recebendo um processamento, e gerando um *output* (produto). Exatamente como no raciocínio do modelo de conversão acredita-se que o somatório das partes individuais integra o todo, ou seja, gerenciando cada parte individualmente gerencia-se o todo. Assim sendo, ocorre muito desperdício na produção sob esta ótica por este acontecer fora do foco de ação do sistema tradicional, ou seja, não no processamento.

3.2.3 Considerações sobre execução

Normalmente as pessoas responsáveis pela execução, quase sempre engenheiros residentes, ou não, dependendo da estrutura alocada para cada obra, atuam como espécie de bombeiros, sempre apagando incêndios. Essa é uma expressão comum usada para designar que esses profissionais nunca estão envolvidos com planejamento, verificações, reprogramações, ou seja, gerenciando efetivamente, mas estão quase sempre resolvendo problemas que lhes tomam todo o tempo e os recursos. Passam a agir como tocadores de obra, solucionando questões que têm sua origem, muitas vezes, na má qualidade dos projetos e planejamento.

Recentemente, a introdução da informática e suas ferramentas no apoio aos gerentes e administradores das obras ofereceram uma possibilidade de melhoria, no sentido de agilizar o fluxo de informações. A divulgação de sistemas de qualidade, introduzindo a lógica de padronizações, também apareceu como elemento que oportunizou melhorias no processo de execução das obras. A grande questão é que, em geral, tais instrumentos, ferramentas, conceitos e métodos não são aproveitados de fato pelos profissionais envolvidos na construção. Ressalta-se aqui a importância de mudança de crenças e valores e, muitas vezes, a mudança de postura e atitude das pessoas-chave nos processos produtivos desse setor, no sentido de possibilitar

que a fase de execução possa se beneficiar dos novos recursos e conceitos gerenciais.

3.2.4 Considerações sobre perdas na construção

A forma de entender e quantificar perdas depende dos conceitos e princípios considerados. Esses normalmente associam perda ao desperdício de material. Essa é apenas uma forma de perda. SANTOS et al(2000, P. 8) observa que “qualquer ineficiência que se reflita no uso de equipamentos, materiais, mão-de-obra e equipamentos em quantidade superiores àquelas necessárias à produção da edificação” são perdas.

De uma forma ampla podemos averiguar a procedência das perdas a partir dos projetos, na própria construção e na cadeia de suprimentos. Grande parte delas tem sua origem nos próprios projetos das obras. Devido à ineficiência na forma como tradicionalmente são elaborados os projetos, de maneira totalmente individuais muitos problemas são empurrados para serem resolvidos na obra, gerando esperas, retrabalho e inúmeros problema mais, causadores de perdas.

Não se tem aqui a intenção de apresentar números representativos das perdas, mas apenas de discutir o fato em si, sua ocorrência e ter idéia da ordem de grandeza, concebida de forma ampla e tida como dado presente na realidade do setor. KOSKELA (1992) cita pesquisas sobre custos, como forma de caracterizar, de forma mensurável, aspectos sobre perdas no setor.

As contribuições de cada fato gerador de perda, no total, depende de inúmeros aspectos específicos de cada obra como: tipo de projeto, concepção executiva, tipos e quantidades de recursos, tanto físicos como humanos, disponíveis e alocados para cada empreendimento, entre outros.

As perdas na construção podem ser classificadas segundo seu controle, de acordo com sua natureza e ainda em função de sua origem (COLENCI JUNIOR e GUERRINI (1998), SANTOS (2000)). Segue uma rápida apresentação de perdas, segundo explicações dos autores acima citados:

- Perdas de acordo com seu controle

Quando para evitar uma perda for necessário gastar mais que o seu valor, essa perda é chamada de inevitável, pois não compensa evitá-la. Caso contrário, elas podem ser evitáveis, ou não.

Considera-se nessa ótica o total das atividades executada, identificando as parcelas que agregam ou não valor. Todas que não agregam valor são perdas. Dessas, algumas podem ser eliminadas, outras não.

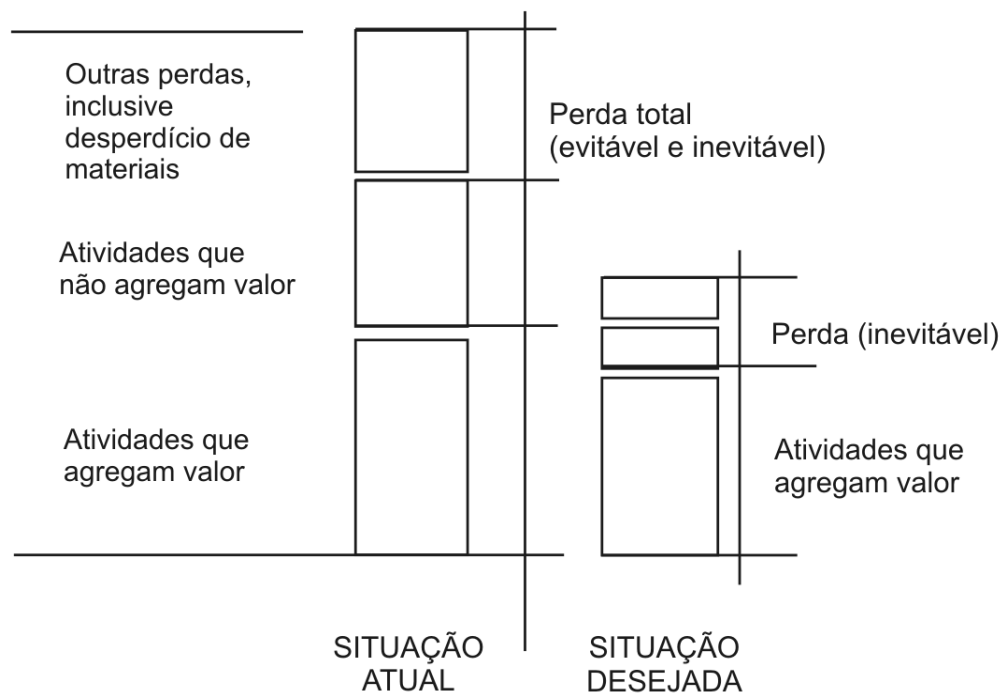


FIGURA 5 - Perdas segundo seu controle.

FONTE: SANTOS, Aguinaldo. Método de intervenção para redução de perdas na Construção Civil. p. 9.

- Perdas segundo a natureza

As perdas na Construção Civil de acordo com sua natureza são as mesmas citadas e explicadas no item 2.2.1 desta dissertação, porém relacionadas com aspectos da produção na construção.

- Perdas segundo a origem

As perdas apresentadas de acordo com a natureza são detectadas geralmente durante a fase de execução da obra, porém sua origem pode ser atribuída a outras etapas do processo produtivo da construção, tal como: projeto, planejamento, programação, seleção de recursos humanos, suprimentos.

SANTOS (2000) mostra uma figura onde ilustra as possíveis origens das perdas e os possíveis locais de ocorrência. (Figura 7)

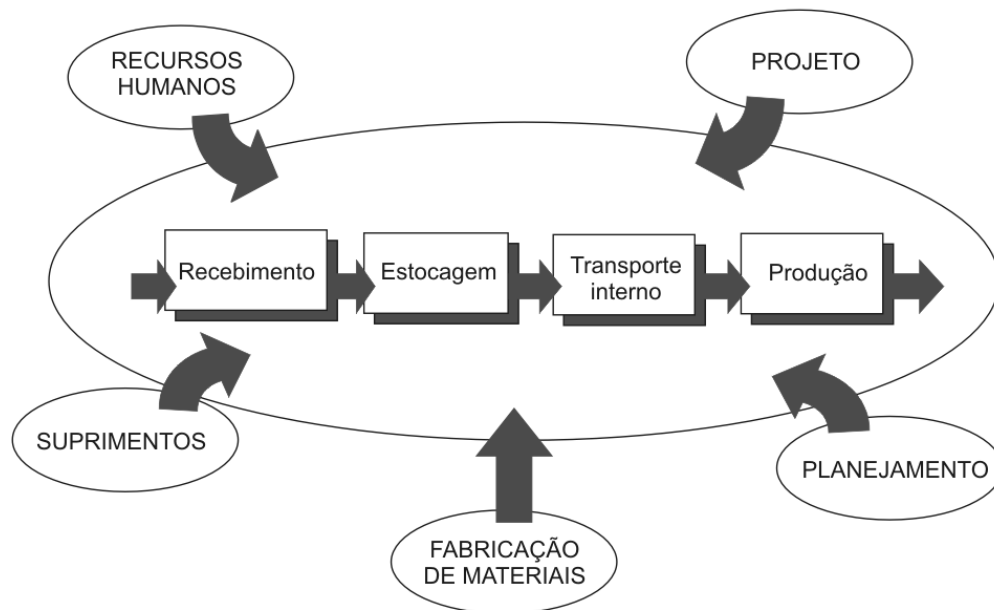


FIGURA 6 - Perdas segundo sua origem e incidência.

FONTE: SANTOS, Aguinaldo. Método de intervenção para redução de perdas na Construção Civil. p.71.

A seguir será abordado o modelo tradicional de produção na CC.

3.3 Modelo tradicional da Construção Civil

Este modelo é o que define a produção como um conjunto de atividades de conversão, também chamado de sistema baseado em transformação ou **modelo de conversão**.

Nesse modelo o processo de construção é visto como sendo formado por outros menores, chamados de subprocessos. A crença vigente é que para diminuir o custo

total se deve tentar reduzir o custo de cada subprocesso individualmente. Acredita também que o valor do produto final (output) está vinculado ao valor dos insumos (inputs).

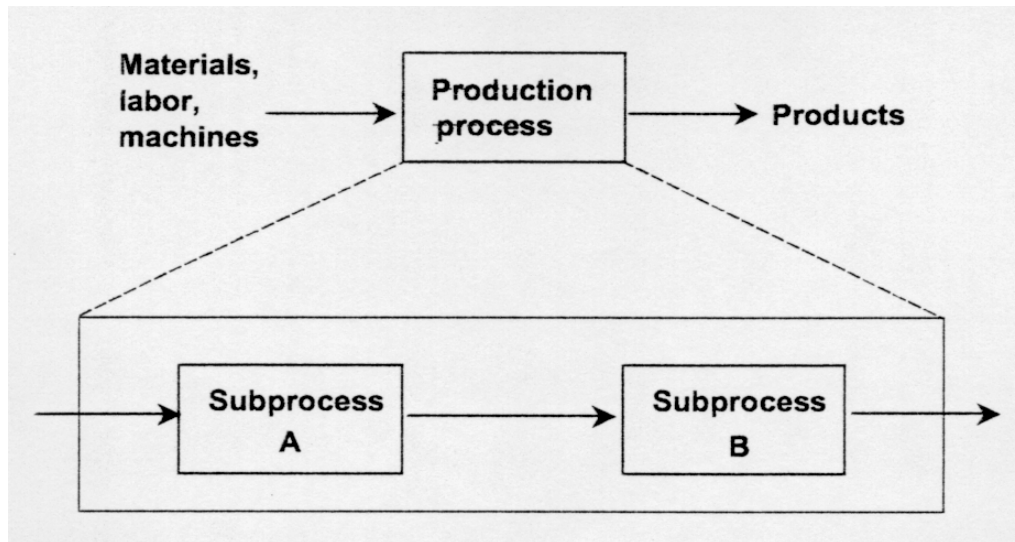


FIGURA 7 – Modelo de conversão.

FONTE: KOSKELA, Lauri. An exploration towards a production theory and its application to construction. p. 42.

Nesse modelo o processo de construção é visto como sendo formado por outros menores, chamados de subprocessos. A crença vigente é que para diminuir o custo total se deve tentar reduzir o custo de cada subprocesso individualmente. Acredita também que o valor do produto final (output) está vinculado ao valor dos insumos (inputs).

Somente as atividades de conversão são consideradas nos estudos, sejam orçamentos ou programações das obras sob essa ótica. Tais atividades são as que agregam valor, formadoras do fluxo de montagem de uma edificação, segundo ISATTO (2000).

As principais deficiências deste modelo apontadas por KOSKELA (1992) são:

- não considerar explicitamente a porção de atividades que compõe os fluxos físicos entre as atividades de conversão, ou seja, atividades que não agregam valor e que originam grande parte dos custos em processos complexos como os da construção;

- não visualizar o sistema global na busca por melhorias, concentrando-se em ações individuais;
- não levar em consideração os requisitos considerados pelos clientes na formação de valor dos produtos, sejam eles clientes internos ou externos.

Esse formato de administrar a produção é apresentado por KOSKELA e VRIJHOEF (2000) como sendo aquele que prevalece no setor da construção, tido como um elemento que dificulta a mudança para o novo modelo, o da Construção Enxuta.

3.3.1 Necessidade de racionalização

Por muito tempo o setor da CC assistiu ao desenvolvimento de todo tipo possível de desenvolvimento e evolução de formas administrativas, gerenciais, modelos de produção e técnicas produtivas aplicados ao setor de manufatura, acreditando que nada disso poderia ser aplicado à sua realidade por considerar que a sua fábrica, a obra, era diferente.

Esse paradigma está sendo mudado. Devido à concorrência cada vez maior no mercado da CC, e motivadas pela eficiência dos processos industriais, as empresas construtoras vêm estimulando e buscando cada vez mais um significativo esforço de racionalização.

KHEL (1997) atribui o sucesso da racionalização ao desempenho global de um complexo sistema de elementos interdependentes, no qual se inserem a concepção e a forma de apresentação do projeto, os recursos disponíveis, o nível profissional do pessoal empregado, o ritmo da construção e o arranjo físico-financeiro da obra.

Segundo TSUKAMOTO, citado por CONTE (1997, p.497), “a natureza da competição no século 21 será caracterizada pela presença de empresas enxutas, com grande eficácia e eficiência na geração de valores agregados aos produtos por elas produzidos”. O autor comenta ainda a expansão do conceito de cliente que deverá se estender cobrindo, além de seus consumidores, a comunidade em que a empresa se insere e os colaboradores de seu processo.

É importante se considerar aspectos relacionados à aprendizagem organizacional, uma vez que se abordam crenças e valores relacionados ao aspecto de mudança e evolução de partes da organização e desta como um todo.

3.3.2 Considerações sobre aprendizagem organizacional

Segundo SCHEIN citado por SANTANA e DIZ (2002, p.3), “ a aprendizagem é um dos modos de criar a cultura organizacional. Esta é um produto da aprendizagem resultante da experiência do grupo.” Os mesmos autores usam as idéias de COOK e YANOW para explicarem que o conhecimento organizacional não é propriedade de um indivíduo, nem é visto como a soma dos conhecimentos individuais. Para eles, “o conhecimento é detido e utilizado pela organização, enquanto grupo de indivíduos atuando conjuntamente. Seguem dizendo que “os *significados intersubjetivos*, trazidos por novos membros ou criados pelos existentes, surgem e são mantidos através da interação dos membros da organização”.

Algumas teorias apontam causas para que as organizações não “aprendam a aprender” e mantenham-se competitivas baseadas em conceitos como: resistência à mudança, natureza humana ou problemas com liderança. SCHEIN citado por SANTANA e DIZ (2002, p.3) contesta estas teorias expondo três “subculturas principais” que alega serem responsáveis pelas falhas na aprendizagem da organização, que são: a cultura da gestão, cultura dos designers e cultura dos operadores. Na seqüência de seu raciocínio SCHEIN completa dizendo que apenas a cultura dos operadores tem raízes no interior da organização, baseando-se na interação humana, formando-se à medida que os trabalhadores aprendem que a comunicação, a confiança e o trabalho de grupo são essenciais para se obter eficiência. Desta forma, quando o padrão pré-determinado não é adequado, os trabalhadores tendem a inovar, porém, como a hierarquia muitas vezes cerceia de forma imprevista estes processos, os operadores tendem a atuar ou segundo as regras, ou buscando alternativas, mesmo que tenham que contrariar as normas.

Para STATA citado por DUHÁ (2002, p.6) “ o conceito de aprendizagem é normalmente atribuído ao processo através do qual indivíduos adquirem novos conhecimentos e percepções, modificando dessa forma seu comportamento e ações”. STATA ressalta que a aprendizagem organizacional acontece através de “percepções, conhecimentos e modelos compartilhados”, e segue dizendo “a mudança fica bloqueada, a menos que todos os principais tomadores de decisão aprendam juntos, venham a compartilhar crenças e objetivos e estejam comprometidos em tomar as medidas necessárias à mudança”.

DUHÁ (2002, p.6) cita NONAKA, dizendo que este considera que, numa economia onde a única certeza é a incerteza, a única fonte garantida de vantagem competitiva duradoura é o conhecimento. Pelas palavras de NONAKA: “quando os mercados mudam, as tecnologias proliferam, os concorrentes se multiplicam, ..., as empresas de sucesso são aquelas que criam sistematicamente novos conhecimentos, disseminam-nos pela organização inteira e rapidamente os incorporam em novas tecnologias e produtos”.

A utilização dos conceitos, princípios e técnicas da PE na CC é chamada de Construção Enxuta – CE, a qual pretende obter no setor da Construção Civil os benefícios conseguidos pela PE nos demais setores. Para isto é necessário que as empresas aprendam e evoluam como um todo.

A seguir serão abordados os principais conceitos da CE, buscando identificar e analisar como esta teoria pode significar teoricamente e na prática as mudanças necessárias para a evolução do setor da CC.

3.4 Construção Enxuta - CE

Após apresentar-se o STP, a PE e o setor da CC com sua forma tradicional de produção, pretende-se neste capítulo abordar os conceitos da forma enxuta de produzir, aplicados ao setor em estudo.

Será tratado neste capítulo o surgimento da Construção Enxuta – CE, e serão comentados tópicos diversos sobre o assunto sem a pretensão de esgotá-los.

Ao discorrer sobre as teorias de produção, KOSKELA (2000) apresenta a evolução dessas mostrando o conceito baseado na transformação, dominante na maior parte do século 20, consistindo basicamente na análise dos seguintes elementos: entradas, processamento e saídas. A crença era que quanto maior o valor das entradas, maior seria o valor das saídas. Na seqüência de seu trabalho, o autor mostra o conceito de fluxo da produção, coincidente com a descrição por ele apresentada como base de uma nova filosofia de produção, no estudo sobre a aplicação dessa filosofia na Construção Civil. Segundo KOSKELA (1992, p. 15), na essência, o novo conceito de produção implica ver a produção em três elementos: conversão, fluxos e valor. O processamento é considerado como conversão e os fluxos são a inspeção, movimentos e esperas. Na maioria dos casos, completa o

autor, somente o processamento agrega valor. Enquanto todas as atividades geram custos e consomem tempo, somente as atividades de conversão adicionam valor ao produto.

Tal filosofia aplicada ao universo da Construção Civil é ainda um tema recente, carente de análises maiores e principalmente de esclarecimentos objetivos no que diz respeito a técnicas e metodologias de aplicação na área específica aqui tratada. Assim sendo, ressalta-se a dificuldade de relacionar tal forma de produção no ambiente da construção, ratificando-se, no entanto, sua importância.

KOSKELA (1992, p. 5) ao falar sobre a nova filosofia de produção, referindo-se a essa aplicada em um sentido geral, apresenta este mesmo ponto de vista sobre o estudo dessa nova concepção sobre a produção. Diz ele: “muitos fatores dificultam apresentar um resumo coerente sobre as idéias e técnicas da nova filosofia de produção. Este campo é recente em constante evolução. Novos conceitos surgem e o conteúdo dos velhos conceitos mudam”. Por assim pensar o autor escolheu desenvolver um estudo baseado em dois termos importantes, considerados a raiz do sistema em questão: JIT e TQC.

3.4.1 Conceitos, princípios, técnicas e objetivos da CE

A busca por gerar maior valor agregado aos produtos e reduzir perdas e desperdícios pode ser colocada como foco da CE. Como conseqüências imediatas de sua utilização, relata CONTE (1997, p. 497), pode-se obter a “redução sistemática de perdas e desperdícios, redução de custos operacionais e busca do comprometimento e da capacitação das equipes de trabalho”, e ainda, “otimização da capacidade gerencial em médio prazo e diminuição das incertezas do processo de tomada de decisão em todos os níveis hierárquicos envolvidos”.

Na ótica de KOSKELA (1992) a nova filosofia de produção é vista a partir de dois conceitos básicos, ou seja, a produção *just in time* - JIT - e *Total Quality Control* – TQC (Controle da Qualidade Total). SOUTO (2000) apresenta esses elementos como sendo considerados por Koskela como a fonte primária da CE.

Alguns outros conceitos surgidos a partir dos esforços na busca da realização da produção através do JIT e TQC são apresentados por KOSKELA (1992) como

sendo os seguintes: Manutenção Preventiva Total (TPM), envolvimento dos empregados, melhoria contínua, *benchmark*, entre outros.

MELLES, citado por CONTE (1997), relaciona a engenharia simultânea, produção focada no cliente, uso do conceito Kaizen (melhoria contínua), formação de grupos multiquificados, técnicas de produção JIT, uso de parceria com os fornecedores e uso de infra-estrutura de informações e comunicações adequadas, para descrever as metodologias e técnicas utilizadas para poder produzir orientado para atingir os objetivos da CE.

Na CE, segundo a visão de HOWELL (1999), apoiada nos conceitos de GOLDRATT sobre variação e dependência, os problemas em termos físicos são vistos de forma diferente da maneira com que são tratados no modelo tradicional, descrito no capítulo anterior. As equipes recebem metas variáveis, devendo a administração de suprimentos ser coerente a essas metas. O excesso de capacidade é administrado para poder assimilar variações necessárias no ritmo de produção. De acordo com o autor acima citado, o planejamento e controle na CE, assim como na indústria de manufatura, são dois eventos sempre presentes de forma alternada: o planejamento cria premissas, estratégias e fixa objetivos, e o controle confere e compara o planejado com o realizado.

3.4.2 Mudanças conceituais rumo à CE

Os processos podem ser projetados, controlados e melhorados na prática se ocorrer a transformação de princípios em ações, tais como as mencionadas por KAHKONEN, citado por CONTE (1997), que são: aprimorar a eficiência das atividades que geram valor, diminuir relevância daquelas que não agregam valor, agregar o máximo valor aos produtos sob a ótica dos clientes, diminuir desperdícios, reduzir perdas de valor em processos, reduzir a variabilidade, diminuir tempos de ciclo, reduzir prazos, simplificar processos e flexibilizar a produção. Muitas dessas ações são coincidentes com as sugeridas por KOSKELA (1992), sendo que esse autor cita ainda: aumentar o valor das saídas do processo considerando sistematicamente o que é desejado pelo consumidor nos produtos, adicionar transparência ao processo, focar o controle em todo o processo, usar a noção de melhoria contínua e balancear os fluxos e conversão de produtos.

A idéia central da CE é ter clara a percepção de que os custos totais de qualquer produto carregam consigo uma parte que é custo originado a partir de atividades que não agregaram valor algum, ou seja, se não tivessem ocorrido, o valor, na percepção do cliente, seria o mesmo. A grande questão é que muitas vezes tais atividades são difíceis de ser eliminadas. Este é o desafio da CE, eliminar nos processos construtivo e em toda a sua cadeia, tudo que não agrega valor, obtendo a redução de custos e a possibilidade de gerar maior lucro.

Nos sistemas tradicionais de produção na CC encontramos muitas atividades que são entendidas como não geradoras de valor. Tais perdas estão escondidas em inúmeras inspeções, retrabalhos, movimentos e transportes desnecessários. Sua origem ocorre desde os projetos mal concebidos, desenvolvimento do planejamento executivo (quando ocorre) coordenado através de princípios obsoletos, predominância da individualidade de ações no canteiro (a fábrica), sendo essa manifestada por grupos ou pessoas, não havendo a idéia de conjunto. A noção dominante pela gerência é que obtendo ganhos individuais, em atividades isoladas, estarão contribuindo para somar a um ganho maior do todo. Não acontece a percepção do valor segundo a ótica do consumidor final nem daquele interno, ou seja, aquele que recebe um produto em processo para executar a atividade seguinte na seqüência de produção.

A construção, segundo a ótica da nova filosofia de produção, referida por KOSKELA (1992), deve considerar fundamentalmente os requerimentos esperados pelos consumidores dos produtos, sejam eles consumidores finais ou intermediários (dos produtos em processo). Nesse formato, a produção deve manter uma padronização, ou seja, evitar a variabilidade, a inconstância em seus processos, de forma a evitar perdas. Os tempos de ciclos definidos pelo autor acima citado como sendo o tempo de processamento mais os tempos de inspeção, espera e movimentos, devem ser reduzidos pela diminuição do tempo dos três últimos elementos mencionados. A simplificação dos processos deve ser buscada através da redução da quantidade de componentes dos produtos e pela redução do número de etapas dos fluxos de materiais e informações, ou de outras formas. Isso tudo deve ser feito sem prejudicar a flexibilidade da produção que deve se valer da criatividade para ter incrementos positivos. A transparência deve acrescentar ao sistema produtivo a possibilidade de visualizar melhor o que realmente está

acontecendo em suas diversas etapas, facilitando melhorias que devem ser buscadas continuamente.

Mudanças geram desconforto para a maioria das pessoas. A tendência natural é a resistência e a criação de barreiras. Com relação aos conceitos, princípios e técnicas de produção não é diferente. Passar do sistema tradicional para uma nova versão conceitual sobre como fazer, controlar, e principalmente mudar a crença sobre o que é realmente importante, mudar paradigmas, é realmente um desafio. Esse pode ser aumentado quando as alterações a serem promovidas podem ameaçar cargos e funções, quando podem impactar diretamente sobre a realidade de pessoas com situações definidas e estáveis no sistema corrente.

Para o sucesso na adoção de mudanças, KOSKELA (1992) cita alguns fatores necessários: a presença de um comitê com um líder responsável pela implementação, o foco em melhorias mensuráveis e contestáveis, o envolvimento dos empregados e o aprendizado, seja inicialmente dos princípios, técnicas e ferramentas de melhoria, e posteriormente aquele relativo à busca de melhorias continuamente.

Ao falar sobre o primeiro fator, o referido autor diz: “A mudança será realizada somente através das pessoas, ela não pode ser delegada a um grupo de especialistas, como no caso dos investimentos em nova tecnologia”.

3.4.3 Considerações sobre industrialização, informática, segurança e automatização

Muitos esforços no sentido de promover o desenvolvimento no setor da CC foram feitos através de tentativas de industrialização desse setor. KOSKELA (1992, p. 57) resume suas considerações sobre esse fenômeno dizendo que a industrialização muitas vezes alonga os processos de fluxo e torna-os mais complexos que no sistema normal de construção. O esforço através desse recurso deve ser melhorado para se obter o que a industrialização realmente pode oferecer, completa o autor.

Outro aspecto a ser considerado é a segurança do trabalho. Essa é geradora, infelizmente, de perdas no setor em questão. Especulativamente se pode considerar

que pela adoção dos conceitos da CE, que prevê menos atividades de transportes e movimentos, é provável diminuir a ocorrência de acidentes.

Tanto computadores quanto novas tecnologias de informação podem ser usados na construção. Devem ser entendidos como meios facilitadores, mas não como agentes que por si só podem gerar benefícios. Esses recursos devem agilizar o acesso, a troca e o processamento de informação nos mais diversos níveis, ajudando os gerentes e funcionários, orientados por conceitos e princípios modernos, na racionalização e otimização de suas atividades.

Para referir-se à automatização na construção, KOSKELA (1992) se vale de colocações de BÉRANGER que aconselha focar a automatização em processos que agregam valor. Para os demais, a eficiência é tanto maior quanto for a possibilidade de eliminá-los.

Precedendo os esforços para eliminar a necessidade do trabalho humano nas atividades, os processos devem ser melhorados. A produção deve estar controlada. Casos específicos, como os da construção pesada, podem oferecer uma caracterização mais favorável à automatização, através do uso mais intensivo de maquinário. No geral essa questão não é muito clara.

3.4.4 Modelo de construção sob a ótica da Construção Enxuta

A partir da publicação do trabalho de KOSKELA (1992), um novo modelo de visualizar a lógica de produção na construção passou a ter ênfase, apoiada principalmente nos conceitos do TQC e da produção JIT.

Nesse modelo, segundo esse autor, o processo é visto como um fluxo de materiais, desde a matéria prima até o produto final, sendo constituído por transporte, espera, processamento e inspeção. Dessas, apenas o processamento agrega valor, o que não necessariamente sempre acontece. As demais são atividades de fluxo.

De acordo com ISATTO et al.(2000), a geração de valor é outro aspecto marcante no processo da Construção Enxuta. Para KOSKELA (2000), a geração de valor em um processo só ocorre quando esse promove uma transformação de forma que atenda aos requisitos desejados pelo cliente.

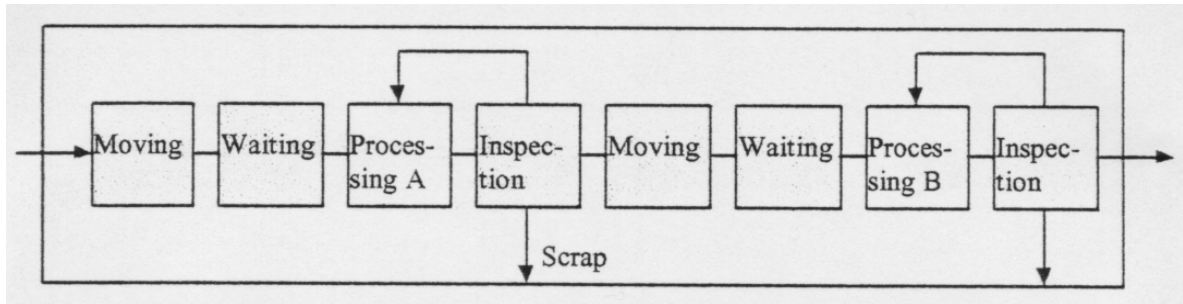


FIGURA 8 - Modelo de processo da CE.

FONTE: KOSKELA, Lauri. Application of the new production philosophy to construction, 1992, p. 15.

O autor comenta ainda que o modelo mostrado na figura acima pode ser aplicado também a processos de natureza gerencial, nos quais, invés de fluxo de materiais teremos fluxos de informações.

Além desses fluxos citados, temos um outro, o de trabalho que se refere ao conjunto de operações, ou seja, o trabalho realizado por máquinas e pessoas. O fluxo de materiais é processo e o de pessoas, de operações.

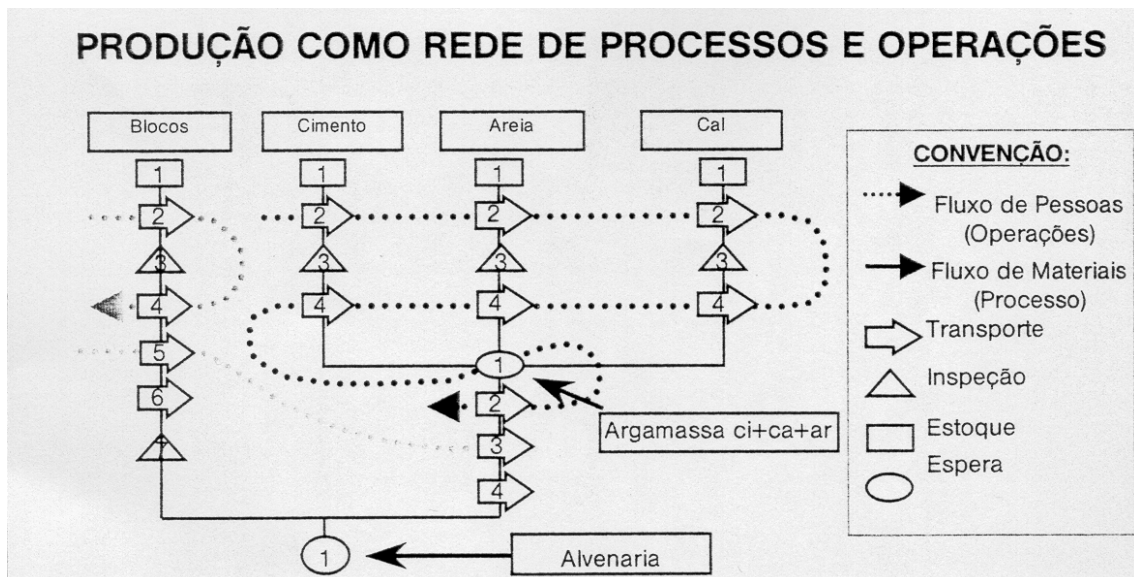


FIGURA 9 – Relação entre fluxos de materiais e de trabalho.

FONTE: ISATTO, Eduardo Luís et al. Lean Construction: Diretrizes e Ferramentas para o Controle de Perdas na Construção Civil, 2000, p. 10.

3.4.5 Considerações sobre a aplicação da CE

Conceitualmente a produção na CC deve absorver a mudança de paradigma mudando a velha forma de enxergar a produção (modelo de conversão) e passar a visualizá-la sob a ótica do novo sistema (modelo da CE). ISATTO (2000) observa que o modelo de conversão não é errado, porém apresenta-se ineficiente frente à complexidade dos sistemas produtivos e dos novos conceitos de eficiência e eficácia atualmente considerados.

“O óbvio só é óbvio para o olho preparado”, diz RIBEIRO (1994). Tal afirmação é ratificada na CC quando se percebe que ao longo dos anos tal setor tem convivido com uma grande quantidade de perdas e desperdícios sem ao menos notá-los, mesmo esses estando à volta de todos os envolvidos nos processos de construção. Concentrados em eliminar perdas relativas a materiais, os profissionais da área foram incapazes de enxergar os inúmeros desperdícios presentes nos fluxos componentes dos processos produtivos. Tais perdas não eram óbvias, mas estavam, sim, ocultas, junto dos conceitos presentes na CE.

Assim sendo, a partir da apresentação desses conceitos, tais desperdícios não podem mais ser tolerados, uma vez que podem ser considerados como existentes e passíveis de eliminação.

O primeiro passo é o entendimento conceitual da CE. Esse é possível pelo estudo de diversos trabalhos existentes sobre o assunto, dos quais alguns servem como referência nesta dissertação.

É preciso entender que conceitos apenas não promovem mudanças se não tiverem métodos e técnicas para que seja possível operacionalizar, ou seja, materializar, transformar em ações aquilo que é pretendido pelas definições teóricas. Assim sendo, entende-se que a fixação das bases teóricas que devem orientar a produção deve acontecer e estar muito bem definida em todos níveis hierárquicos de uma organização. Na obra se deve ter recursos práticos que viabilizem alinhar o sistema produtivo com o modelo definido e desejado.

O nível estratégico da organização lida com as definições conceituais, definindo o modelo e as diretrizes a serem seguidas. Cabe ao nível tático assimilar tais conceitos e trabalhar na interface entre o campo teórico e o operacional, dando condições para que através de métodos e práticas, a produção aconteça de acordo

com o sistema proposto. O nível operacional aplica tais procedimentos que devem ser padronizados e sujeitos a mensurações, acompanhamento e verificações.

Os conceitos devem ser operacionalizados, de forma a torná-los aplicáveis. HIROTA (2000, p.2), entre outros, diz que “pouca atenção tem sido dada à complexidade do processo de implementação” dessa nova filosofia de produção. A autora chama a atenção para as mudanças necessárias para tornar possível operar a produção sob a ótica da CE. Essas devem ser relativas ao enfoque no processo de solução de problemas e na tomada de decisões e também abranger atitudes gerenciais, expandindo-se até mudanças de valores e crenças internalizadas ao longo da prática profissional.

Para encaixar o sistema de produção no novo modelo, KOSKELA (1992) sugere orientar conceitualmente a gestão dos processos baseada em algumas diretrizes, dentre as quais destacam-se as descritas a seguir.

3.4.6 Diretrizes para aplicação da CE

A seguir serão abordadas, de forma resumida, algumas diretrizes mencionadas pelos autores citados para a aplicação dos conceitos da CE:

a. Eliminar atividades que não agregam valor e aumentar esse valor nos produtos: se considerarmos que muitas atividades executadas nas obras não agregam valor, podemos considerar que parte do trabalho realizado é desperdício. Assim sendo, a CE visa eliminar essas atividades, mantendo preferencialmente as atividades que agregam valor, assim como esse é definido pelo consumidor, seja ele interno ou externo. O mapeamento de processo permite analisar a possibilidade de otimização de tudo que acrescenta valor com mínimo, ou sem, acréscimo de custos, gerando um produto de maior valor final. Tal forma de agir considera importantes os requisitos valorizados pela demanda, atuando assim próximo dos conceitos atuais de qualidade. A intenção é, pois, produzir com o máximo de qualidade e o mínimo de custos.

Algumas atividades, no entanto, são inevitáveis, mesmo que não gerem valor, tais como determinadas inspeções, treinamentos, atividades relativas à segurança etc.

b. Focar o processo global: segundo SHINGO (1996), primeiro devem ser feitas melhorias nos processos (fluxos de montagem, de materiais e de informações) e só então nas operações na busca por melhoria contínua. No modelo considerado pela CE, a atenção deve ser dada ao todo e não a partes individualmente. Uma melhoria pontual não representa certeza de melhoria coletiva, porém uma análise efetiva do todo, expandido o olhar além dos limites tradicionais, pode oportunizar a criação de soluções que proporcionem melhor eficiência e eficácia para o empreendimento.

Um estudo da definição do *layout* de canteiro, de soluções técnicas, uso de equipamentos e outras variáveis sob essa ótica da redução de atividades que não agregam valor podem representar economias diversas. Tal estudo pode levar à busca de soluções junto aos fornecedores de materiais e prestadores de serviço na busca da diminuição de perdas.

c. Diminuir etapas: quanto maior o número de etapas para execução de um processo, maior tende a ser a quantidade de atividades presentes, parte delas não geradoras de valor. Diminuindo os passos reduzem-se as atividades e provavelmente eliminam-se também algumas que não agregam valor. Assim sendo, é indicado racionalizar processos, seja pela adoção de equipes de operários multiquificados, de uso de sistemas pré-fabricados ou de outros meios que devem ser considerados em um planejamento eficaz.

d. Reduzir a variabilidade: a variabilidade se opõe à noção de padrão e, desta forma, também à de qualidade, que associa a geração de valor com a padronização na produção. Eliminar desperdícios é necessário, porém uma vez conseguido deve-se ter constância na produção.

Em um processo as variações podem estar relacionadas à qualidade de materiais ou serviços, aos tempos de execução de atividades, à quantidade de material ou mão-de-obra usada, entre outras. De acordo com o ponto analisado, a variabilidade pode estar ocorrendo em um momento anterior, ou seja, no fornecedor de algum produto ou serviço, pode estar acontecendo na atividade avaliada ou estar à frente, quando é causada pela variação de requisitos pelos clientes, sejam internos ou externos.

Em geral, todos os tipos de variabilidade implicam o acontecimento de ações ou eventos que não agregam valor. Por exemplo, variações em tempo de produção

podem gerar estoques ou provocar esperas; variações dimensionais de materiais podem exigir o gasto de tempos extras para adaptações; pedidos com características fora do padrão podem necessitar mudanças de projeto.

e. Diminuir os tempos de ciclo: ao se retirar do processo as atividades que não agregam valor, reduz-se o tempo de ciclo que abrange o processamento, transporte, espera e inspeção na produção de algo.

Podemos aqui retomar tópicos abordados pelo STP, evidenciando a lógica de diminuir ou eliminar principalmente transportes e esperas, normalmente associados a alguma forma de estoque. O método JIT de produção pode e deve ser um objetivo constante.

Uma forma de reduzir tempos de ciclo é através da redução dos lotes de produção.

f. Aumentar a flexibilidade: praticamente todas as ações gerenciais na CE são orientadas pelo conceito de valor. A produção de algo deve adaptar-se a produzir aquilo que o cliente deseja sem que isso signifique elevação de custos ou sacrifício do lucro, razão de existência da organização. Para tanto, as empresas devem ser flexíveis, o que pode ser conseguido, segundo ISATTO (2000), pelas seguintes abordagens: redução de tempos de ciclo, uso de mão-de-obra polivalente, customização do produto no tempo mais tarde possível e utilização de processos produtivos que possibilitem flexibilidade sem incremento de custos.

g. Produzir de forma transparente: essa diretriz ressalta a importância do aspecto visual em um ambiente de trabalho. Asseio, organização e sistemas visuais de comunicação aumentam o rendimento, diminuem riscos e evitam perdas e desperdícios. A transparência no processo busca associar essas características não só ao ambiente físico, mas a cada aspecto, atividade, ator ou elemento da produção. Para tanto se pode usar a técnica 5S ou outros métodos e meios, de forma criativa.

h. Melhorar o processo continuamente : acreditar que sempre existe algo que pode ser melhorado ou feito de forma mais apropriada, e buscar essa melhoria insistentemente constitui o cerne do TQC, filosofia que, junto com o JIT, formam a base da CE. ISATTO (2000) cita algumas medidas a serem tomadas no sentido de promover a melhoria contínua, tais como: medir desempenho e compará-lo com referenciais; estabelecer objetivos, metas e prioridades; padronizar procedimentos;

efetuar verificações e estabelecer rotinas para correção de problemas ou implementação de melhorias.

Instrumentalizar e tornar prática a lógica do ciclo PDCA, ou seja, planejar, fazer, checar e agir corretivamente facilita a melhoria contínua. Também podem ser usadas ferramentas da qualidade, tais como fluxogramas, listas de verificação e outros mais.

As ações do PDCA promovem planejamento e controle, visando à eficiência, dimensão que observa a relação dos objetivos alcançados com os custos gerados, e a eficácia, que analisa as metas frente aos prazos estabelecidos, conforme definições apresentadas por ISATTO (2000).

Vejamos a seguir aspectos do planejamento e controle na construção sob a ótica da CE.

3.4.7 Planejamento e controle

Na intenção de reforçar a importância do planejamento e controle da produção se faz a seguir breves considerações sobre o assunto, sem a intenção de esgotá-lo.

De acordo com RUSSOMANO (2000, p.49) o PCP “se constitui no planejamento do seqüenciamento de operações, da programação da movimentação e da coordenação da inspeção, e no controle de materiais, métodos, ferramental e tempos operacionais”. Ainda segundo este autor, o objetivo do PCP “é a organização do suprimento e movimentação dos recursos humanos, utilização de máquinas e atividades relacionadas, de modo a atingir os resultados de produção desejados, em termos de quantidade, qualidade, prazo e lugar”.

GIANESI e CORRÊA (1997) dizem que o PCP é o “coração dos processos produtivos e a cola que mantém os vários recursos produtivos (pessoas, equipamentos, materiais, espaço de armazenagem, entre outros) juntos, trabalhando como um sistema integrado”.

BRITO (1996, p. 17) diz que planejar “é olhar para frente e escolher alternativas” relativas à: o que, quem, quando, como, onde e quanto fazer. O planejamento de processo abrange as vendas e a produção, supervisionando o fluxo de materiais até que estes sejam entregues ao cliente. O autor citado menciona diversas atividades do planejamento e controle da produção, tais como:

- Planejamento estratégico: definição de estratégias, políticas e padrões de longo prazo;
- Planejamento tático: estabelece os níveis de mão-de-obra, determina programas de produção e políticas de estoque entre outras atividades;
- Controle operacional: é o complemento do planejamento, monitorando os desvios que exigem intervenção e devem ser assinalados a uma ação corretiva;
- Controle dos pedidos de venda: gerencia a informação sobre os pedidos dos clientes;
- Previsão de vendas: indica uma projeção da demanda futura;
- Planejamento Mestre de Produção: são planos visando ao atendimento das vendas previstas;
- Administração dos estoques: determina as quantidades e os prazos para cada item a ser pedido;
- Programação da Produção: estabelece as necessidades de capacidade de produção e ajusta as datas das ordens de produção a esta capacidade;
- Liberação das Ordens de Produção: conecta o planejamento e a execução da produção;
- Monitoração e Controle da Produção: acompanha o andamento das ordens de produção registrando qualquer desvio e coordena inspeções;
- Recebimento de Materiais: acompanha o pedido de compra até que o material esteja no depósito;
- Controle de Estoque: supervisiona a organização dos estoques;
- Controle de Manutenção: planeja os recursos de manutenção como mão-de-obra, equipamentos e materiais;
- Planejamento do Desenvolvimento de Produtos: organiza e coordena as atividades para o lançamento de um novo produto.

Veja-se a seguir uma abordagem sobre o planejamento e controle da produção no ambiente da CC.

Na execução de algumas obras o autor desta dissertação ouviu muitas vezes a expressão “papel não toca obra”, usada com a intenção de dizer que planejar não

serve para a construção devido a suas peculiaridades. Com essa crença errada muitas empresas continuam a conduzir seus empreendimentos na base do imprevisto, forçando profissionais não habilitados a programar atividades, fornecimentos e outros aspectos inerentes às obras.

Planejar é essencial para possibilitar uma produção racional e para viabilizar qualquer tipo de controle, uma vez que esses dois elementos possuem forte ligação e dependência. BALLARD (1994) afirma que uma das melhores coisas que se pode fazer para melhorar a produtividade é incrementar o planejamento. Já MINTTZBERG, citado por SOUZA e ABREU (2000), define: "... planejar é especificar um resultado desejado e controle é avaliar se tal resultado foi alcançado. Juntos, planos e controles regulam resultados e, além disso, indiretamente o comprometimento".

A seguir se abordam três níveis de planejamento passíveis de serem empregados na CC, distintos principalmente pelo período e abrangência envolvidos. Não é intenção desta dissertação explicar especificamente o funcionamento prático desses três níveis de planejamento, apenas de comentá-los e afirmar a possibilidade de sua utilização como elementos facilitadores na busca por melhoria contínua e qualidade, conseqüentemente aumentando o valor agregado de produtos e processos pela redução de perdas e a racionalização e otimização de processos. Os três níveis são:

- Planejamento global

Esse planejamento define o plano de ação para a obra. Tal instrumento é, em geral, inicialmente um plano amplo, global, chamado de plano mestre (*master plan*). Tudo pode e deve ser previamente estudado, definido e planejado. Isso não significa que o que for determinado não possa ou deva ser mudado. Representa apenas uma referência inicial.

Tal plano deve abranger diversos aspectos como técnicas de construção, materiais, recursos humanos, logística de suprimentos e outros. Deve haver na elaboração desse plano a participação de pessoas com bastante experiência relativa aos processos que serão executados. A interação com as demais obras da empresa deve ser considerada. Técnicas como diagrama de Gantt, redes PERT ou CPM são indicadas como ferramentas passíveis de serem usadas no processo de

planejamento. Existem também programas computacionais apropriados para auxiliar nesta tarefa.

Esse planejamento deve relacionar aspectos físicos e financeiros apropriados a um fluxo de caixa viável e vice-versa.

- Planejamento de médio prazo

Para melhor lidar com o planejamento e controle ISATTO et al sugere que o plano mestre inicial seja fracionado em planos menores mais detalhados, com horizontes temporais menores, geralmente mensais, chamados de *look ahead*. São planos de médio prazo e encaixam-se no nível tático.

As obras, por suas características, estão sujeitas a muitas mudanças. As atividades devem ser acompanhadas e controladas periodicamente, visando ao acompanhamento do grau de eficiência e eficácia, assim como já foi definido. O monitoramento das atividades acrescido de ações corretivas formará o controle. As variações entre o previsto e o realizado, sejam de custos ou prazos, obrigam o gerente a fazer intervenções e modificações em seu planejamento, no intuito de atingir as metas e objetivos globais.

Os ciclos e a forma de atuar nessas modificações e controles devem ser ditados por cada organização de acordo com suas necessidades.

- Planejamento de curto prazo

Esse planejamento se aproxima da prática das reuniões semanais com as equipes de obra, onde a proposta é a discussão dos acontecimentos da semana que passou, abordando aspectos como dificuldades encontradas, prazos e metas conquistadas ou em defasagem e discussão de soluções. Após essa etapa, passa-se para a programação da semana seguinte.

Segundo ISATTO et al, entre outras funções, o *last planner*, o qual será explicado mais adiante, pode ser a ferramenta da CE usada para coordenar as ações com vistas a estabelecer os planos de ação semanais.

Entenda-se aqui o termo ferramenta como sendo aquele usado para designar um instrumento capaz de auxiliar a operacionalização dos conceitos e metodologias da CE para efetiva utilização, de forma a possibilitar alinhar a produção de acordo com as diretrizes estabelecidas.

ISATTO et al(2000) cita algumas ferramentas e as classifica como sendo de análise e diagnóstico (diagrama de processo, mapofluxograma, lista de verificação, registro de imagens do processo) ou de acompanhamento da produção (carta de produção, controle do consumo de materiais, *last planner*).

3.4.8 Ferramentas aplicáveis na CE

A seguir serão abordadas algumas ferramentas aplicáveis na CE, sem a pretensão de esgotar tal assunto nem de detalhar tais instrumentos. O intuito é apresentá-las como sugestão para facilitar a produção de acordo com os princípios de CE.

- ***Last planner***

O *last planner* (último planejador) é para BALLARD (1994) o sujeito ou grupo de pessoas que está na ponta do sistema produtivo mais próximo da produção. Segundo o autor, cabe a esse elemento programar as atividades que serão executadas no curto prazo, ou seja, determinar o que será feito no dia seguinte ou durante a próxima semana. Correntemente tal função na construção é feita pelo engenheiro residente ou, na maioria das vezes, é delegada ao mestre de obras ou encarregado.

A ferramenta aqui sugerida pretende sistematizar esta programação das atividades e também controlar a eficiência e eficácia da execução dessas atividades. Ela é constituída de uma planilha de programação, normalmente semanal, contendo uma lista de atividades vinculadas a quem as executará e quando serão realizadas. Há ainda espaço para indicar se a tarefa foi cumprida (ou quanto dela o foi) e outro para observações tais como anotação dos problemas ocorridos.

Dessa forma, a idéia é promover uma reunião periódica com os responsáveis pelas atividades de forma a analisar o período que passou e programar o próximo, firmando um comprometimento dos envolvidos na obtenção das metas acertadas, denominado de *commitment planning*. BALLARD e HOWELL (1998) afirmam que através desse acordo as pessoas ficam expostas a riscos se não usarem a capacidade produtiva ou não cumprirem prazos e afirmam também que esse modelo

possibilita à administração ficar sabendo as informações que realmente precisa para controlar a produção.

Somente devem ser indicadas atividades liberadas, ou seja, sem nenhum fato que impeça sua execução, tais como tarefas antecedentes pendentes ou falta de matérias disponíveis. Esse mecanismo é chamado de *shielding protection* (produção protegida). Também devem ser previstas tarefas reservas.

Algumas características são citadas por BALLARD (1994) como sendo importantes para definir boa qualidade aos programas semanais de trabalho, tais como:

- definir uma seqüência apropriada de atividades, de acordo com o projeto e as estratégias de produção estabelecidas no plano mestre;
- estabelecer quantidades apropriadas de trabalho, em função da capacidade das equipes que serão usadas;
- conferir se as atividades definidas são factíveis, ou seja, se têm todos os recursos necessários disponíveis.

- Diagrama de processo

Essa ferramenta representa a forma como um processo acontece. Através dela pode-se visualizar os fluxos na produção, o que particularmente na construção tende a ser difícil devido à complexidade de alguns processos.

Desta forma é possível definir tempos de processo, distâncias de transporte e quantidade de pessoas envolvidas.

Basicamente tal instrumento, após selecionar o processo desejado, estabelece os momentos iniciais (matérias-primas) e o produto final, descrevendo o que acontece de uma ponta à outra do processo de produção, através de uma simbologia própria para transportes, inspeções, estoques e processamentos, possibilitando melhorar tal processo.

- Mapofluxograma

Através do mapeamento das instalações e do canteiro de obras em planta baixa acrescido da indicação dos fluxos de processos é possível melhorar esses fluxos pela identificação de oportunidades de melhorias nesse conjunto. Ou seja, ao colocar-se os diagramas de processos sobre as plantas baixas do local de produção,

a percepção acerca dos processo melhora e se torna possível quantificar distâncias percorridas, tempos gastos, interferências, e uma enorme quantidade de outras informações que viabilizam um estudo de melhorias no sentido de eliminar perdas.

Essa ferramenta é particularmente útil na análise de *layout* de canteiros de obras, podendo ser usada tanto na fase de planejamento da obra quanto ao longo da sua execução.

- Listas de conferência

São basicamente relações de itens acompanhados de outras colunas com títulos elaborados pelo usuário para simples preenchimento, sendo atribuído a cada item aquilo que o título da coluna marcada em sua linha conferir. ISATTO (2000) sugere usar em tais colunas “sim”, “não” e “não se aplica”, sinalizando que o item foi ou não atendido ou então é uma situação não avaliável.

Comumente tais listas são chamadas de *check lists*. Auxiliam a melhoria contínua na medida em que se registram nelas os melhores procedimentos e práticas da empresa, de forma que as diversas obras de uma empresa utilizem-na para verificar se estão adequadas aos itens propostos.

- Registros de imagens

É popular o ditado que diz que “uma imagem vale mais que mil palavras”. A ferramenta aqui proposta se vale desse conceito e é formada por fotografias ou filmagens do ambiente da obra, bem como do canteiro, de suas instalações, procurando evidenciar pontos críticos dos processos produtivos e também boas práticas e oportunidades de melhorias.

A intenção é ter elementos que possibilitem a melhoria contínua, a padronização de procedimentos e a divulgação desses procedimentos.

- Fichas de controle da produção

Esse instrumento é formado por um sistema de cartões cuja função é registrar as quantidades produzidas pelos operários de forma a possibilitar a mensuração do rendimento do trabalho.

O controle pode ser feito medindo-se as quantidades produzidas em determinados períodos ou medindo-se o tempo gasto para a produção de determinadas quantidades.

Não é objetivo deste capítulo detalhar essa ferramenta, mas sim afirmar que ela pode auxiliar no controle da produção que visa produzir de acordo com os fundamentos da CE.

- Planilhas para controle do consumo de materiais

Por muito tempo, à luz dos antigos conceitos, o foco sobre perdas na construção estava sobre desperdício de materiais. O controle do consumo de materiais desenvolveu-se sempre voltado a comparar quantidades consumidas, seja de tempo, através da fixação de volumes de serviço; seja de quantidades de materiais, pela fixação de tempos de produção entre medições, com quantidades previstas. Deve-se dar especial atenção ao cálculo dessas quantidades previstas, para que se tenham dados confiáveis sem serem escondidas perdas consideradas “normais”.

Assim, essa ferramenta é constituída por jogos de planilhas nas quais se registram quantidades consumidas e comparam-se, então, com as previstas, possibilitando agir corretivamente se houver sinal de desperdício.

De acordo com o exposto sobre a CE, torna-se evidente a existência de conceitos e princípios provenientes do STP e PE. Percebe-se uma defasagem entre a existência e a operacionalização de tais teorias. Para isso, diversas ferramentas citadas são úteis, ressaltando-se, no entanto, a clara percepção da necessidade de planejar os processos produtivos para que a utilização das técnicas mencionadas obtenham êxito.

Por assim pensar, o autor desta dissertação propõe a seguir uma sistemática de apoio que facilite a produção através dos conceitos e técnicas enxutas na construção, ou seja, que induza às práticas de CE.

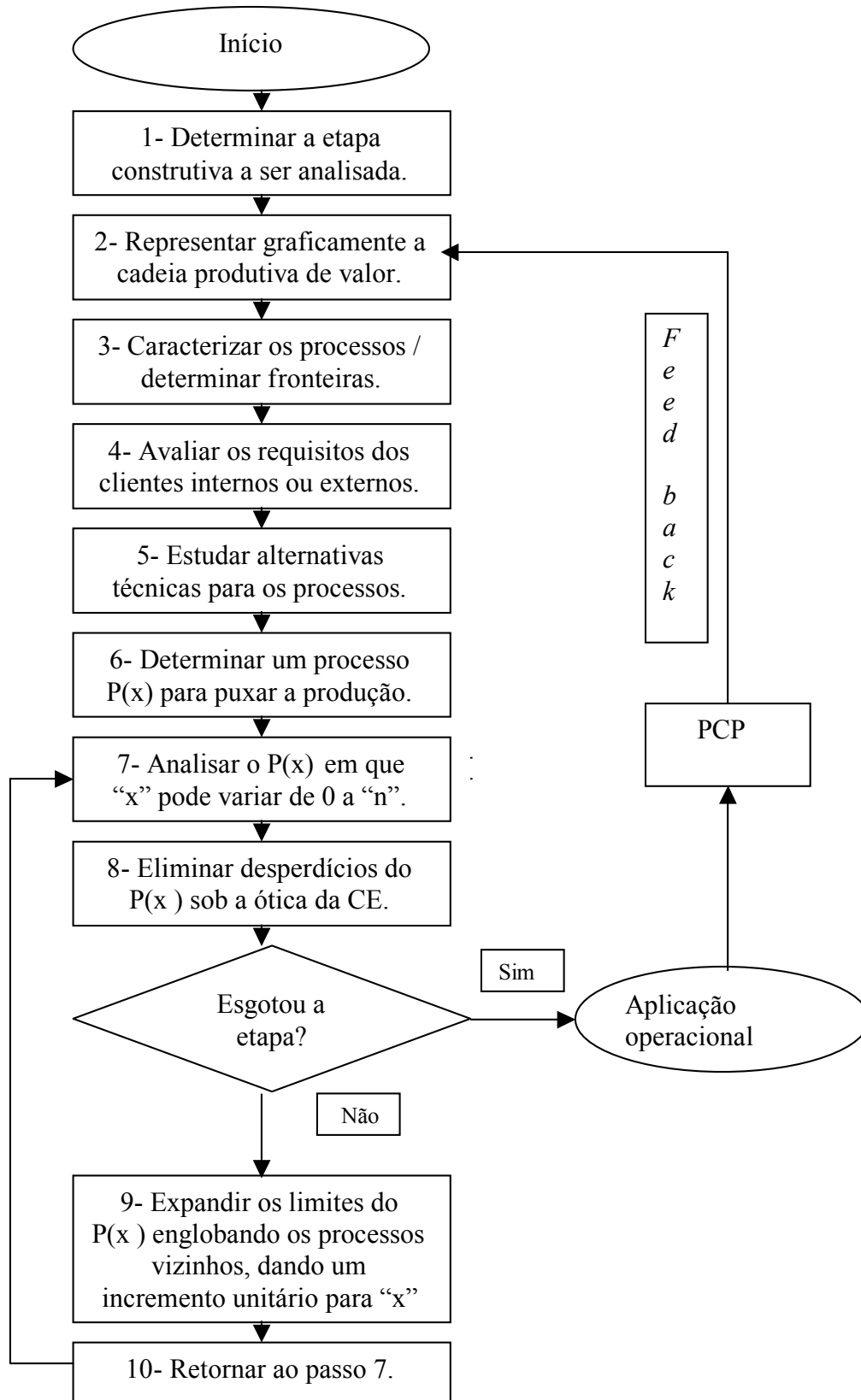
4 SISTEMÁTICA DE APOIO PARA O USO DE CONCEITOS E TÉCNICAS DE CE

4.1 A Sistemática

No intuito de facilitar o uso de conceitos e técnicas da CE, apresentados nesta dissertação de forma simples e objetiva, segue uma seqüência de passos sugeridos que podem ser aplicados para análise e melhoria de uma etapa construtiva em uma obra, visando à redução de perdas e desperdícios (ver Figura 10):

1. Determinar a etapa construtiva a ser analisada.
2. Representar graficamente a cadeia de valor.
3. Caracterizar processos / determinar fronteiras.
4. Avaliar os requisitos dos clientes internos ou externos.
5. Estudar alternativas técnicas para os processos avaliados.
6. Determinar um processo $P(x)$ para puxar a produção.
7. Analisar o $P(x)$.
8. Eliminar desperdícios possíveis do $P(x)$ sob a ótica da CE.
9. Expandir os limites do $P(x)$.
10. Caso esgote a etapa, passar para a Aplicação Operacional, senão, voltar ao passo 7.

Nos passos de 1 a 5 reúne-se o máximo de informações sobre as atividades da etapa em análise. Nos demais, ou seja, de 6 a 10 são efetuados estudos para eliminação de perdas e desperdícios. Após a expansão das fronteiras de análise englobar todos os processos passa-se para o uso efetivo do formato de processo indicado, ou seja, para a Aplicação Operacional. A partir de então as ações são orientadas pelas atividades de planejamento e controle da produção, permitindo assim coordenar a execução das atividades através do formato de produção indicado pela sistemática criada e verificar sua efetividade e eficácia, gerando *feed back* no intuito de obter a perfeição através da melhoria contínua alicerçada pelo uso de conceitos e técnicas da CE.



Obs: "n" = número de processos da etapa

FIGURA 10 - Sistematização de apoio para o uso de conceitos e técnicas da CE.

4.2 Explicação dos passos indicados na sistemática proposta

A seguir são explicados os passos indicados na sistemática proposta.

- **Passo 1, determinar a etapa construtiva a ser analisada:** a idéia inicial desta sistematização é que ela sirva para análise de partes da obra. Após essas partes serem avaliadas individualmente, a seqüência sugerida pode ser aplicada à obra como um todo.

As partes da obra citadas são blocos de processos com uma finalidade comum. Por exemplo: execução de alvenarias, produção de armaduras.

Ressalta-se aqui o fato de que o elemento de análise a ser determinado está definido como uma etapa, ou seja, normalmente um conjunto processos. Desta forma, desde já, ocorre a indução para se observar e trabalhar um conjunto de processos e não elementos isolados e individualizados.

Pretende-se com isto possibilitar uma visão integrada dos processos, que será conduzida através de ações guiadas pelos passos seguintes.

- **Passo 2, representar graficamente a cadeia produtiva de valor:** esse passo indica representar graficamente todos os elementos e atividades envolvidas na execução da etapa em questão, indicando os processos envolvidos, destacando os fluxos.

Para tal função, ROTHER e SHOOK (1999) apresentam uma ferramenta chamada de “Mapa do Fluxo de Valor”. Nessa ferramenta, sugerem mapear o fluxo de valor que significa percorrer o local de produção e desenhar os processos, indicando tanto fluxos de materiais quanto os de informações. Segundo esses autores, a cadeia de valor é toda ação (agregando ou não valor) necessária para trazer um produto pelos fluxos essenciais, ou seja, fluxos de produção e de projeto, podendo extrapolar os limites de uma empresa.

Na sistemática proposta o foco é sobre os fluxos de materiais, ou seja, sobre a cadeia de produção. Nessa sistemática sugere-se usar um fluxograma para representar a cadeia de valor, visando simplificar a operacionalização do uso do conceito de cadeia de valor. O conceito associado a este passo da sistemática é, portanto, o conceito de “cadeia de valor”.

- **Passo 3, caracterizar processos / delimitar fronteiras:** uma vez expressa graficamente a cadeia de valor é possível identificar as atividades de produção

envolvidas, sendo elas normalmente compostas por processamento, transportes, estoques e inspeções. Tais atividades compõem o fluxo.

Deve-se, portanto, separar grupos de atividades, normalmente transportes, inspeções e estoques associados a um processamento, identificando-se claramente suas fronteiras, marcando-se limites para estes processos. O elemento interno a cada par de limites será tratado como um processo isolado. Tal ação possibilita que se identifique claramente quem são os clientes de cada processo, podendo ser cliente interno ou externo.

Desta maneira está se usando o conceito ressaltado por KOSKELA (1992) que enxerga a produção formada por três fatores: transformação, fluxo e valor (TFV). Destes, está se usando, até aqui, transformação (processamento) e fluxo (transportes, inspeções e estoques). A seguir será usado o terceiro elemento, o conceito de valor.

- Passo 4, avaliar os requisitos dos clientes: neste passo a atenção passa a estar centrada no cliente. Tem-se o cliente externo, normalmente aquele que está no lado externo da envoltória que abriga a etapa que está sendo analisada, e os clientes internos, ou seja, os clientes dos processos abrigados pelas fronteiras estabelecidas no passo 3.

O passo 4 indica descobrir, para cada cliente, quais os elementos que realmente lhe interessam e qual o grau deste interesse em cada um destes elementos, nos produtos alcançados pelos processos fornecedores. Desta forma determinam-se os requisitos dos clientes. Através da identificação do que agrega valor, sob a ótica dos clientes, será possível determinar o que pode e/ou deve ser eliminado ou melhorado.

Outro elemento importante que deve ser determinado é a demanda necessária requisitada pelos clientes. A partir do conhecimento da demanda solicitada, podem ser dimensionados os recursos necessários, de forma que se tenha uma produção nivelada, evitando assim desperdícios sob a ótica da CE. De fato, pode-se então programar a produção JIT.

O conceito usado de forma evidente neste passo é o conceito de “valor”, relativamente aos requisitos qualitativos do cliente. A partir do uso da informação sobre a real demanda exigida pelo cliente, ou seja, relativamente aos requisitos

quantitativos, pode-se afirmar que neste passo existe uma clara indicação para que se elimine estoques, ou seja, está presente o conceito de “estoque zero”.

- **Passo 5, estudar alternativas técnicas para os processos:** este passo indica estudar diversas soluções técnicas relativamente às atividades presentes nos processos identificados no passo 4. Deve-se buscar alternativas para transporte, estoques, inspeções e para o processamento propriamente dito.

As ações pertinentes do PCP devem ser consideradas no sentido de elaborar um planejamento racional e otimizado e se obter uma simulação das melhores opções de produção possíveis para cada caso. Ou seja, as soluções devem ser de planejamento e controle, integrados com a busca de soluções operacionais através da análise técnica dos processos, visando estudar quais são as alternativas tanto relativas a métodos construtivos quanto aos recursos, sejam de máquinas ou equipamentos ou outras formas, possíveis de serem usados visando à redução de perdas e desperdícios.

Com estas informações pretende-se encontrar as soluções técnicas que oportunizem um estudo integrado guiado pelos conceitos da CE.

- **Passo 6, determinar um processo $P(x)$ para puxar a produção:** de posse de todas as informações coletadas pela execução dos passos anteriores, volta-se a olhar para a representação gráfica da cadeia de valor e define-se o processo para iniciar a implantação de possíveis melhorias. Pretende-se neste passo usar o conceito de “produção puxada”.

Para tanto, busca-se desenvolver o processo o mais perto possível do(s) cliente(s) externo(s) à fronteira da etapa escolhida. A partir de então, a produção deve ser repensada baseada no conceito de produção puxada. Para tanto, os fluxos devem ser analisados olhando-se no sentido inverso da produção, ou seja, da saída para a entrada de recursos. Cada processo anterior a outro deve ser cadenciado de acordo com a demanda do processo posterior.

A produção puxada está associada à produção JIT. Para que se tenha sucesso nesse formato de produção é importante que se promova a integração com os fornecedores, uma vez que puxar a produção significa que um processo a frente de outro (ou simplesmente de um fornecedor) irá buscar neste aquilo que ele precisa para produzir. Se estiver se lidando com um processo isolado, deve-se buscar a

integração deste com seu processo fornecedor. Quando houver diversos processos esta integração acontecerá em cadeia. Quando o fornecedor estiver fora da etapa selecionada ele deverá participar desta integração.

- **Passo 7, analisar o P(x):** uma vez escolhido a processo para ser analisado convêm fazer uma representação gráfica isolada das atividades que o compõem. Em função da marcação das fronteiras no passo 3, este poderá estar formado por transportes, estoques, inspeções e processamento. Poderá haver todas estas atividades ou somente alguma(s) delas. Desta forma evidencia-se a utilização do conceito de “fluxo”

Dessa forma, além do processamento, serão avaliados também os transportes, inspeções e estoques. Busca-se a transição das ações centradas nas atividades de conversão (operação) para aquelas focadas nos fluxos (processos) sob a ótica do valor agregado. Através da lógica da produção puxada busca-se eliminar desperdícios a partir da produção JIT.

- **Passo 8, eliminar desperdícios possíveis do P(x) sob a ótica da CE:** esse passo pretende eliminar todas as atividades que não agregam valor, de acordo com os requisitos determinados pelos clientes. Sob a ótica da CE, normalmente esses desperdícios se encontram na forma de transportes, estoques e inspeções.

O objetivo deste passo é estabelecer um “fluxo contínuo” de produção através da eliminação de perdas e desperdícios sob a ótica da CE, oportunizando produzir de forma puxada, JIT, através do nivelamento e balanceamento dos processos produtivos.

- **Passo 9, expandir os limites do P(x):** após atuar no P(x) inicialmente delimitado, expande-se suas fronteiras de forma a englobar os processos vizinhos – PVs, um a um. Cada vez que expande-se as fronteiras do P(x), somamos uma unidade a “x”, tendo assim: P(1), P(2),..., onde “x” pode variar de 1 até o número de processos existentes na etapa que está sendo avaliada.

O objetivo é atuar principalmente nos fluxos. Ao expandirem-se os limites do P(x), englobam-se novos processos ao elemento de análise. Os fluxos ficam em evidência, oportunizando atuar de acordo com a lógica da CE que abandona a ação em processos isolados. Além de atuar no processamento, deve-se agir nos

elementos que até então eram desprezados na busca da eliminação de perdas e desperdícios, ou seja, transportes, inspeções e estoques.

Para tanto podem (e devem) serem usadas ferramentas como as apresentadas nesta dissertação, tais como: fluxogramas, mapofluxogramas, listas de verificação, entre outras.

- Passo 10, ao se esgotar a etapa, avaliar essa etapa no contexto em que está inserida; senão, voltar ao passo 7 : enquanto a expansão das fronteiras do $P(x)$ não atingir os limites da etapa escolhida, forma-se um processo cíclico que, a cada ciclo, aumenta de tamanho. Essa expansão deve acontecer até se englobarem os processos mais externos da etapa em questão. A sistemática proposta pode ser aplicada a um projeto inteiro, abrangendo diversas etapas.

Quando a resposta para a pergunta entre os passos 8 e 9 for SIM, ou seja, quando a expansão dos limites de análise tiverem englobado toda a etapa escolhida, passe-se para a fase em que o formato então concebido como ideal para a etapa em questão será efetivamente usado na situação prática, ou seja, para a aplicação operacional.

• **Aplicação operacional:** considera-se como aplicação operacional a fase em que a produção, através do formato indicado pelo pela utilização da sistemática criada, efetivamente acontece. Após iniciar-se produção deve-se gerenciar esta através dos procedimentos usuais de planejamento e controle da produção (PCP). O planejamento deve estabelecer, através de ferramentas e técnicas pertinentes a esta ação, os planos e programações de produção, gerenciando os recursos necessários. *O PCP efetivamente opera o formato de produção idealizado pela sistemática proposta.* O controle deve verificar se produção está acontecendo de forma eficiente e eficaz. Este controle deve fornecer informações de forma que a sistemática tenha um *feed back* sobre os resultados operacionais do sistema produtivo elaborado, de maneira que possa tomar ações corretivas ou preventivas, rodando novamente a sistemática com novas informações que conduzam a melhoria da etapa analisada, possibilitando obter melhores resultados. O PCP somado ao *feed back* sobre a efetividade e eficácia da produção através do formato indicado permitem o uso do conceito de “melhoria contínua”.

5 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso é *ex-post-facto*, constituído pela análise de mudanças não sistematizadas feitas em um processo produtivo na obra de execução do Viaduto do Boqueirão e da comparação dessas mudanças com aquelas que poderiam ser feitas a partir do uso de uma sistemática de racionalização proposta sob a ótica da Construção Enxuta, como facilitadora para a operacionalização dos conceitos e técnicas da Construção Enxuta.

Objetivamente, serão determinados três momentos, sendo o primeiro e segundo aqueles em que foram efetivamente executados os processos no formato inicial e, após, com as melhorias introduzidas de forma não sistematizada. Será criado, então, um terceiro momento para verificar e analisar a aplicação da sistemática proposta e depois compará-la com o primeiro e segundo momentos.

Assim, tem-se uma via com duplo sentido, do prático para o teórico e vice-versa. Através de uma experiência prática pode-se contribuir na proposição e experimentação de uma sistemática criada a partir do estudo teórico a respeito da CE e da análise de modelos de implantação já propostos por outros autores. Verifica-se então como seria a implantação dos passos sugeridos no processo em questão, fazendo-se uma análise crítica.

DUHÁ (2002) lembra que grande parte do conhecimento existente em uma empresa é tácito e está diretamente ligado à prática. PFEFFER e SUTTON (2001) afirmam que no mundo atual não há escassez de *know-how* dizendo que quando as empresas estão em dificuldades, seus executivos e gerentes dispõem de inúmeros recursos oriundos da própria experiência, das idéias dos colegas, das informações disponíveis em publicações e até mesmo através de consultores. Porém, apesar de ter tantos recursos disponíveis, os autores citados afirmam que “as empresas são tomadas por uma inércia que se origina do fato de saber muito e fazer pouco – um fenômeno que os autores chamam *a lacuna entre o saber e o fazer*”.

No estudo de caso desta dissertação busca-se o conhecimento sobre a CE através de uma revisão bibliográfica e do estudo acerca das teorias e conceitos relacionados a este assunto, e usa-se a experiência prática da execução de uma obra para agregar valor na criação e experimentação de uma sistemática que visa

diminuir a distância que existe entre o conhecimento sobre a CE e a sua aplicação efetivamente.

5.1 A obra

A obra na qual está inserido o objeto deste trabalho é a construção de um viaduto na BR-116, na cidade de Canoas, no Rio Grande do Sul, no cruzamento com a Avenida Boqueirão, local com tráfego médio registrado de 107 mil veículos por dia.

Essa obra é uma elevada dupla relativa à BR-116, uma vez que se encontra no sentido longitudinal da pista. Adotamos nesta dissertação a designação de viaduto, coincidente com aquela estabelecida pelo contratante da obra, o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER, atualmente em extinção.

O objeto citado é constituído pelo Projeto de Obras de Arte Especiais, ou seja, o viaduto em si, com as seguintes características:

- Cinco vãos de 24 m, três vãos de 28 m, seis vãos de 26 m, totalizando 360 m, tendo nos extremos encontros caixão de 7 m cada;
- Concreto armado convencional;
- Seção transversal com largura de 10,80 m, sendo 7m para duas faixas de tráfego, 2,5 para acostamento externo e 0,5 para acostamento interno, tendo mais 0,8m para os guarda-rodas rígidos;
- Viga em forma de seção celular, com altura de 1,8m;
- Meso-estrutura formada por pilares de seção retangular variável;
- Estacas tipo Franki, com diâmetro de 520 e 400mm.

O viaduto é constituído por duas elevadas com as características citadas construídas uma de cada vez. A execução da primeira será chamada nesta dissertação de Momento 1 (M1), e da segunda, Momento 2 (M2).

A obra pronta pode ser visualizada nos Anexos, figura 18, desta dissertação.

5.1.1 Descrição física da obra

Cada elevada é constituída pela Infra-estrutura (fundações), Meso-estrutura (pilares) e Supra-estrutura (os “tabuleiros”). Esse último elemento tem os vãos acima descritos distribuídos em três trechos principais que são chamados de trechos C, D e E, e estão entre os encontros, um em cada extremidade, chamados de trechos B e F. Os demais trechos são os muros de arrimo e respectivos aterros, denominados de trechos A e G.

5.1.2 Execução da obra

O planejamento inicial previu a execução de uma elevada de cada vez devido à necessidade de ter uma das pistas livres para o tráfego de veículos. Dessa forma, a obra teve dois elementos idênticos para serem construídos em momentos diferentes.

Neste trabalho, a atenção estará concentrada na construção da Supra-estrutura, mais especificamente, sobre a produção dos trechos C, D e E em M1 e M2.

Em tais trechos podem-se distinguir três conjuntos estruturais tidos como etapas principais na execução dos trechos, assim caracterizados:

- laje inferior (LI) e viga C (VC),
- vigas principais (VP) e transversinas (VT),
- laje superior (LS) e viga D (VD).

Ainda citamos mais uma etapa de menor proporção:

- guarda-rodas (GR).

Essas etapas, por sua vez, são formadas por atividades comuns dos processos de execução de concreto armado, tais como: escoramento (geral e específico da LS), forma, ferragem e concretagem.

5.2 A pesquisa

5.2.1 Determinação da etapa da obra a ser analisada

A obra em questão foi construída através do processo tradicional de obras em concreto armado moldado *in loco*, ou seja, usando as atividades aqui citadas.

O foco desta pesquisa é a produção das armaduras para o concreto armado, mais especificamente o processo da produção da ferragem excluindo a montagem final, ou seja, a armação. Esse processo será considerado neste estudo como processo de fornecimento de armaduras. O ponto de início desse processo é o recebimento do aço na obra (bruto ou processado) e o final, a entrega desse material processado para os armadores montarem no local de aplicação. Entre esses pontos, estão as seguintes atividades: estoques, transportes, inspeções, o corte e a dobra do aço (quando se aplicar).

Nesta pesquisa o estudo é centrado no fluxo de materiais, ou seja, no processo, composto por transportes, estoques, inspeções e processamento. O estudo dos demais fluxos, como o de mão-de-obra (operações) e de informações, é abordado apenas de forma complementar.

5.2.2 Detalhamento da pesquisa

Como já exposto, há no caso em estudo dois momentos distintos, chamados de M1 e M2, identificando a produção de elementos idênticos de formas diferentes. Uma vez definido o foco da pesquisa, e o processo respectivo, é necessário concentrar-se nas mudanças promovidas a partir da experiência inicial, ou seja, o processo em M1. As modificações e inovações do processo em M2 foram feitas sem o uso de uma forma sistematizada, usando o aprendizado do processo anterior, o auxílio de conceitos diversos de racionalização sustentados pela lógica, a experiência prática dos profissionais envolvidos. Assim, para efetuar uma análise qualitativa das mudanças feitas sob a ótica da CE, foi criado um terceiro momento, chamado de M3, o qual busca, a partir da proposição de uma sistemática que sirva de apoio para a operacionalização e uso de conceitos e técnicas da CE, introduzir melhorias no processo de M1.

Assim sendo, ter-se-á a possibilidade de fazer as seguintes análises comparativas de processos produtivos: M1 x M2, M1 x M3 e M2 x M3.

Uma avaliação quantitativa é possível através do estudo dos dados obtidos dos processos em M1 e M2, observando variáveis como tempo e quantidade de mão de obra, comparando, de forma limitada, custos.

Para M3 inicialmente não são atribuídos números, limitando-nos a fazer comentários sobre sua provável situação face aos elementos colhidos em função das comparações qualitativas entre os processos dos diversos momentos.

- Premissas

Algumas premissas foram adotadas para esta pesquisa, as quais são descritas a seguir:

- Trechos considerados: foram considerados apenas os trechos C, D e E de cada momento neste estudo. Tais trechos tiveram a totalidade de seu aço produzido em diferentes processos. Os demais trechos tiveram em M2 a contribuição de material produzido antecipadamente no período de M1.

- Foi considerada uma única categoria de aço, sendo ela formada por aquele cortado e/ou dobrado ou apenas transportado, para o cálculo do custo unitário da mão-de-obra, devido a ser inviável, nesta pesquisa, conseguir-se alocar a quantidade de horas que os profissionais e serventes envolvidos trabalharam em uma ou outra atividade.

- Foram considerados todos os custos de transporte e processamento, excluindo os de armação e do material que são iguais em M1 e M2.

- O ano base para os cálculos financeiros para esta pesquisa é o ano de 1999. Esse é o ano da execução de M2, ano em que foram usados recursos como, por exemplo, os serviços da empresa terceirizada para corte e/ou dobra de aço, e equipamentos como o guindaste, os quais tiveram negociação específica de preço para essa obra. Já os valores a serem considerados em M1 são aqueles referentes à mão-de-obra, sendo facilmente informados pela empresa tanto em M1 e M2. Como o objetivo é fazer uma comparação entre dois preços por quilograma de aço, a necessidade aqui implicada é trazer os dois cálculos para a mesma base, sendo no caso, escolhidos os valores praticados em 1999.

- Levantamento de dados

O levantamento de dados e recuperação de informações foram feitos através de entrevistas informais com os profissionais que atuaram na execução da obra, nos

níveis estratégico, tático e operacional, e da utilização do conhecimento do autor desta pesquisa que trabalhou em M1 como *controller* (controlador), e em M2 como Engenheiro Residente. A relação dos profissionais entrevistados, bem como o resumo de algumas entrevistas, encontram-se no Apêndice A desta dissertação.

A partir da sistemática de apoio para operacionalização dos conceitos e técnicas da CE proposta e da incorporação de dados levantados na forma acima citada, valendo-se ainda da análise destes em M1 e M2, elaborou-se uma situação virtual M3 com o objetivo de simular a aplicação da sistemática citada.

5.3 Descrição dos processos de execução analisados

5.3.1 Situação M1

Na construção da primeira elevada a equipe responsável pela execução da obra teve como Gerente da obra um engenheiro típico usuário do modelo tradicional de produção. Os conceitos associados ao seu “estilo tocador de obras” designavam-lhe a missão de empurrar a produção, de “fazer acontecer”.

Uma vez conhecido o projeto da obra a ser executada e definidas algumas diretrizes básicas sobre métodos construtivos e materiais a serem usados, o efetivo gerenciamento das atividades era praticamente delegado aos níveis hierárquicos seguintes, tal como a um Engenheiro Residente auxiliar (responsável pelo suporte técnico) e ao mestre-de-obras e seus encarregados. Não havia a visão sistêmica sobre os processos produtivos, muito menos acompanhamento e controle dos processos. O que era considerado importante era “fazer a obra”. O foco das ações estava centrado em pontos internos dos processos, vistos de forma isolada.

A situação M1 pode ser visualizada nos Anexos, figuras 19 e 20, desta dissertação. A seguir serão apresentadas a análise qualitativa e a análise quantitativa de M1 relativamente ao processo que é foco desta dissertação:

- Análise qualitativa

Em M1 o processo de produção das armaduras foi todo executado no canteiro de obras. Esse processo envolvia o recebimento de material no canteiro, o transporte entre os diversos estoques, diversas inspeções e o processamento em si.

Tal material era comprado com bastante antecedência em relação ao instante da efetiva aplicação no local de destino final.

Esse formato de produção envolveu 10 ferreiros e 5 serventes por um período estimado de 183 dias (6,10 meses) para produção do material das etapas em questão, consumindo 407,74 toneladas de aço (ver Apêndice B, item “a”).

As atividades desse processo são citadas a seguir:

- descarga do material no canteiro e estoque (E1);
- conferência do material (I1);
- transporte (T1) até o estoque de material bruto (E2);
- classificação do aço por bitola (I2);
- *transporte (T2) do aço até as bancadas de corte e/ou dobra;*
- *corte (Pa) e/ou dobra (Pb);*
- *transporte (T3) até o estoque de material processado (E3);*
- transporte (T4) horizontal até o pé da forma (E4);
- transporte (T5) vertical até a forma (E5);
- transporte (T6) horizontal até o local de montagem final (armação).

As atividades T2, Pa e/ou Pb, e T3 não eram necessárias para as posições que utilizavam barras inteiras. Devido à inviabilidade de quantificar a parcela do valor da mão-de-obra referente a essas atividades, em função da característica multidisciplinar dos operários que as executavam, adotamos, neste estudo, o rateio do total do custo dessa mão-de-obra para o total de aço envolvido na execução dos trechos em questão.

O fluxograma a seguir apresentado mostra o fluxo dos materiais em processo, ou seja: transportes, inspeções, esperas (estoques) e processamento da situação M1.

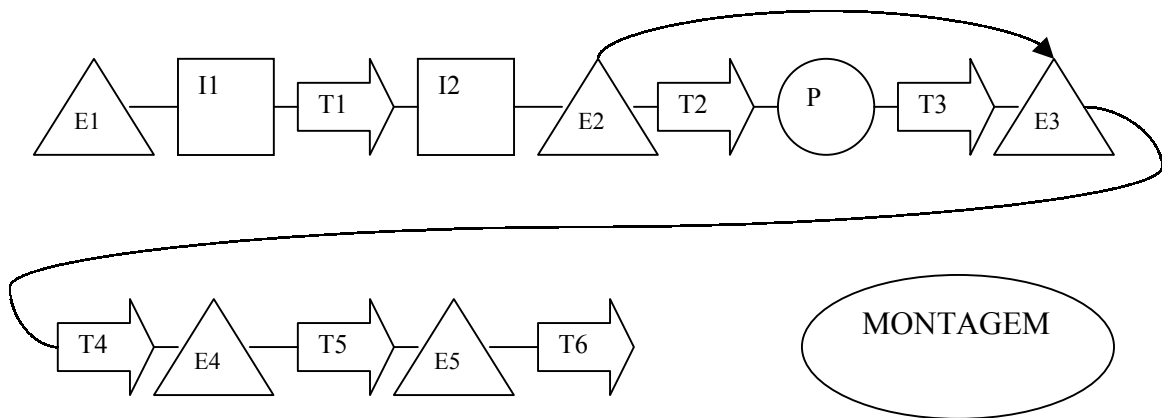


FIGURA 11 – Fluxograma do processo de fornecimento das armaduras em M1.

Esse processo apresenta, como processamento (P), o corte (Pa) e/ou dobra (Pb) do aço.

Quando existiam as duas ações, essas eram feitas em seqüência.

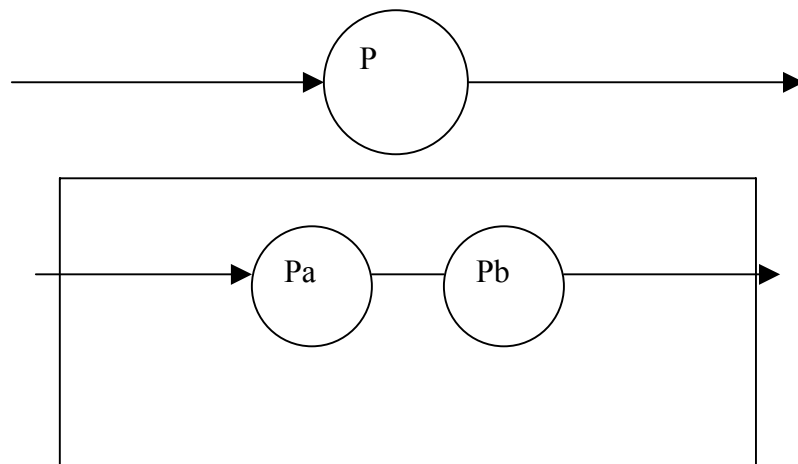


FIGURA 12 – Corte e dobra de aço.

Entre Pa e Pb ocorriam ainda atividades de fluxo, como transporte, estoque e inspeção.

- Análise quantitativa

A partir de informações obtidas nas entrevistas (Apêndice A), e da pesquisa de dados e elementos pertinentes a composições de custos da obra em questão, foi montado um custo unitário por quilograma de aço transportado, cortado e/ou dobrado ou somente transportado, tendo como base as quantidades de mão-de-obra e outros recursos usados em M1, porém multiplicados pelos valores de salários e preços de 1999, ano tido como referência de comparação.

Foi feito um levantamento das quantidades de aço usadas nos trechos C, D e E (Apêndice B, item "a"). Também se elaborou o custo da mão-de-obra para cada categoria profissional, considerando-se a quantidade de horas de trabalho mensal e o percentual de ocupação na atividade em questão (Apêndice D). O somatório desses custos multiplicados pelo número de funcionários envolvidos e pelo tempo em que esses estiveram executando a atividade em estudo, foi usado como numerador, tendo como denominador a quantidade de aço acima citada, na equação para calcular o custo do quilograma de aço cortado e/ou dobrado e transportado até o local de montagem em M1, excluído o custo do aço. A seguir serão apresentados os elementos constituintes da elaboração do custo em M1:

• Quantidade e custos de mão-de-obra

Os custos da mão-de-obra envolvida nas atividades em questão *considerando o percentual de tempo dedicado para essas atividades* (ver Apêndice D), tendo como referência o ano base citado, são os seguintes:

- 1 Mestre de obra (MM): R\$ 412,53 / mês
- 1 Encarregado de ferragem (EM): R\$ 825,14 / mês
- 10 Profissionais (PM): R\$ 936,96 / mês / profissional
- 5 Serventes (SM): R\$ 664,95 / mês / servente
- 1 Motorista (MoM): R\$ 249,41/ mês

• Quantidade de aço nos trechos C, D, E

A quantidade de aço nos trechos C, D e E foi quantificada a partir das plantas de ferragem integrantes do projeto estrutural da obra em questão. As quantidades apuradas, cujas planilhas detalhadas encontram-se no Apêndice B, item “a”, desta dissertação, são as seguintes:

- trecho C: 132.938 kg;
- trecho D: 156.149 kg;
- trecho E: 118.656 kg.

A quantidade total soma então **407.743 kg**.

• Tempo usado em corte e/ou dobra (TU)

O tempo necessário de uso da mão-de-obra já mencionada na etapa em estudo, para processar o aço dos trechos C, D e E de M1, foi quantificado a partir da informação do tempo total utilizado para processar todo o aço até que houve a mudança de processo (M2). Ou seja:

- quantidade total de aço processado, inspecionado, estocado e transportado no canteiro: 534.373 kg;
- tempo total gasto: 240 dias (corridos);
- quantidade de aço dos trechos C,D e E: 407.743 kg;
- tempo usado para processar, inspecionar, estocar e transportar o aço dos trechos C, D e E: 183 dias corridos (**6,10 meses**).

• Equação do custo unitário do aço cortado e/ou dobrado, e/ou somente transportado em M1, CM1

A indicação do custo do kg de aço cortado e/ou dobrado, e/ou apenas transportado em M1 (CM1), foi definida somando-se os custos com a mão-de-obra envolvida no processamento, transportes, inspeções e estoques, representados pela soma da multiplicação da quantidade desses funcionários pelo custo mensal (considerando o percentual de tempo que cada categoria esteve efetivamente

envolvida com as atividades citadas), multiplicada pelo tempo (em meses) em que esses funcionários estiveram disponíveis para tais atividades e, finalmente, dividindo-se esse custo pelo total de aço fornecido ao processo seguinte, a Armação, nos trechos em questão em M1, conforme a seguinte equação:

$$CM1 = ((1MM + 1 EM + 10 PM + 5 SM + 1 MoM) \times TU) / (Q. AÇO TRECHOS C, D, E)$$

$$CM1 = R\$ 0,21 / kg$$

5.3.2 A situação M2

Após a conclusão da primeira elevada foram substituídos os engenheiros e o mestre-de-obras que atuaram em M1, pois os mesmos foram designados para trabalhar em outra obra. Para dar continuidade na obra de construção do Viaduto da Boqueirão foi designado o autor desta dissertação como Gerente da obra, atuando como engenheiro residente.

A empresa construtora responsável pela construção da obra em questão é uma empresa de médio porte, tradicional no ramo de construção, porém sem um padrão de gerenciamento definido, ou seja, sem rotinas de planejamento e controle da produção estabelecidos, limitando-se a padronizar procedimentos administrativos, financeiros e aqueles relativos aos recursos humanos.

Nesta dissertação o foco está no fluxo de materiais, ou seja, nos processos, por isso a abordagem a seguir estará centrada em assuntos pertinentes a este fluxo, abordando de forma complementar outros aspectos.

A primeira providência da nova gerência do empreendimento foi organizar o setor técnico, fazendo um levantamento completo sobre toda a documentação da obra, desde plantas até anotações e rascunhos sobre planejamentos, detalhamentos, etc. Após, foram selecionados os documentos válidos e foi estabelecida a forma de guardar, fornecer e substituir documentos ultrapassados e os válidos.

Logo em seguida foi feito um estudo de todas as etapas da obra e foram analisados, tanto as soluções técnicas adotadas, quanto a forma de utilização e o

dimensionamento dos recursos alocados na execução da obra através destas soluções.

A carência de planejamento e controle da produção na execução da primeira elevada tornou-se evidente. Havia projetos e descrições de elementos físicos, de como executá-los e diversos planos isolados, muitas vezes focados em operações isoladas. Não havia, porém uma ação coordenada de planejamento integrado das diversas etapas da obra, com definição clara de objetivos ligados a prazos de execução. Não estava claro quem deveria fazer, como faria, quando faria e de que forma faria cada atividade na obra. Também não estavam explícitas as responsabilidades e o comprometimento dos diversos intervenientes dos processos produtivos até então adotados. Não havia evidência de ação conjunta de planejamento e controle.

Norteados por conceitos básicos de **planejamento e controle**, a providência tomada foi a elaboração de um planejamento amplo e completo para a execução da segunda elevada. Este planejamento foi considerado como uma referência inicial, a qual permitia uma visão integrada dos diversos processos produtivos da obra e dos prazos estabelecidos para a execução das diversas etapas de construção da segunda elevada. A ferramenta usada foi um diagrama de barras, ou seja, uma lista de etapas com suas diversas atividades representadas graficamente ao longo do tempo relativamente a quando estas seriam executadas, estabelecendo-se as relações de precedência, dependência, quantidades, recursos, etc.

A partir deste plano inicial foi possível perceber que havia funcionários em excesso e alguns em funções inadequadas relativamente à habilidade e qualificação apresentada. Foram então redimensionados os recursos humanos da obra.

Após esta fase inicial, foi promovida uma integração entre os funcionários considerados estratégicos para a obra, ou seja: o engenheiro residente, o mestre-de-obras, o encarregado de ferragem, o encarregado de carpinteiros, o encarregado administrativo, o auxiliar administrativo e o estagiário de engenharia, no sentido de estabelecer um pacto para otimização do planejamento inicial e para o cumprimento das metas que passariam a ser **compromisso** de cada um. As novas regras foram estabelecidas e acordadas entre estes funcionários e posteriormente entre estes e seus subordinados.

Uma vez promovido tal acerto se fez necessário criar mecanismos que possibilitassem controlar o que estava acontecendo na obra. Ou seja, o controle foi implementado, de forma a validar a ação do planejamento, que sem este se tornaria inócuo.

A maneira usada para acompanhar a evolução entre o previsto e o realizado para a produção era usar planos intermediários, com horizontes temporais menores, para o planejamento das atividades da obra. Nestes planos registrava-se o que era planejado para cada atividade e o que estava sendo efetivamente realizado. Com o uso de ferramentas de controle podia se ter as informações necessárias para tomar as providências e corrigir os desvios indesejados relativamente a prazos e consumo de recursos.

Era usada, também, a prática de reuniões semanais, nas quais se discutia o que havia sido realizado na semana que passou, se questionava se as metas de produção estabelecidas para aquela semana haviam sido alcançadas e se discutiam os motivos que impossibilitaram tal conquista e os fatores que possibilitaram ter sucesso. Após esta discussão se promovia um acordo de metas específico para os funcionários estratégicos da obra para a próxima semana. Tais programações semanais eram integradas e inseridas em um novo planejamento mensal, que era, desta forma, atualizado semanalmente.

A situação M2 pode ser visualizada nos Anexos, figuras 21 a 25 desta dissertação. A seguir serão apresentadas a análise qualitativa e a análise quantitativa de M2 relativamente ao processo que é foco desta dissertação:

- Análise qualitativa

O processo de produção de armaduras em M2, assim como os demais processos produtivos, passaram por uma análise relativamente à como este havia sido conduzido em M1 e à como este poderia ser melhorado.

Destacam-se aqui aspectos relativos à aprendizagem organizacional. Em M1 a obra reuniu diversos profissionais, especializados na atividade que lida com corte, dobra e montagem de aço. O conhecimento individual de cada um destes elementos foi compartilhado durante a execução da primeira elevada, reunindo conhecimento tácito sobre melhor formas e métodos para executar as atividades que estavam

sendo realizadas. Porém, não foi o somatório destas idéias por si só que tornou possível mudar a sistemática de produção de aço cortado e/ou dobrado na obra. Houve uma mudança conceitual quando a empresa mudou o comando da equipe estratégica da obra. Neste momento um conjunto de profissionais, até então “engessados” por uma forma ineficiente de gestão, encontrou respaldo para opinar, para contribuir com seu conhecimento, o qual somado ao conhecimento teórico aportado pelos novos profissionais envolvidos no processo, e pela pré-disposição destes à inovação e a trabalhar usando conceitos do TQC aliado à busca pela redução de perdas e desperdícios, permitiu que a **organização aprendesse** uma forma melhor de conduzir o processo, neste caso, especificamente o processo de produção de armaduras.

O processo de produção de armaduras passou por uma análise criteriosa e um exaustivo estudo de soluções no sentido de racionalização de recursos e eliminação de perdas e desperdícios no sentido de reduzir custos. O processo de M1 foi estudado de forma que todos profissionais envolvidos no processo pudessem expressar o que achavam que estava sendo feito certo ou errado, e o que não precisava ser feito ou que poderia ser feito melhor. De posse destas informações iniciou-se um estudo para compor a melhor alternativa para o processo produtivo desta etapa, seguido de uma análise de viabilidade técnica relativamente à execução propriamente dita, à disponibilidade de recursos para a solução composta e o estudo do custo desta nova forma de produzir.

Alguns aspectos complementares foram apontados para serem considerados na tomada de decisão sobre as alternativas apontadas como solução para o processo em questão:

- Considerar a disponibilidade restrita de espaço físico do canteiro de obras, uma vez que este estava inserido entre as pistas da BR 116, tendo na segunda elevada menos espaço que na primeira em função desta já estar construída;
- Quantidade maior de funcionários na obra exige mais espaço no refeitório, mais sanitários, mais envolvimento de RH, mais riscos relativamente à Segurança do Trabalho.

Assim sendo, para o processo em questão foi proposta a terceirização do serviço de corte e dobra de aço a ser executado fora do canteiro da obra. Neste momento surgiu a figura de um **fornecedor**, porém diferenciado pela característica

de **parceria** que devia ser estabelecida em função das peculiaridades com que o produto deste fornecedor deveria ser entregue. Iniciou-se uma pesquisa sobre quem estava habilitado para tal parceria no mercado.

Destaca-se o fato que, conjuntamente com esta solução de terceirização deste serviço, a forma de produção desta etapa da obra foi então concebida no sistema JIT, ou seja, somente seriam entregues na obra as quantidades de aço cortado e/ou dobrado, ou em barras inteiras, que pudessem ser transportadas diretamente para o local de armação. E mais, somente seriam entregues as quantidades necessárias, passíveis de serem armadas, de acordo com um planejamento detalhado sobre as fases de montagem de cada elemento estrutural componente do projeto da obra.

Desta forma, foi contratada uma empresa especializada em corte, dobra e fornecimento de aço para a CC, considerada a partir de então como mais que um simples fornecedor, mas sim como um parceiro. O termo parceiro ressalta aspectos que indicam que o fornecimento do produto deste fornecedor implicou que se estabelecesse uma metodologia de trabalho que ia além da simples emissão de um pedido, com as especificações tradicionais.

O projeto de ferragem foi *conjuntamente* estudado. Foram realizadas diversas reuniões técnicas com o fornecedor e todo o detalhamento do corte e dobra foi feito em conjunto, entre a construtora e o fornecedor. Foram estabelecidos os **lotes** de aço a serem entregues, relativos a cada fase de montagem de cada elemento componente da estrutura de concreto armado da obra. Todo o projeto de ferragem foi revisto, bem como a seqüência de montagem de cada etapa da obra. Após estabelecer um plano de execução e determinar os lotes de aço a serem produzidos e entregues de cada vez, foi definido um cronograma para essas entregas. Os lotes e o cronograma de entrega foram elaborados baseados no estudo da demanda requerida pela montagem, da capacidade e da velocidade de execução das formas. Tal estudo foi posteriormente avaliado e acordado entre os responsáveis da empresa construtora e os da empresa terceirizada, fornecedora do aço processado, no sentido de garantir a entrega do material nas datas combinadas. Operacionalmente, garantia-se a entrega do aço nas datas corretas através da constante troca de informações entre a obra e o fornecedor de aço sobre o andamento da execução das atividades na obra e sobre as condições de produção do fornecedor, oportunizando desta forma, se fazer ajustes no cronograma de

produção, tanto da obra, quanto do fornecedor, sempre que necessário, respeitando-se os limites de flexibilidade existentes.

Esta forma de trabalhar possibilitou encontrar novas soluções e melhorias técnicas relativamente à ferragem. O **planejamento** da obra, com sua programação específica sobre as etapas precedentes e as atividades dependentes de cada fornecimento dos lotes estabelecidos passaram a ser compartilhado entre a construtora e o fornecedor. Convém ressaltar que, uma vez que a lógica de produção passou a ser JIT, não poderia haver atrasos nem antecipações, tanto por parte do fornecedor quanto da construtora, sem que houvesse algum prejuízo, ou para um ou para outro. A obra assumia o compromisso de ter seu cronograma executivo cumprido, liberando a forma e as montagens antecedentes necessárias para que, na data de entrega de cada lote, o material pudesse ser depositado no local de montagem.

Tal aspecto reforça o uso do termo parceria entre a empresa construtora e a empresa fornecedora. Por exemplo, o atraso da entrega de um lote implicaria em desperdício de mão-de-obra no canteiro de obras e atraso do cronograma de produção, por outro lado, a impossibilidade do fornecedor entregar um lote de aço em uma data prevista implicava-lhe em alteração na sua programação de produção ou estoque de material.

Também foi adaptada na obra, a forma de identificação e **controle** do recebimento do material em função da sistemática de identificação usada pelo fornecedor, a qual podia ser aproveitada pelos funcionários da construtora.

Um aspecto importante do processo em M2 foi a opção pela mecanização do transporte vertical e horizontal do material. Ao chegar no canteiro, as carretas se posicionavam junto ao pé da forma, em local próximo ao destino do aço. Um guindaste foi usado para içar as peças (transporte vertical) e transportá-las até o ponto de montagem (transporte horizontal), constituindo assim um único transporte (T1). Nessa atividade envolviam-se dois serventes, sinalizando e controlando o fluxo de veículos próximo ao local; dois profissionais classificando e montando as cargas que eram transportadas de cada vez; o encarregado de ferragem comandando essas classificações e o mestre-de-obras supervisionando a operação. Essa fase antecedente ao transporte será chamada de inspeção (I1).

Descrição do processo:

- Inspeção (I1);
- Transporte (T1).

O fluxograma a seguir apresentado mostra o fluxo dos materiais em processo, ou seja: transportes, inspeções, esperas (estoques) e processamento.



FIGURA 13 – Processo de fornecimento de armaduras em M2.

- Análise quantitativa

A quantidade de mão-de-obra, os tempos gastos e os custos envolvidos nas atividades de fornecimento de aço para a montagem final em M2 são a seguir descritos, de forma resumida, encontrando-se as planilhas com os levantamentos e quantificações completas nos Apêndices A, B, C e D desta dissertação.

• Processamento do aço

Em M2 o aço foi processado por uma empresa terceirizada, fora do canteiro de obras, pelo custo de **R\$ 0,17 / kg** (CA) de aço cortado e/ou dobrado. Para isso foi contratada a empresa Armafer. A quantidade total de aço processado (AP) por essa empresa foi de **284.023 kg**. A quantificação detalhada desse material encontra-se no Apêndice B, item “b”, desta dissertação.

• Transporte vertical e horizontal

O transporte vertical e horizontal em M2 foi feito com o uso de um guindaste locado de uma empresa especializada, a AEB, ao custo de **R\$ 75,00 /hora**. A tabela indicando a ocupação de tal guindaste encontra-se no Apêndice C, totalizando **96 horas**. Dessa forma, o custo com o guindaste (CAEB) foi de **R\$ 7.200,00**.

• **Quantidade de aço nos trechos C, D e E em M2**

A quantidade total de aço usado, e portanto transportado (AT), dos trechos C, D e E em M2 foi de **407.743 kg**, cuja quantificação encontra-se no Apêndice B, item “a”, desta dissertação.

Cabe ressaltar que o custo do material não é considerado no estudo em questão.

• **Quantidade e custos de mão de obra**

Conforme já descrito a mão-de-obra envolvida em M2 atuava basicamente em inspeção do material entregue e no transporte desse material, montando as cargas e verificando a operação em si. Para tanto, foram envolvidos os seguintes profissionais e os respectivos custos (já considerados encargos e leis sociais):

- 1 mestre de obras (96 horas x 10% = 9,6 horas): **R\$ 105,61**
- 1 encarregado de ferragem (96 horas): **R\$ 422,47**
- 2 profissionais (96 horas): **R\$ 719,59**
- 2 serventes (96 horas): **R\$ 510,68**

Assim sendo, o custo total com mão de obra (MO) foi de **R\$ 1.758,35**.

• **Equação do custo unitário do aço cortado e/ou dobrado, e/ou somente transportado em M2, CM2**

O custo unitário por quilograma de aço fornecido ao processo de Armação (não incluindo o custo do material) foi composto multiplicando-se o custo do processamento do aço pela quantidade processada, somando-se a isso os custos do guindaste usado para o transporte vertical e horizontal mais o custo da mão-de-obra envolvida nas operações de transporte, dividindo-se após essa soma pela quantidade total de aço usado nos trechos em questão, ou seja, o total de aço transportado.

$$CM2 = \{ (CA \times AP) + CAEB + MO \} / AT$$

$$CM2 = \mathbf{R\$ 0,14 / kg}$$

5.3.3 Situação M3

Tendo construído a primeira elevada usando conceitos e práticas tradicionais e usando muito pouco planejamento e controle e após, tendo construído a segunda elevada sob o comando de uma nova equipe gerencial e operacional, valendo-se de novos meios e métodos, busca-se estudar como poderiam ter sido construídas estas duas elevadas se a sistemática para o uso de conceitos e técnicas de CE tivesse sido usada. Assim sendo, a situação M3 é a construção de uma terceira elevada, idêntica a primeira e a segunda, porém tendo seus processos analisados e otimizados a partir do uso da sistemática criada para facilitar o uso de conceitos e técnicas da CE. Neste caso a análise restringe-se ao processo de produção de armaduras. A forma encontrada para esta análise foi usar a forma de produção do processo de produção de armaduras usada na situação M1 e aplicar a sistemática proposta.

Porém, antes de iniciar a análise qualitativa da situação M3 faz-se algumas considerações sobre alguns aspectos abordados e considerados importantes na racionalização promovida no processo de produção de armaduras da situação M2, e que têm relação, tanto com a criação da sistemática usada a seguir, quanto com as ações desencadeadas a partir de seu uso, tornando-se assim parte integrante da situação M3:

- **Aprendizagem Organizacional:** se considerarmos o que SCHEIN, citado por SANTANA e DIZ (2002, p. 3) fala, ou seja, “a aprendizagem é um dos modos de criar a cultura organizacional”, e segue dizendo que “esta é um produto da aprendizagem resultante da experiência do grupo”, entendemos que a situação M2 caracteriza este aprendizado sob a ótica da organização. *A situação M3 vai muito além daquilo que foi possível aprender na organização, uma vez que usa uma sistemática criada a partir do estudo teórico sobre novos conceitos associados à produção, não se restringindo àquilo que foi aprendido na organização.* Neste estudo usa-se o caso prático para experimentar o uso da sistemática criada e comparar qualitativamente e quantitativamente resultados. Ressalta-se que a sistemática propõe-se a ser passível de uso genérico em processos produtivos.

- **Planejamento e Controle da Produção (PCP):** entende-se que o que tornou possível a racionalização promovida na situação M2 foi o uso de conceitos e práticas de planejamento e controle da produção, norteadas por diretrizes do TQC. Quando

se associou a estes fatores a intenção de ter um processo produtivo operando no sistema JIT, de forma integrada com um fornecedor, estimulou-se a prática de formas de planejamento que permitissem que tal sistema tivesse sucesso. RUSSOMANO (2000, p.72) diz que “o processo de planejamento da produção num sistema JIT começa com um Plano de Produção de Longo Prazo, que é então desmembrado em planos anuais, mensais e diários”. Tal forma de níveis de planejamento foi adotada em M2. Na situação M3 usa-se a sistemática proposta para uso de conceitos e técnicas da CE, a qual promove a análise e planejamento prévio dos processos de produção, induzindo-os para que estes se moldem de forma a funcionarem de acordo com as diretrizes citadas no item 3.4.8 desta dissertação, usando conceitos e técnicas da CE. Entretanto, durante a produção através do formato proposto pela aplicação dos passos 1 até 10 da sistemática na etapa analisada, chamada de Aplicação Operacional, tornam-se essenciais as atividades de planejamento e controle, de forma a programar a execução das atividades previstas e controlar a execução, comparando eficiência e eficácia previstas e realizadas, possibilitando o *feed back* para o sistema, de forma a poder agir em busca de melhoria contínua, atuando corretivamente sempre que forem detectados desvios considerados inaceitáveis e promovendo melhorias sempre que forem identificadas oportunidades.

- Parceria com fornecedor: a CE tem como alicerce o binômio JIT/ TQC. Segundo CAMPOS citado por ISATTO e FORMOSO, “a adoção de modelos de gestão baseados na Qualidade Total traz em seu bojo um importante pressuposto: a imprescindibilidade da cooperação entre os diversos elos que integram uma determinada cadeia para que sejam alcançados maiores níveis de competitividade da cadeia como um todo”. A parceria na relação empresa-fornecedor busca, além da garantia da qualidade do produto do fornecedor, englobar outros aspectos, tal como a garantia de entrega dos produtos nos prazos e nas quantidades acordadas. Com essa finalidade um novo padrão de relacionamento e negociação deve ser estabelecido entre estes. No modelo de produção JIT, alvo da CE, é imprescindível considerar tais aspectos e estabelecer relações de parceria sólidas com os fornecedores, sejam eles de primeiro, segundo, ou até mesmo de terceiro nível. Entende-se como primeiro nível o fornecedor que fornece diretamente para a empresa, segundo nível aquele que fornece algo que entrará na produção do

fornecedor de primeiro nível que entregará o produto final para a empresa e assim por diante.

- **Focalização da produção:** o que se pretende abordar neste item pode ser facilmente entendido usando-se as palavras de TUBINO (1999, p. 43) quando comenta que “o crescimento desorganizado das empresas levou-as a perder o foco de seus negócios”. O autor diz ainda que o que se pretende com a produção focalizada é reverter o crescimento excessivo de algumas empresas que tendem a se perder em seu gigantismo, fazendo com que cada produto ou família de produtos possa ser tratado como um negócio específico. SCHONBERGER (1992) cita uma receita de SKINNER que sugere que as empresas concentrem-se em adquirir aptidões especiais de fabricação em áreas mais estritamente focalizadas como condição favorável para as empresas obterem sucesso. Esta abordagem sobre focalização é colocada de forma complementar no intuito de que se faça uma reflexão sobre onde e no que se deve concentrar os esforços produtivos da empresa, mais especificamente, de cada unidade produtiva da empresa, e quais são os itens que convêm encontrar fornecedores-parceiros de forma a tornar a empresa mais competitiva.

A seguir faz-se a análise qualitativa e quantitativa da situação M3:

- Análise qualitativa

Para analisar qualitativamente o processo de produção da situação M3 aplicar-se-á a sistemática de apoio para o uso de conceitos e técnicas da CE criada no capítulo 4 desta dissertação, conforme segue:

- **Estabelecer a etapa construtiva a ser analisada:** toma-se como etapa, neste caso, o conjunto de atividades necessárias para a confecção de armaduras, desde o aço bruto até processado e colocado no destino final, liberando a etapa seguinte. Ou seja: Etapa = Produção de armaduras.

Chama-se a atenção para o fato de se estar, neste caso, incluindo o processo de montagem das armaduras por ser mais conveniente para a aplicação da sistemática proposta. Para fins de comparação com os demais momentos, excluiremos tal processo.

• **Representar graficamente a cadeia produtiva de valor:** pretende-se, neste passo, apresentar através de um fluxograma as ações necessárias realizadas sobre a matéria prima (o aço) para a obtenção do produto final (a armadura montada), relativas aos fluxos de produção. Para isso, baseia-se no processo de M1, o qual se pretende melhorar.

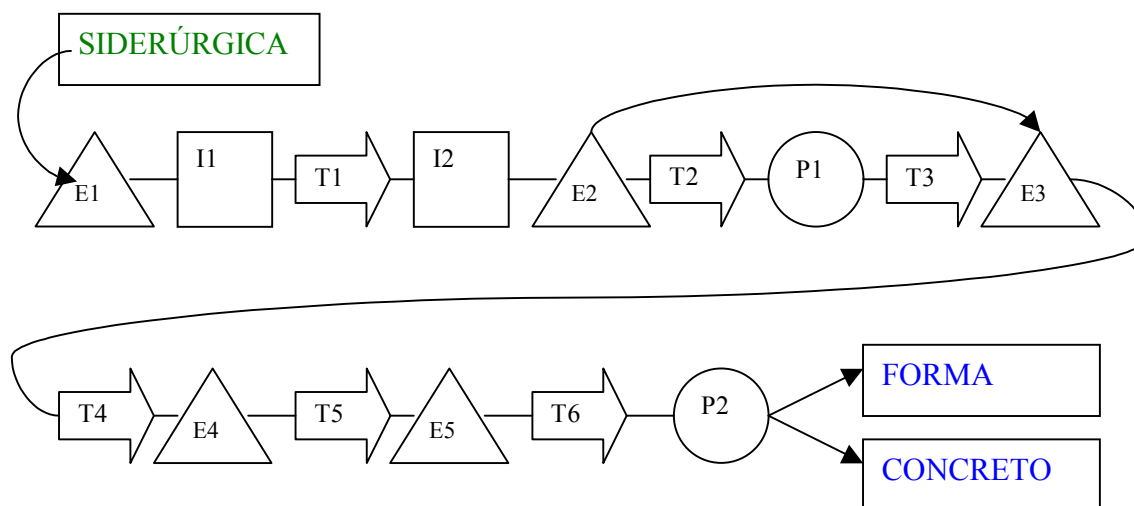


FIGURA 14 – Cadeia de valor da Produção de Armaduras.

• **Caracterizar processos / delimitar fronteiras:** de acordo com o fluxograma apresentado podemos definir dois processos na etapa em questão, sendo eles:

a. confecção de armaduras (E1 até T6): tem seu início no recebimento do aço e o fim na sua entrega, processado, no local de montagem. A caracterização do processo em M1 já foi descrita no item 5.3.1 e representada nas Figuras 11 e 12 desta dissertação.

Esse processo apresenta como processamento o corte (P1a) e/ou dobra (P1b) do aço.

b. armação (P2): inicia no recebimento do aço cortado e/ou dobrado, ou em barras inteiras, no ponto de montagem e termina na liberação da etapa Produção de Armaduras para a etapa seguinte, que pode ser Forma ou Concreto. A armação consiste em posicionar as peças de aço no local correto indicado na planta de ferragem, conferindo sua bitola, dobragem e tamanho, para depois então amarrá-la com as demais peças.

- **Avaliar os requisitos dos clientes:** este passo indica analisar o que é importante para os clientes, ou seja, o que agrega valor sob a ótica desses clientes. Para tanto, inicialmente devemos identificar quem são os clientes externos e internos dos processos. Nesta dissertação nos concentraremos nos clientes externos.

- a. confeccção das armaduras: os clientes deste processo são os armadores. Para esses o que importa é receberem o aço correto quanto a bitola, tamanho, corte e/ou dobra (ou barra inteira), no local de montagem, na seqüência apropriada.

- b. armação: este processo tem como clientes as etapas de Forma ou Concreto. Para as duas etapas o que agrega valor no processo de armação é obter no final uma ferragem montada nas dimensões corretas, respeitando as dimensões de projeto, possibilitando os recobrimentos previstos. Também é importante que não se monte muita ferragem sobreposta, o que dificultará o lançamento de concreto e sua posterior vibração. As peças de aço devem estar firmemente presas nos pontos de amarração.

- **Estudar alternativas técnicas para os processos:** nesta fase da sistemática proposta busca-se identificar quais as possibilidades existentes tecnicamente para executar os processos em questão.

- a. confeccção de armaduras: dentre as alternativas possíveis para suprir a obra de aço cortado e dobrado, entregue nos locais de montagem, comentamos as seguintes alternativas, primeiro relativas ao processamento e após, ao transporte.

Alternativas para o **processamento**:

- Produção com funcionários próprios no canteiro: dependendo do local da obra pode haver escassez de bons profissionais no mercado, uma vez que para as atividades de corte e dobra de aço necessita-se de ferreiros, profissionais com uma qualidade diferenciada.

- Terceirização do serviço com o processo no canteiro: apresenta a vantagem de se poder pagar por produção, evitando-se custo com ociosidade, porém não reduz a quantidade de funcionários no canteiro de obras nem as obrigações trabalhistas legais com esses.

- Terceirização para uma central de fornecimento externa: possibilita a redução de funcionários no canteiro de obras e permite a programação de entrega por lotes,

no sistema JIT; permite ainda ajustar essas entregas conforme a necessidade da demanda.

Com relação à atividade de **transporte** do aço, citam-se as seguintes possibilidades:

- manual: é um método lento que exige grande quantidade de mão-de-obra;
- misto: este sistema prevê parte do transporte sendo manual e parte mecanizado, apresentando melhoria ao processo, principalmente se for possível mecanizar o transporte vertical.
- mecanizado: é o sistema de transporte vertical ou horizontal do material processado através de um guindaste ou grua, reduzindo a quantidade de funcionários e diminuindo o *lead time*.

b. armação: as opções para a armação são restritas, devido às características da obra. Uma opção seria montar elementos como vigas em centrais de montagem e transportá-las prontas até a forma. Tal opção no caso não é apropriada devido às dimensões dos elementos em questão e à forma de montagem e execução das etapas seguintes.

Teríamos a opção de usar aparelhos de solda em vez de amarrar os pontos de contato entre as barras de ferro, porém tal procedimento necessitaria de investimento e treinamento de funcionários, habituados com o procedimento tradicional.

• **Determinar um processo puxador – P1**: através da visualização da cadeia de valor é possível escolher o processo de *armação* como sendo o processo P1 para “puxar” a produção, uma vez que ele é o mais próximo do cliente externo na etapa em estudo.

Ou seja, os processos à frente da armação determinarão as quantidades a serem produzidas pela armação que irá abastecer-se nos seu(s) fornecedor(es).

• **Análise do processo P1 – armação**: este processo é constituído basicamente por processamento, ou seja, pela ação dos armadores de amarrar as peças de aço, depositadas no local de montagem.

- **Eliminar os possíveis desperdícios:** não sendo o foco deste estudo, não se alonga a análise desse processo na busca de melhorias. Considera-se não haver desperdícios no processo original.

- **Expandir os limites do P1:** isto implica envolver o processo de confecção das armaduras (E1 até T6), formando um novo território de análise que será chamado de P2. Devemos retornar ao passo 7 e avaliar esse novo conjunto.

- **Análise do P2:** engloba toda a cadeia de valor em estudo, tendo como ponto inicial o recebimento de aço e como final a entrega desse aço, montado para as etapas seguintes.

Assim sendo, fazem-se as seguintes ponderações sob a ótica dos conceitos da CE sobre os processos em M1, baseadas em informações sobre esse processo obtidas nas entrevistas mencionadas anteriormente e que se encontram parcialmente no Apêndice B desta dissertação,:

- o *lead time*, ou seja, o tempo gasto, desde o recebimento do aço até que esteja sendo usado na etapa seguinte a esta em estudo, varia de 1 a 6 meses, em casos extremos;

- o tempo de processamento efetivo (P1a ou P1b, P2), ou seja, aquele gasto em atividades que agregam valor, em geral, não ultrapassa 10 minutos;

- a maior parte das atividades são transportes, inspeções e esperas (estoques) que consomem recursos e não agregam valor;

- diversos recursos que geram custos indiretos são necessários devido à grande quantidade de funcionários no canteiro.

A partir desta análise, fez-se alguns questionamentos, tais como:

- É possível reduzir o *lead time*?
- É possível reduzir ou eliminar as atividades que não agregam valor?
- É possível reduzir a quantidade de funcionários no canteiro?

Busca-se então as respostas com base nas informações levantadas nos passos 2 a 5 da sistemática proposta, os quais permitem se ter conhecimento da cadeia de valor, dos processos, dos requisitos dos clientes e das alternativas técnicas existentes.

Basta se encontrar uma forma de compor tais possibilidades, visando obter respostas positivas para os questionamentos feitos.

Orientado pelo conceito de focalização somado à possibilidade de adotar um parceiro como fornecedor de aço cortado e/ou dobrado faz-se a opção pela terceirização do processo de confecção das armaduras, retirando, assim, do canteiro grande quantidade de mão-de-obra e, conseqüentemente, reduzindo diversos custos indiretos, bem como a necessidade de espaço físico para as instalações das bancadas de trabalho e maquinário, e também o espaço em refeitório, sanitários.

Através da possibilidade de programar as entregas em lotes a partir da necessidade do processo de armação, pode-se trabalhar com entregas *just-in-time*, ou seja, no exato momento da aplicação do material. Para a atividade de transporte, decide-se pelo uso de um equipamento mecanizado para o transporte vertical e horizontal.

Assim, elimina-se a necessidade de estoques, sendo o aço entregue em lotes, nas quantidades solicitadas pela demanda, no momento necessário, no local de aplicação.

O fluxograma do processo relativo ao fluxo de materiais passa a ser composto então pelas atividades de inspeção, no recebimento do material; pelo transporte desse material até o local de armação, e pela armação propriamente dita. Assim sendo, o fluxograma ideal seria:

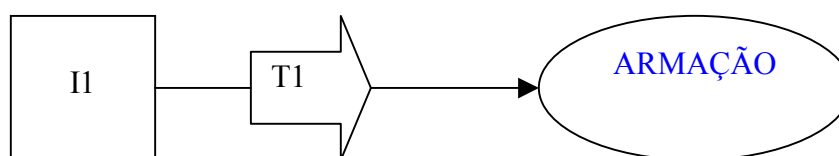


FIGURA 15 - Formato ideal para a etapa de produção e montagem de armaduras.

Uma vez determinado o formato considerado inicialmente ideal para o processo, este deve ser efetivamente usado, ou seja, ter sua **Aplicação operacional**. Para que as atividades sejam executadas dentro deste formato é necessário mais planejamento, o qual deve acontecer em diversos níveis, ou seja, planejamento

amplo e detalhado, gerando programações dos diversos recursos envolvidos na produção e oportunizando que se estabeleçam os controles.

Através destas ações de **PCP** gera-se um *feed back* a respeito da eficiência e eficácia ao processo produzido a partir do formato indicado pelo uso da sistemática e pode-se atuar para que aconteça a **melhoria contínua** deste.

- Análise quantitativa

Como o foco desta pesquisa é o processo de produção de armaduras, excluindo o processo de montagem, ou seja, a armação, apenas a produção de armaduras será considerada nesta análise.

Identifica-se que o processo de produção de armaduras, resultante em M3, apresenta um fluxograma idêntico àquele obtido em M2. Assim sendo, *assume-se para M3 os mesmos dados relacionados na análise quantitativa de M2.*

5.4 Análise comparativa entre as situações M1, M2 e M3

Para efeito de comparação, desconsidera-se o processo de armação em M3.

5.4.1 Relativamente à análise qualitativa

A situação M1 é, sem dúvida, aquele que gera mais desperdício devido a ter em seus processos uma quantidade muito grande de atividades que não agregam valor. O fluxograma final de M1 apresenta cinco pontos de estoques de materiais, dois pontos de inspeção e seis transportes, podendo ter ainda, quando o processamento for composto por corte e dobra do aço, mais um estoque, uma inspeção e um transporte entre estes processamentos distintos. Sob a ótica do cliente deste processo certamente somente o processamento (corte e/ou dobra) agrega valor, ou seja, acrescenta algo importante ao produto em processo.

Na situação M2, através da racionalização apresentada no item 5.3.2 desta dissertação, obteve-se um processo com um fluxograma final composto por uma inspeção e um transporte, relativamente ao processo de produção de armaduras, excluída a atividade de montagem, sob a ótica do canteiro de obras. Isto se deve, em parte, pelo fato de se ter retirado o processamento propriamente dito do aço do

canteiro de obras. Para executar este processamento foi estabelecida uma relação de “parceria” com um fornecedor externo, o qual fazia este processamento em suas instalações, entregando na obra os lotes de materiais acordados, nas datas acertadas. Outra melhoria significativa introduzida no processo da situação M2 foi a mecanização do transporte, tanto vertical, quanto horizontal, através do uso de um guindaste para içar o aço pronto para ser montado e transportá-lo diretamente das carretas que o traziam do fornecedor, até o destino final na estrutura a ser concretada.

Basicamente, na situação M2, estas duas opções feitas, ou seja, terceirizar através de uma “parceria” o processamento do aço e mecanizar o transporte vertical, foram os “pivôs” que desencadearam outras ações e estabeleceram diretrizes para que se planejasse e programasse a obra, a partir de então, relativamente à execução das armaduras, formas e concretagens, no formato JIT.

Deve ficar claro que o que se pretende registrar não é uma afirmação de que terceirizar atividades e mecanizar transportes em obras possibilitam, por si só, obter a racionalização de processos. Na situação M2 tais fatores foram importantes dentro de um processo de mudança amplo e geral, que se iniciou com a troca da equipe gerencial, com a introdução de novos conceitos e com a disposição de promover mudanças e melhorias. A partir de então, desencadeou-se uma série de ações envolvendo aspectos gerenciais, de planejamento, de RH, entre outros, com vistas a se reduzir perdas e desperdícios e a se obter um menor custo operacional de produção, melhorando-se também outros aspectos da obra, como aqueles relacionados à qualidade e à Segurança do Trabalho.

Com a redução do fluxograma da situação M1 para o da situação M2, sob a ótica do canteiro de obras, foi possível reduzir o efetivo de profissionais e serventes no canteiro de obras, reduzindo assim a necessidade de diversos recursos inerentes à presença destes trabalhadores no canteiro, tais como maior quantidade de sanitários, maior espaço no refeitório, etc. Outra vantagem obtida em relação à M1 foi a possibilidade de desmobilizar as estações de corte e/ou dobra de aço, ganhando espaço físico no canteiro de obras. Também se diminuiu o risco de acidentes de trabalho.

A situação M3 foi criada com a finalidade de se experimentar a aplicação da sistemática para apoiar o uso de conceitos e técnicas da CE. Através da aplicação

dos passos indicados na sistemática citada, no formato inicial do processo de produção de armaduras, ou seja, no fluxograma da situação M1, foi possível gerar uma situação hipotética M3.

Cabe salientar que a condução de tal estudo foi integralmente orientada pelas ações indicadas em cada passo da sistemática criada. Da situação M2 aproveitou-se o conhecimento de algumas soluções técnicas adotadas, as quais foram relacionadas nas opções técnicas para cada ação do fluxograma, sendo depois selecionadas.

Dessa forma, chegou-se na situação M3 a um fluxograma idêntico ao da situação M2. Tanto de forma empírica quanto através do uso da sistemática sugerida, chegou-se ao final da etapa apenas com uma inspeção e um transporte.

Na situação M3, assim como na situação M2, eliminou-se parte da mão-de-obra usada em M1 (ferreiros e alguns serventes), reduzindo assim gastos diversos no canteiro de obras. As melhorias em termos produtivos foram obtidas basicamente eliminando-se inspeção, transporte e estoques, presentes entre as atividades de processamento ao verificar-se os fluxos. Cabe ressaltar que em M3, assim como em M2, isso foi possível, em parte, retirando-se o processamento propriamente dito da etapa em estudo, ou seja, o corte e/ou dobra do aço, do canteiro de obras, o que foi delegado a uma empresa terceirizada, especializada nessa atividade, criando-se a figura de um “fornecedor” desse material, devidamente processado. Atividades não possíveis de serem eliminadas foram melhoradas. O transporte vertical e horizontal do material na obra foi mecanizado. Os estoques desapareceram em função do sistema de entregas JIT, acertado com o fornecedor das armaduras e da opção citada de mecanização do transporte. As inspeções se reduziram a uma, ou seja, àquela realizada no momento da entrega do material.

Dessa forma, as comparações qualitativas da situação M3 com a situação M1 são iguais às da situação M2 com a M1, e ainda, a situação M3 qualitativamente equivale-se com a situação M2.

5.4.2 Relativamente à análise quantitativa

Uma vez que a situação M3 é uma situação hipotética que se equivale qualitativamente à situação M2, tendo um fluxograma de processo final idêntico ao

da M2, assume-se para M3 os mesmos valores de M2, uma vez que seus formatos finais são idênticos. Assim sendo:

TABELA 1 - Análise quantitativa entre M1, M2 e M3.

Item de comparação	M1	M2 E M3
Quantidade de funcionários envolvidos	18	6
Tempo (médio) desde a entrega do material até o início da armação (<i>lead time</i>)	3 meses	1 dia
Custo (R\$/kg), sem material	R\$ 0,21	R\$ 0,14
Custo total para 407.743 kg de aço	R\$ 85.626,03	R\$ 57.084,02

A quantidade de funcionários envolvidos em M1 variou de 18 para 6 em M2 e M3, ou seja, M1 envolveu três vezes mais pessoas em seu processo produtivo.

Com relação ao tempo médio gasto no processo, desde a entrega do aço até a liberação desse ao processo seguinte, temos uma grande diferença de aproximadamente 3 meses. Poderia ser colocado o fato de que, na verdade, em M2 e M3 o processamento está excluído da envoltória de análise, uma vez que foi terceirizado. Para tal colocação cabe lembrar que o presente estudo analisa o processo de fornecimento de armaduras ao processo de armação, a partir do canteiro de obras, ou seja, uma vez optado por um fornecedor desse material processado, a exclusão de tal processamento se constitui em um dos benefícios obtidos por essa tomada de decisão e as vantagens obtidas devem ser agregadas ao aspecto qualitativo de M2 e M3.

O custo do fornecimento de aço para o processo de montagem desse aço na situação M1, foi de 50 % mais que na situação M2 e, portanto, também na M3.

5.5 Conclusão do estudo de caso

O estudo de caso desta dissertação mostra, claramente, em termos qualitativos e quantitativos, as vantagens obtidas tanto na situação M2 quanto na situação M3 sobre a situação M1.

Entende-se que parte do que possibilitou que na situação M2 se tivesse êxito na racionalização do processo foi o fato de se ter interrompido o processo de produção de M1 para seu estudo, avaliando e visualizando novas alternativas técnicas para o fluxo de materiais e, fundamentalmente, planejando novamente o processo produtivo, a partir das informações obtidas.

Destacam-se, então, duas palavras: processo e planejamento. Certamente na situação M2, são elas que indicam teoricamente o fator de sucesso na eliminação de desperdícios e na obtenção de melhorias.

Na situação M2, a forma de racionalização e busca de melhorias no processo da situação M1, feita sem o uso de uma base conceitual definida, conduziu a um processo idêntico àquele indicado a partir da aplicação da sistemática criada nesta dissertação para a operacionalização do uso de conceitos e técnicas da CE, ou seja, situação M3. Em parte podemos entender que isso se deve ao objetivo comum existente em ambas as situações, ou seja, a redução ou eliminação total de desperdícios e a busca pela perfeição através da melhoria contínua. Na situação M2 as ações foram orientadas pelo conhecimento da equipe gerencial sobre alguns conceitos e técnicas do TQC. Soma-se a isto a presença, na situação M2, de diversas ações de planejamento e controle da produção (PCP), ainda que feitas de forma simples e, na maioria das vezes, não integrada, relativamente aos diversos intervenientes que atuaram execução da obra.

Vale ressaltar que em M2 as definições sobre desperdícios não tinham o mesmo suporte conceitual usado em M3, o qual, através da clara noção da necessidade de análise dos fluxos e do estudo do “valor”, deu maior clareza às ações propostas.

Na situação M3, a partir do conhecimento teórico acerca do STP, da PE e da transferência dessas teorias para a Construção Civil, ou seja, CE, aplicou-se virtualmente a sistemática criada a partir do estudo dessas teorias para a operacionalização desses conceitos, na situação M1. À semelhança do que foi feito em M2, houve basicamente um novo planejamento de processo, porém conduzido

por uma seqüência lógica de ações orientadas por uma base conceitual definida. Entende-se, neste caso, o processo como sendo o fluxo de materiais.

A situação M3, através do uso da sistemática criada para a operacionalização de conceitos e técnicas da CE, fortemente associada a conceitos do TQC e da produção JIT, conduziu, através dos passos indicados na sistemática, o processo da situação M1 para o formato idêntico àquele da situação M2.

Destacam-se dois aspectos para entender tal similaridade no resultado obtido na melhoria do processo da situação M1 para a situação M2 e M3: TQC e PCP. Somado a estes dois, acredita-se que a contribuição da sistemática criada reside em unir a estes dois tópicos, de maneira formal, o aspecto da produção JIT e os conceitos de valor, cadeia de valor, fluxo, produção puxada e perfeição (melhoria contínua).

Por ter uma sistemática clara, relativamente simples e de fácil aplicação para que se estude os processos na busca de obter efetividade e eficácia, considera-se que apesar de se ter chegado a um mesmo resultado em ambas as situações, M2 e M3, o esforço gasto na situação M3 até que se descobrisse o formato otimizado para o processo foi menor. A sistemática para a operacionalização de conceitos e técnicas da CE tem a pretensão de oferecer esta vantagem, ou seja, visa indicar um “processo enxuto de planejamento inicial” para que se produza certo desde o início, ou seja, para que os processos não precisem acontecer diversas vezes até que, mesmo que guiados por conceitos do TQC, JIT e ações do PCP se inicie a melhoria. Esta pode ser feita antes de iniciar a produção propriamente dita.

Em ambos as situações, M2 e M3, as melhorias aconteceram através da análise de processo e da eliminação de tudo que não lhe agregava valor. Uma vez que os processos finais em M2 e M3 são idênticos, os dados quantitativos de um devem ser iguais ao de outro. Assim sendo, as informações obtidas para dar suporte à situação M2 são também válidas para a situação M3.

Como os resultados quantitativos em termos de número de funcionários, tempo gasto no processo (*lead time*) e custo de M2 e, então, também de M3, são melhores que os de M1, se valida o uso da sistemática criada para a operacionalização de conceitos e técnicas da CE na busca pela redução de desperdícios e na melhoria de processo.

6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusão

Iniciou-se esta pesquisa a partir do estudo do STP. Tal sistema de produção, entre diversos aspectos marcantes, indicou uma grande e histórica mudança na forma de pensar e de enxergar a produção, seja do que for, caracterizando, dessa forma, uma mudança de paradigma.

A capacidade de enxergar os desperdícios, onde antes nada se via, e as oportunidades de melhorias, onde antes já se haviam esgotado as análises com intenção, caracterizaram essa nova teoria. Abaixo encontra-se uma figura oculta, talvez não visível. A impossibilidade de visualizá-la pode ser comparada àquilo que acontecia na produção, com relação a desperdícios e melhorias nos sistemas de produção, sob o domínio de antigos conceitos.



FIGURA 16 - Capacidade de enxergar.

FONTE: RIBEIRO, Lair. O sucesso não ocorre por acaso. p.18.

Nesta dissertação, sob o título de PE, também denominada na bibliografia corrente por Mentalidade Enxuta, continuou-se o estudo do novo sistema que também é chamado por diversos autores de filosofia de produção.

Após uma rápida revisão sobre diversos aspectos do setor da Construção Civil esta foi abordada a partir da ótica conceitual já mencionada. Tal abordagem feita por Koskela (1992) originou o pioneiro trabalho no sentido de transportar os conceitos e técnicas da nova forma de pensar a produção já vigente em outros setores, no caso para o da construção, denominando-a de Construção Enxuta.

Teoricamente esse novo formato pretende que a produção não seja mais vista a partir da lógica da *transformação*, mas sim sob a ótica dos *fluxos* e *valor*. A partir disso passa-se a *enxergar* desperdícios até então ocultos, escondidos por antigos conceitos.

Da mesma forma, se na figura 16 forem estabelecidos os limites daquilo que está oculto (ver Figura 17), dificilmente ao se olhar novamente para a figura inicial não se enxergará tal elemento, pois as linhas que o delimitam passaram a ser conhecidas (ver Figura 16).

Uma vez desenvolvida uma nova lógica de *enxergar* as perdas, fica difícil não mais vê-las, assim como o que acontece no exemplo apresentado da figura oculta, a qual pode ser comparada aos desperdícios que não eram vistos à luz de antigos conceitos. Uma vez conhecida a nova teoria da produção, não é mais possível deixar de *enxergar* os desperdícios até então ocultos.

Tal fenômeno é a tônica da Construção Enxuta, cujos conceitos forçam a se ver a Construção Civil não de forma diferente, porém *enxergando-se* mais do que até então se podia.

Para viabilizar que a nova base conceitual se estabelecesse, alguns alicerces foram definidos como formadores dessa base, tais como a produção JIT e o TQC. Diversas ferramentas ligadas a essas técnicas podem dar suporte à sua prática.

Dessa maneira, considera-se que é possível reduzir perdas e evitar desperdícios, diminuindo custos e otimizando processos na execução das atividades de uma obra de engenharia através da adoção de princípios do STP e de seus desdobramentos para a Construção Civil, aplicando-se a PE na Construção, ou seja, a Construção Enxuta.

Porém, apesar da CE ter base teórica definida, técnicas de suporte estabelecidas e ferramentas possíveis de serem utilizadas, não é clara a

operacionalização efetiva e objetiva dessa lógica de produção na Construção Civil na literatura corrente.

O presente estudo conclui que a CE atualmente indica um claro e novo caminho, uma nova forma de pensar que indica muitas possibilidades de redução de desperdícios, expondo-os em função dos novos conceitos fundamentados na lógica de fluxo e valor. Possibilita, ainda, a melhoria contínua, fortalecida pelas técnicas do TQC.

Outro aspecto importante da CE é a ênfase dada ao planejamento que acontece em diversos níveis de abrangência e, de acordo com esses níveis, com grande frequência.

O planejamento global, pensado a partir da lógica dos fluxos, reúne os diversos projetos de um empreendimento, seus responsáveis e todos mais que possam colaborar com informações para esse planejamento que procura resolver os possíveis problemas, eliminar futuros desperdícios e racionalizar tudo que se puder nessa etapa.

Outros níveis menos abrangentes acontecem diversas vezes durante a execução de uma obra, constituindo repetidos replanejamentos em função das diversas variáveis intervenientes, inerentes às atividades da construção.

As ações como as do ciclo PDCA (planejar, fazer, checar e agir corretivamente) são adotadas como práticas comuns nos planejamentos semanais. Destacam-se aspectos pertinentes ao PCP, ou seja, ao planejamento e controle da produção, com sendo vitais para o sucesso da melhoria contínua pretendida na busca da perfeição na CE.

Esse incessante processo de planejamento e acompanhamento do processo produtivo caracteriza um dos pontos decisivos do êxito que a CE proporciona aos empreendimentos que entendem seus conceitos e conseguem adotar suas técnicas como práticas correntes no gerenciamento e execução de obras de engenharia.



FIGURA 17 - Importância da base conceitual para enxergar.

FONTE: RIBEIRO, Lair. O sucesso não ocorre por acaso. p. 20.

Ressalta-se aqui o entendimento da fundamental importância da análise e do planejamento de processo, ou seja, dos fluxos, sejam de materiais, de informações ou outros mais, norteados pelos conceitos de “valor”.

De qualquer forma, todos esses aspectos carecem ainda de maiores estudos no sentido de possibilitar a operacionalização prática e objetiva dos conceitos e técnicas mencionadas nesta dissertação. Para tal o presente estudo criou uma seqüência lógica de ações que visam possibilitar inicialmente um planejamento orientado pela riqueza de informações, e após uma ação orientada pelos conceitos e fundamentos da CE.

A idéia básica da sistemática proposta é oferecer uma seqüência lógica, simples e objetiva, orientada pelos conceitos, técnicas e ferramentas da CE, que auxilie os profissionais ligados à Construção Civil a pensar e agir sob a ótica dessa nova base conceitual.

A grande importância da sistemática criada está na visão integrada dessa sistemática, relativa às etapas de análise e a essas etapas no contexto global, e no pragmatismo de sua execução.

Sustentada pelos alicerces conceituais da CE, essa sistemática apresenta uma seqüência de passos relativamente fáceis de serem entendidos e operacionalizados.

A preocupação na sua criação foi centrada em simplificar técnicas e ferramentas já existentes, buscando aproximar a linguagem teórica o máximo possível da prática, dentro de limites aceitáveis.

Ressalta-se o fato de que a sistemática criada pretende ser um meio de planejar as etapas de produção das obras e seus processos antes que se inicie sua execução, orientado por conceitos e técnicas da CE. Destaca-se o fato de que tal planejamento apresenta um caráter cíclico antes mesmo de iniciar a execução das atividades e também depois, quando se passa para a fase chamada, na sistemática criada, de Aplicação operacional, onde, através do uso associado de planejamento e controle da produção (PCP), se pode gerar informações de forma a reaplicar a sistemática criada na busca da perfeição, através da melhoria contínua.

A característica prática inserida na sistemática para uso de conceitos e técnicas da CE pelo autor desta dissertação foi proporcionada em função de a sua experiência profissional indicar que soluções simples e de fácil aplicação tendem a ser mais facilmente aceitas, enquanto soluções sofisticadas normalmente são rejeitadas na prática, relativamente aos profissionais envolvidas na construção de obras de engenharia. O objetivo da sistemática proposta é que, através dela, se possa iniciar as mudanças na forma de pensar, planejar e agir no setor em questão. Através de uma forma simplificada busca-se facilitar a mudança de paradigma.

Se existe uma realidade como a apresentada no Capítulo 3, nos itens 3.3 e 3.4, que tratam do cenário tradicional (corrente em nosso país) da Construção Civil, e busca-se a transição para uma nova realidade, como aquela discutida no item 3.5, ou seja, o da Construção Enxuta, o autor desta dissertação acredita que é necessário adaptar-se a forma de operacionalizar os conceitos, técnicas e ferramentas a uma maneira que seja passível de ser absorvida por aqueles que efetivamente trabalham no setor em questão.

Por um lado temos a comunidade científica na vanguarda do pensamento. Por outro lado, no entanto, temos um conjunto de trabalhadores formado por diretores, engenheiros projetistas, gerentes de obras, técnicos de planejamento, mestres de obras, encarregados, pedreiros, carpinteiros, serventes, imersos no cotidiano das obras, em sua maioria regidos por antigos conceitos, ou seja, velhas crenças.

Tanto na área científica quanto na operacional citada, existem extremos, ou seja, pessoas ligadas a conceitos ainda em criação e outros operando através de

técnicas ultrapassadas, regidas por conceitos obsoletos. O fato é que precisamos ligar e estabelecer um canal de troca entre essas pessoas para que se possa, dessa forma, levar ao mundo prático a evolução do universo conceitual.

Tentando facilitar o estabelecimento desse caminho, esta pesquisa indica uma sistemática que o autor considera como uma forma simplificada de fazer com que os profissionais da construção comecem a enxergar as obras sob a ótica da CE.

Através da sistemática criada, simplificada a partir de técnicas e ferramentas sugeridas por diversos autores citados nesta dissertação, embasada teoricamente também por esses autores, o propósito é que tal procedimento tenha aceitação de uso pela característica prática, simples e ordenada de operacionalização, remetendo assim os usuários ao novo paradigma da produção, ou seja, a Produção Enxuta.

No estudo de caso desta dissertação essa sistemática foi aplicada em uma situação hipotética, tendo sua validade comprovada pelo fato de ter conduzido o processo produtivo em análise a um mesmo fluxograma final de uma das situações reais avaliadas, a qual apresentou benefícios qualitativos e quantitativos com relação à situação do processo original.

Este trabalho por ter caráter particular e específico não é passível de extensão no formato linear a outras obras.

6.2 Recomendações

A partir do estudo teórico sobre o STP, PE, CC e CE, e em função do estudo de caso desta dissertação, sugere-se como recomendação para futuras pesquisas:

- Aplicar estudo similar em outras obras de engenharia;
- usar a sistemática proposta em diferentes etapas construtivas, tanto de construção civil quanto pesada;
- executar uma análise de valor para os principais processos produtivos da Construção Civil;
- estudar quantitativa e qualitativamente as perdas sob a ótica da Construção Enxuta em obras de engenharia;
- pesquisar soluções técnicas e operacionais para as principais oportunidades de melhoria na Construção Civil, à luz dos conceitos da Construção Enxuta.

ANEXOS - FOTOS DA OBRA

a. Viaduto do boqueirão



FIGURA 18 - Situação M1 (direita) e M2 (esquerda).

b. Fotos da situação M1



FIGURA 19 - Execução do escoramento e forma em M1.



FIGURA 20 - Execução da ferragem em M1.



FIGURA 21 - Montagem de vigas em M2.



FIGURA 22 - Transporte mecanizado do aço, verticalmente e horizontalmente (JIT)



FIGURA 23 - Entrega JIT do aço processado.



FIGURA 24 - Vigas e laje inferior em M2.



FIGURA 25 - Montagem da laje superior em M2.

APÊNDICE A – ENTREVISTAS

1 LISTA DE PESSOAS ENTREVISTADAS

1. Paulo Eduardo Nunes Ponte (Gerente do Contrato)
2. Everaldo José Renner (Supervisor de obras em M2)
3. Fernando Amato da Costa (Engenheiro residente em M1)
4. Luís Antônio Miller Andriotti (Engenheiro residente em M1)
5. Pedro Eloar do Nascimento (Inspetor de obras)
6. Jacinto Silva Souza (Encarregado administrativo)
7. Nilsom Vilnei Alberto (Auxiliar administrativo)
8. Augusto do Amaral Brum (Mestre-de-obras na situação M1)
9. Luís Firmino (Mestre-de-obras na situação M2)
10. Ubiratã dos Santos Carvalho (Encarregado de turma, responsável pela ferragem)
11. Avelino Branco (Encarregado da fiscalização pela consultora STE)
12. Adalberto Schen (Engenheiro fiscal pela consultora STE)

2 ENTREVISTAS

2.1 Entrevistado nº8

Mestre-de-obras na situação M1, **Augusto do Amaral Brum**.

Data da entrevista: 17 de março de 2002.

2.1.1 Objetivo

Captar informações gerais relativas à obra em questão, especialmente a descrição e comentários a respeito do processo de produção de armaduras na situação M1.

2.1.2 Geral

Inicialmente o mestre-de-obras falou sobre a obra de maneira geral, comentando diversos aspectos das diferentes etapas e elementos construtivos da obra. Fez referência à equipe gerencial composta pelo engenheiro gerente do contrato, engenheiro Fernando, pelo engenheiro responsável pelo setor técnico, engenheiro Andriotti, pelo estagiário de engenharia e pelos funcionários da área administrativa.

2.1.3 Processos produtivos

Induzido a falar sobre o processo produtivo das araduras na situação M1 o mestre-de-obras Augusto descreveu de forma sucinta este processo, dizendo que o aço era comprado e entregue em carretas. Após, este aço era descarregado pelo pessoal da obra, sendo esse material guardado nas “bacias”, separado por bitolas. Depois o aço era cortado e/ou dobrado, sendo a seguir estocado até que chegasse o momento de utilização na armação, para onde era transportado por serventes e profissionais de forma manual.

O mestre-de-obras Augusto comentou que da forma que era executado o processo descrito este se tornava um processo cansativo e demorado, uma vez que não usava nenhum tipo de recurso para transporte, tanto horizontal quanto vertical, e também porque aconteciam muitas movimentações desnecessárias. Para o transporte horizontal dentro do canteiro de obras era usado apenas o caminhão “munck”, quando disponível.

Com relação à programação e controle da produção das armaduras, o mestre-de-obras Augusto falou que a determinação, ou seja, a programação da ferragem que devia ser cortada e dobrada, bem como os pedidos de material, eram coordenados pelo engenheiro Andriotti, porém outras pessoas e até mesmo ele muitas vezes assumia esta função. O processo de produção era supervisionado por ele, mas quem comandava a produção era o encarregado de ferragem, o senhor Ubiratã, seguindo as determinações do engenheiro Andriotti repassadas, normalmente, por ele. Lembrou que eram usados aproximadamente 10 ferreiros e 5 serventes no processo de produção de armaduras, variando eventualmente conforme a demanda exigida. Questionado sobre o período que ele estimava ter sido dedicado à produção do aço dos trechos C, D e E da situação M1, o mestre-de-

obras disse não poder afirmar com precisão, porém achava ter consumido em torno de 6 meses para a produção deste aço.

O mestre-de-obras citou algumas dificuldades, como: pouco espaço físico no canteiro de obras, a alta rotatividade de profissionais, dificuldade de contratar bons ferreiros que entendessem de corte e dobra de aço, com fatores que indicavam a necessidade de buscar novas alternativas para o processo produtivo em questão.

2.2 Entrevistado nº9

Mestre-de-obras na situação M2, **Luís Firmino**.

2.2.1 Objetivo

Obter informações gerais.

2.2.2 Forma de trabalho (processo)

Inicialmente o mestre Luís falou sobre a situação M1, período em que estava na obra com encarregado. Relatou que nesta fase a obra produzia toda ferragem no canteiro, ou seja, o aço era descarregado, transportado e classificado por bitolas. Deste estoque inicial era retirado e ia para as bancadas onde era cortado e dobrado e novamente estocado para posteriormente ser transportado até o local de montagem final. Recorda que esta operação envolvia em torno de 10 ferreiros e aproximadamente 5 serventes, mais o envolvimento do motorista do caminhão da obra, para a operação de transporte horizontal, arrastando o aço. O encarregado de ferragem ficava praticamente o tempo todo envolvido nestas atividades sendo que utilizava parte de seu tempo supervisionando a montagem do aço na forma que era feita por sistema de terceirização de serviços.

Após isto, falou sobre o processo em M2, situação em que trabalhava como mestre de obra. Lembrou que o aço era encomendado inicialmente com uma previsão de data para entrega. Os pedidos eram feitos por lotes, conforme conveniência de montagem. Alguns dias antes da data prevista para a entrega fazia-se uma confirmação desta em função do andamento da confecção da forma ou outro fator determinante da liberação de “cancha”. O aço entregue era retirado da carreta e transportado diretamente para o ponto onde seria montado através de um

guindaste. O aço cortado e/ou dobrado vinha da ARMAFER e o aço em barras inteiras vinha direto da siderúrgica.

2.2.3 Valores pagos para mão-de-obra

O mestre Luís não lembrava exatamente os valores pagos para os funcionários, porém, quando apresentados os valores informados pelo Sr. Nilsom, e Jacinto, achou estarem corretos.

2.2.4 Tempos usados para descarga de aço em M2

Questionado se lembrava os tempos usados para o transporte vertical com o guindaste da AEB, informou que basicamente eram gastas em torno de 8 horas para cada etapa, ou seja para Vigas Principais, 8 horas, para Vigas Transversinas, 8 horas, para Laje Inferior mais viga A e C , 8 horas e para Laje Superior mais Viga B e Guarda-Rodas, 8 horas.

2.2.5 Assuntos gerais

Estimulado a falar sobre as diferenças dos dois processos usados, em M1 e M2, Luís fez questão de salientar a agilidade adquirida na troca de processo. Lembrou ainda que o sistema de cartões de identificação usados pela Armafer para identificar o material inicialmente exigiu adaptação dos profissionais por ser diferente das tradicionais placas feitas em obra. Após esta adaptação estes cartões se mostraram um instrumento eficiente para identificação rápida e correta.

APÊNDICE B - RESUMO DAS QUANTIDADES DE AÇO

a. Quantidade de aço total usada em M1 e M2

QUADRO 1 – Indicativo da quantidade de aço usada no trecho C

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (UNID)	PESO UNITÁRIO (KG)	PESO TOTAL (KG)
LAJE INFERIOR VIGAS LONGITUDINAIS LAJE SUPERIOR	1	113.860	113.860
TRANSVERSINA ENCONTRO	1	451	451
TRANSVERSINAS INTERMEDIÁRIAS	15	919	13.786
TRANSVERSINAS INTERMEDIÁRIAS PILARES	4	1.004	4.017
TRANSVERSINAS EXTREMIDADES PILARES	1	824	824
TOTAL			132.938

QUADRO 2 – Indicativo da quantidade de aço usada no trecho D

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (UNID)	PESO UNITÁRIO (KG)	PESO TOTAL (KG)
LAJE INFERIOR VIGAS LONGITUDINAIS LAJE SUPERIOR	1	136.698	136.698
TRANSVERSINA ENCONTRO		451	
TRANSVERSINAS INTERMEDIÁRIAS	15	919	13.786
TRANSVERSINAS INTERMEDIÁRIAS PILARES	4	1.004	4.017
TRANSVERSINAS EXTREMIDADES PILARES	2	824	1.648
TOTAL			156.149

QUADRO 3 – Indicativo da quantidade de aço usada no trecho E

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (UNID)	PESO UNITÁRIO (KG)	PESO TOTAL (KG)
LAJE INFERIOR VIGAS LONGITUDINAIS LAJE SUPERIOR	1	103.338	103.338
TRANSVERSINA ENCONTRO	1	451	451
TRANSVERSINAS INTERMEDIÁRIAS	12	919	11.029
TRANSVERSINAS INTERMEDIÁRIAS PILARES	3	1.004	3.013
TRANSVERSINAS EXTREMIDADES PILARES	1	824	824
TOTAL			118.656

b. Quantidade de aço processada pela Armafer

QUADRO 4 – Indicativo da quantidade de aço processada para o trecho C

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (UNID)	PESO UNITÁRIO (KG)	PESO TOTAL (KG)
LAJE INFERIOR VIGAS LONGITUDINAIS LAJE SUPERIOR	1	74.067	74.067
TRANSVERSINA ENCONTRO	1	451	451
TRANSVERSINAS INTERMEDIÁRIAS	15	919	13.786
TRANSVERSINAS INTERMEDIÁRIAS PILARES	4	1.004	4.017
TRANSVERSINAS EXTREMIDADES PILARES	1	824	824
TOTAL			93.146

QUADRO 5 – Indicativo da quantidade de aço processada para o trecho D

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (UNID)	PESO UNITÁRIO (KG)	PESO TOTAL (KG)
LAJE INFERIOR VIGAS LONGITUDINAIS LAJE SUPERIOR	1	98.606	98.606
TRANSVERSINA ENCONTRO		451	
TRANSVERSINAS INTERMEDIÁRIAS	15	919	13.786
TRANSVERSINAS INTERMEDIÁRIAS PILARES	4	1.004	4.017
TRANSVERSINAS EXTREMIDADES PILARES	2	824	1.648
TOTAL			118.058

QUADRO 6 – Indicativo da quantidade de aço processada para o trecho E

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE (UNID)	PESO UNITÁRIO (KG)	PESO TOTAL (KG)
LAJE INFERIOR VIGAS LONGITUDINAIS LAJE SUPERIOR	1	57.501	57.501
TRANSVERSINA ENCONTRO	1	451	451
TRANSVERSINAS INTERMEDIÁRIAS	12	919	11.029
TRANSVERSINAS INTERMEDIÁRIAS PILARES	3	1.004	3.013
TRANSVERSINAS EXTREMIDADES PILARES	1	824	824
TOTAL			72.819

APÊNDICE C - OCUPAÇÃO DO GUINDASTE EM M2

QUADRO 7 - Indicativo da quantidade de horas necessárias de uso do guindaste para o transporte vertical e horizontal do aço na situação M2.

TRECHOS		C	D	E
ETAPAS		(hs)	(hs)	(hs)
VIGAS PRINCIPAIS		8	8	8
VIGAS TRANSVERSINAS		8	8	8
LAJE INFERIOR	CAMADA INFERIOR VIGA A e C	8	8	8
	CAMADA SUPERIOR			
LAJE SUPERIOR	CAMADA INFERIOR VIGA B	8	8	8
	CAMADA SUPERIOR GUARDA - RODAS			
SUB TOTAL		32	32	32

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Patrícia Maria Costa. **Relacionamento cliente/fornecedor na indústria da construção civil**: novas tendências voltadas para um contexto de qualidade e produtividade. Florianópolis, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, Florianópolis.

BALLARD, Glenn; HOWELL, Gregory. Shielding production: an essencial step in production control. **Journal of Construction Engineering in Management**, ASCE, v. 124, n. 1, p. 18-24. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.org>>. Acesso em: 15 mar. 2002.

BALLARD, Glenn. **The Last Planner**. Northern California Construction Institute, California, April 1994. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.org>>. Acesso em: 15 mar. 2002.

BARROS, Aidil de Jesus Paes de; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos de metodologia**: um guia para a iniciação científica. 2. ed. São Paulo: Makron Books, p. 1-14, 2000.

BLACK, J. T. **O projeto da Fábrica com Futuro**. Tradução de Gustavo Kannenberg. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. 287 p.

CONTE, Antonio Sergio Itri. Lean Construction: O caminho para a excelência operacional na Construção Civil. In: _____. **Gestão de Operações**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1997. 592p., p. 497-510.

COLENCI JUNIOR, Alfredo; GUERRINI, Fabio Muller. **Gerenciamento na Construção Civil**. São Paulo: EESC-USP, 1998. 242 p., p. 159-204.

CASTRO, C. de M. A. **Prática da Pesquisa**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977. 156 p.

CORIAT, Benjamim. **Pensar pelo avesso**: o modelo japonês de trabalho e organização. Tradução de Emerson S. da Silva. Rio de Janeiro: Revan, UFRJ, 1994. 212 p.

CORRÊA, Henrique; GIANESI, Irineu. Sistemas de planejamento e controle da produção. In: _____. **Gestão de Operações**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1997. 592p., p. 287-308.

CORRÊA, Henrique; GIANESI, Irineu. Estratégia de Operações. In: _____. **Gestão de Operações**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1997b. 592p., p. 309-329.

COTANDRIOPOULOS, André-Pierre et al. **Saber preparar uma pesquisa**. 2. ed. São Paulo - Rio de Janeiro: Hucitec, 1997. 215 p.

DUHÁ, André Hartmann. **Práticas que estimulam a aprendizagem e a geração de conhecimento dentro das organizações**. Disponível em: <<http://www.terra.com.br/aprendizagem/organizacional>>. Acesso em: 10 dez. 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e teorias de pesquisa social**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

GOLDRATT, Eliyahu M.; COX, Jeff. **A meta: um processo de aprimoramento contínuo**. Tradução de Claudiney Fullmann. São Paulo: Educator, 1997. 385 p.

HRONEC, Steven M. **Sinais Vitais, usando medidas de desempenho da qualidade, tempo e custos para traçar a rota para o futuro de sua empresa**. São Paulo: MAKRON Books, 1994. 240 p.

HAGUIARA, Nelsom. Engenharia e análise de valor na manufatura e na Construção Civil. In: _____. **Gestão de Operações**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1997. 592p., p. 487-496.

HARRINGTON, J. **Aperfeiçoando processos empresariais**. Tradução de Luiz Liske. São Paulo: Makron Books, 1993.

HOWELL, Gregory. What is Lean Construction. In: CONFERÊNCIA DO GRUPO INTERNACIONAL DE CONSTRUÇÃO ENXUTA, 7., 1999, Berkeley. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.org>>. Acesso em: 10 fev. 2002.

HIROTA, Ercília Hitomi; FORMOSO, Carlos Torres. **Some Directions for Developing Construction Management Training Programmes on Lean Construction**. Proceedings, IGLC'98, Guarujá/SP, 1998. Disponível em: <<http://www.cpgec.ufrgs.br/Norie/Prodcient/prodcient>>. Acesso em: 20 mar. 2002.

ISATTO, Eduardo; FORMOSO, Carlos Torres. A nova Filosofia da produção e a redução de perdas na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO (ENTAC), VII, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: NPC/ECV/CTC/UFSC, 1998. 2 v.

ISATTO, Eduardo; FORMOSO, Carlos Torres. **As Relações de Parceria entre Empresas e Fornecedores e a Qualidade Total: Relevância e Viabilidade**. Disponível em: <<http://www.cpgec.ufrgs.br/Norie>>. Acesso em: 25 mar. 2002

ISATTO, Eduardo et al. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na Construção Civil**. Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000. 177p.

KHEL, Sérgio Penna. Produtividade na Construção Civil. In: _____. **Gestão de Operações**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1997. 592p., p. 469-486.

KOSKELA, Lauri. **Application of the New Production Philosophy to the Construction Industry**, Technical Report No. 72, Center for Integrated Facilities Engineering, Stanford University, CA, September 1992. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.org>>. Acesso em: 15 mar. 2002.

KOSKELA, Lauri. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. PhD Dissertation, VTT Building Technology, Finland. 296 p., VTT Publications, 2000. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.org>>. Acesso em: 15 mar. 2002.

KOSKELA, Lauri; VRIJHOEF, Ruben. **The Prevalent Theory of Construction is an Hindrance for Innovation**. Proceedings Eighth Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Brighton, July 2000. Disponível em: <<http://www.leanconstruction.org>>. Acesso em: 15 mar. 2002.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **Pesquisa Social: teoria, método e criatividade**. 17. ed. Rio de Janeiro: Vozes, 2000. 79 p.

MESEGUER, Álvaro Garcia. **Controle e garantia da qualidade na Construção**. Tradução de Roberto José Falcão Bauer et al. São Paulo, Sinduscon-SP. 1991. 178 p.

MONDEN, Yasuhiro. **Sistemas de redução de custos: custo-alvo e custo kaizen**. Porto Alegre: Bookman, 1999. 268 p.

NETO, B. R. de M.; MARX, Taylor. **Ford, as forças produtivas em discussão**. 1. ed. São Paulo: Brasiliense, 1989. 131 p.

NOREEN, Eric; DEBRA, Smith; MACKEY, James T.. **A teoria das restrições e suas implicações na contabilidade gerencial: um relatório independente**. Tradução de Claudiney Fullmann. São Paulo: Educator, 1996. 184 p.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. 149 p.

PFEFFER, Jeffrey; SUTTON, Robert I.. A Armadilha da Conversa Inteligente. In___. **Aprendizagem Organizacional**. Tradução de Cássia Maria Nasser. Rio de Janeiro: Campus, 2001. cap. 2, p.27-47.

RAGO, L. M.; MOREIRA, E. F. P. **O que é Taylorismo**. 1. ed. São Paulo: Brasiliense, 1984. 105 p.

RIBEIRO, Lair. **O Sucesso Não Ocorre por Acaso: é simples mas não é fácil**. Rio de Janeiro: Objetiva. Suporte Internacional Promoções, Edição Revista e Ampliada. 127 p.

ROTHER, Mike; SHOOK, John, **Aprendendo a Enxergar**, tradução do original versão 1.2 de junho de 1999.

ROTHER, Mike; HARRIS, Rick. **Criando Fluxo Contínuo**, tradução do original versão 1.0 de janeiro de 2002 por Nilton Marchiori e Carlos Lobo.

RUSSOMANO, Victor Henrique. **PCP: Planejamento e Controle da Produção**. 6. ed. São Paulo: Pioneira, 2000. 320 p.

SANDRONI, Paulo. **Novíssimo Dicionário de Economia**. 7. ed. São Paulo: Best Seller, 2001.

SANTANA, Silvina; DIZ, Henrique. **Cultura e aprendizagem organizacional**. Revista portuguesa de Gestão. Editor: Instituto para o Desenvolvimento de Gestão Empresarial, 2002. Disponível em: <<http://www.indeg.org/rpg>>. Acesso em: 10 dez. 2002.

SANTOS, Aguinaldo et al. **Método de intervenção para a redução de perdas na construção civil**: manual de utilização. Porto Alegre, SEBRAE/RS, 2000.

SANTOS, A. R. dos. **Tipos de pesquisa**. Metodologia científica: a construção do conhecimento. 2. ed. Rio de Janeiro: DP&A Editora, 1999. 139 p.

SCHONBERGER, Richard J.. **Técnicas Industriais Japonesas**. 4. ed. Tradução de Oswaldo Chiquetto. São Paulo: Pioneira, 1992. 200 p.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. 291 p.

SHINGO, Shigeo. **Sistema de produção com estoque zero**: o sistema Shingo para melhorias contínuas. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996b. 379 p.

SILVA, Márcia Terra. **Gestão de Operações**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 1997. 592p., p.15- 30.

SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas S. A., 1997. 726 p.

SOUTO, Rodrigo Silveira. **Aplicação de Princípios e Conceitos do Sistema Toyota de Produção em uma Etapa Construtiva de uma Empresa de Construção Civil**. Porto Alegre, 2000. 208 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.

TUBINO, Dalvio Ferrari. **Sistemas de produção**: a produtividade no chão de fábrica. Porto Alegre: Bookman, 1999.

WOMACK, James; JONES, Daniel T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 10. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992. 350p.

WOMACK, James; JONES, Daniel T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**. 6. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998

VARGAS, N.; MENEZES, D. V. B. **Construindo o saber**: instrutor da função de pedreiro. São Paulo: Neolabor S/C Ltda., 1996. 139 p.

VIEIRA NETTO, Antônio. **Construção Civil e Produtividade**: ganhe pontos contra o desperdício. São Paulo: Pini, 1993.