

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Felipe de Quadros Pereira

**ANÁLISE DE RESTRIÇÕES NO PLANEJAMENTO E
CONTROLE DA PRODUÇÃO EM NÍVEL DE MÉDIO PRAZO
EM UMA EMPRESA CONSTRUTORA**

Porto Alegre
julho 2011

FELIPE DE QUADROS PEREIRA

**ANÁLISE DE RESTRIÇÕES NO PLANEJAMENTO E
CONTROLE DA PRODUÇÃO EM NÍVEL DE MÉDIO PRAZO
EM UMA EMPRESA CONTRUTORA**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Eduardo Luis Isatto

Porto Alegre
julho 2011

FELIPE DE QUADROS PEREIRA

**ANÁLISE DE RESTRIÇÕES NO PLANEJAMENTO E
CONTROLE DA PRODUÇÃO EM NÍVEL DE MÉDIO PRAZO
EM UMA EMPRESA CONSTRUTORA**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 18 de julho de 2011

Prof. Eduardo Luis Isatto
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Eduardo Luis Isatto (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Tarcisio Abreu Saurin (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Lucila Sommer
Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Aírto e Nilza, que sempre me apoiaram e especialmente durante o período do meu Curso de Graduação estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Isatto, pelo conhecimento transferido durante o transcorrer do trabalho.

Aos meus pais pelo amor, carinho e compreensão dedicados a mim.

Agradeço aos meus amigos pelos conselhos dados, por estarem sempre presentes nos momentos importantes da minha vida.

Sou grato também a todos os engenheiros com os quais trabalhei e pude aprender.

Agradeço as empresas em que trabalhei por abrirem as suas portas e propiciarem o meu crescimento profissional.

Aquele que não prevê as coisas longínquas expõe-se a
desgraças próximas.

Confúcio

RESUMO

PEREIRA, F. Q. **Análise de restrições no planejamento e controle da produção em nível de médio prazo em uma empresa construtora**. 2011. 67 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Diante das inúmeras transformações que acontecem ao longo dos anos em vários segmentos da indústria, a construção civil tem se mostrado um setor que carece de novas práticas relacionadas ao gerenciamento de empreendimentos. Muitos avanços foram obtidos em relação às boas práticas no processo de planejamento e controle da produção, porém a necessidade de planejar e controlar empreendimentos é importante até mesmo sob a ótica da gestão das empresas de construção. Essas atividades de gerenciamento da construção são essenciais para que se alcance objetivos que foram inicialmente estabelecidos. No âmbito do planejamento e controle da produção existem diversas perspectivas sob as quais os processos produtivos podem ser analisados. É importante que se analise corretamente o sistema de controle *Last Planner*TM, pois este instrumento é importante na segmentação do planejamento e controle em distintos níveis gerenciais garantindo assim máxima eficácia ao processo. Sendo assim, é importante que esse sistema seja implementado em todos os níveis de planejamento e que eles tenham total conexão entre si. Nesse contexto, o planejamento em nível de médio prazo é uma importante conexão do planejamento de curto prazo com o longo prazo. Dessa maneira, o trabalho tem por objetivo principal a proposição de diretrizes para a melhoria do processo de análise de restrições presente de médio prazo, de maneira que se evitem atrasos ou interrupções na produção. Para isso, foi realizado estudo de caso em uma empresa construtora com sede em Porto Alegre, com o intuito de se compreender melhor essa prática. Foram feitas entrevistas com profissionais responsáveis pelo processo, coletados dados em obra, analisados documentos referentes ao processo de planejamento e controle da produção no âmbito da empresa. Ao final, foram mostradas as diretrizes necessárias para que se evitem atrasos no âmbito do planejamento de curto prazo e também são sugeridas outras idéias para possíveis estudos futuros. Esse estudo mostra também como a análise de restrições pode ser essencial para que se tenha mais qualidade nos pacotes operacionais.

Palavras-chave: planejamento e controle da produção, médio prazo, análise de restrições.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: representação esquemática do delineamento da pesquisa	16
Figura 2: modelo de conversão.....	19
Figura 3: modelo de fluxo.....	20
Figura 4: modelo de transferência de inovação gerencial.....	22
Figura 5: dimensão horizontal do processo de planejamento.....	25
Figura 6: exemplo de uma WBS.....	26
Figura 7: representação hierárquica da dimensão vertical.....	29
Figura 8: níveis hierárquicos do sistema <i>last planner</i>	32
Figura 9: formação das atribuições de tarefas.....	33
Figura 10: <i>shielding production</i>	35
Figura 11: processo de <i>make-ready</i>	40
Figura 12: layout do empreendimento.....	44
Figura 13: perspectiva de um dos edifícios do empreendimento	44
Figura 14: planilha eletrônica de curto prazo da empresa.....	48
Figura 15: fluxograma antigo de planejamento da empresa.....	49
Figura 16: fluxograma atual de planejamento da empresa.....	50
Figura 17: planilha eletrônica do autor.....	51
Figura 18: distribuição das restrições ao longo das semanas de estudo.....	55
Figura 19: evolução IRR_T	56
Figura 20: comparação entre indicadores.....	57
Figura 21: lista dos motivos antigos pelos quais os planos não são realizados.....	58
Figura 22: lista atual de motivos pelos quais os planos não são realizados.....	59
Figura 23: representação das restrições.....	62
Figura 24: fluxograma de restrições mínimas.....	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: categorias de restrições	41
Quadro 2: quantidade de restrições removidas e totais de todos os indicadores.....	55

LISTA DE SIGLAS

CPM: *Critical Path Method* – Método do Caminho Crítico

IRR: Índice de remoção de restrições

JIT: *Just In Time*

PPC: Percentual de Pacotes Completos

TQC: Controle Total da Qualidade

WBS: *Work Breakdown Structure*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 MÉTODO DE PESQUISA	14
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	14
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	14
2.2.1 Objetivo Principal.....	14
2.2.2 Objetivo Secundário.....	14
2.3 PREMISSA.....	15
2.4 DELIMITAÇÕES.....	15
2.5 LIMITAÇÕES.....	15
2.6 DELINEAMENTO.....	15
3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO SEGUNDO A CONSTRUÇÃO ENXUTA	18
3.1 CONCEITOS BÁSICOS RELACIONADOS À <i>LEAN PRODUCTION</i>	18
3.1.1 Modelo de Conversão.....	18
3.1.2 Modelo de Fluxo	20
3.1.3 Processos e Operações.....	21
3.1.4 A <i>Lean Construction</i>	22
3.2 DEFINIÇÕES DE PLANEJAMENTO.....	23
3.3 DIMENSÕES DE PLANEJAMENTO.....	24
3.3.1 Dimensão Horizontal.....	24
3.3.2 Dimensão Vertical.....	28
4 SISTEMA <i>LAST PLANNER</i> DE CONTROLE DA PRODUÇÃO	30
4.1 COMPONENTES DO <i>LAST PLANNER</i>	30
4.1.1 Controle das unidades de produção.....	30
4.1.1 Controle dos fluxos de trabalho.....	31
4.2 NÍVEIS HIERÁRQUICOS DO <i>LAST PLANNER</i>	31
4.2.1 Planejamento de longo prazo.....	33
4.2.2 Planejamento de médio prazo.....	34
4.2.3 Planejamento de curto prazo.....	37
5 PROCESSO DE ANÁLISE DE RESTRIÇÕES	39
5.1 PROCESSO DE PREPARAÇÃO DAS TAREFAS.....	39
5.2 ANÁLISE SOBRE AS NECESSIDADES E BARREIRAS DO PROCESSO.....	40
6 ESTUDO DE CASO	43

6.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA.....	43
6.2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	43
6.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO NO ÂMBITO DA EMPRESA.....	45
6.3.1 Planejamento de Longo Prazo.....	45
6.3.2 Planejamento de Médio Prazo.....	45
6.3.3 Planejamento de Curto Prazo.....	46
6.4 ANÁLISE DE RESTRIÇÕES NO NÍVEL DE MÉDIO PRAZO NO ÂMBITO DA EMPRESA.....	48
6.5 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO.....	50
6.6 CLASSIFICAÇÃO DAS RESTRIÇÕES.....	52
6.7 RESULTADOS.....	54
6.8 DISCUÇÃO DOS RESULTADOS.....	59
7 DIRETRIZES PARA O PROCESSO DE ANÁLISE DE RESTRIÇÕES.....	61
7.1 INDICADOR IRR_{S1}	62
7.2 INDICADOR IRR_T	63
7.3 ROTINIZAÇÃO DA REMOÇÃO DE RESTRIÇÕES.....	63
7.4 DETALHAMENTO DAS RESTRIÇÕES.....	63
7.5 HORIZONTE DE PLANEJAMENTO.....	64
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
9 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	65
REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

Assim como em outros setores da indústria, o cenário da construção civil atualmente é caracterizado pelo seu alto grau de competição. A todo o momento, são lançados empreendimentos com prazos relativamente curtos e requisitos cada vez mais complexos. Todavia, ainda o subsetor de edificações é classificado como “[...] atrasado, com baixos índices de produtividade e elevados desperdícios de recursos [...]” (SAURIN; FORMOSO; 2006, p. 13). Diante dessa realidade, faz-se necessária a melhoria dos processos gerenciais. Nesse contexto, o setor de produção tem assumido papel cada vez mais importante no planejamento estratégico das empresas de construção civil (COELHO, 2003). Dessa forma, o setor de planejamento é de extrema importância na tomada de decisões relativas aos rumos que uma empresa de construção possa seguir.

Em função das dificuldades intrínsecas aos empreendimentos e das possíveis perdas que são geradas ao longo do processo, o planejamento e controle possuem diferentes níveis dimensões. Sob a vertical, eles podem ser classificados em distintos níveis gerenciais. Diferentemente desse tipo de dimensão apresentada anteriormente, a dimensão horizontal se refere ao planejamento e controle em função de várias etapas seqüenciadas ao longo do processo. O enfoque deste trabalho foi o planejamento no nível de médio prazo, pois além de serem analisados meios para que se garantam os objetivos estratégicos, são estudadas maneiras de se proteger o processo produtivo por meio da análise de restrições.

Nesse sentido, investigou-se a natureza dos processos produtivos, ou seja, estabeleceu-se um paralelo entre os dois modelos de produção existentes: o de fluxo e o de conversão. Analisaram-se também novos paradigmas originários do oriente que passaram a ser utilizados pelo ocidente incorporados pelo que se chama atualmente de *Lean Construction*. Dessa forma, a construção enxuta é uma ferramenta que pode ser implementada para o correto planejamento e controle da produção.

Existem diversos motivos para que os planos de produção não se realizem, como por exemplo, a variabilidade e incerteza que são inerentes ao processo construtivo (KOSKELA, 1992). Nesse contexto, a identificação e remoção de restrições no tempo adequado são meios

utilizados para proteger a produção das incertezas desse processo (BALLARD; HOWELL, 1988). Porém, uma parcela significativa dos atrasos na produção decorre de restrições que, mesmo tendo sido identificadas a tempo, deixam de ser removidas em prazo hábil para evitá-los.

A correta proteção da produção pela análise de restrições reduz a incerteza inerente ao processo. Isso, por sua vez, gera “[...] diminuição dos estoques, a possibilidade de melhores negociações [...] além de aumentar a confiabilidade e previsibilidade do cumprimento dos prazos de execução.” (COELHO, 2003, p. 36). Todavia, a questão de como identificar corretamente essas restrições a fim de que sejam obtidos resultados esperados torna-se extremamente importante. Desta forma, a motivação prática para a busca de resposta dessa e de outras perguntas e, por consequência, para o desenvolvimento desse trabalho, surge devido ao fato de o processo de planejamento em médio prazo ser abordado de maneiras distintas nas várias empresas de construção. Dentre essas, o trabalho analisou o comportamento desse processo em uma empresa de médio porte da cidade de Porto Alegre.

Este trabalho está dividido em oito capítulos, sendo o primeiro para sua introdução. No segundo é apresentado o método de pesquisa que foi adotado. No terceiro, inicia-se revisão bibliográfica com a natureza dos processos produtivos. Nesse capítulo também são definidos conceitos relacionados ao processo de planejamento e controle da produção. No capítulo 4 é apresentado o *Last Planner SystemTM*, bem como a relação entre seus componentes. O capítulo 5 apresenta o processo de análise de restrições no âmbito da pesquisa bibliográfica.

No sexto capítulo é apresentado o objeto de estudo, a empresa e o seu processo de planejamento e controle da produção, bem como as técnicas que ela utiliza em relação a essa prática. Esse capítulo também apresenta um histórico da empresa em relação ao processo de análise de restrições. Apresenta-se também, o empreendimento no qual foi realizado o estudo de caso foi, bem como os procedimentos adotados pelo autor para realização do trabalho e os resultados obtidos. No capítulo 7 são apresentadas algumas diretrizes em relação ao processo de identificação de restrições com base nos resultados obtidos no capítulo anterior. No capítulo 8 são feitas considerações finais sobre o trabalho. No nono capítulo foram propostas sugestões para estudos futuros.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo será apresentado o método de pesquisa do trabalho segundo os tópicos abaixo.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa deste trabalho é: como a análise de restrições aos pacotes de produção, no nível de médio prazo, pode ser melhorada de maneira que se evitem atrasos nos pacotes operacionais?

2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundários e são apresentados nos próximos itens.

2.2.1 Objetivo principal

O objetivo principal deste trabalho é a proposição de diretrizes para aprimorar o processo de análise de restrições aos pacotes de produção no nível de médio prazo, de maneira a se evitar atrasos nos pacotes operacionais.

2.2.2 Objetivo secundário

O objetivo secundário deste trabalho é a identificação das principais razões da não eliminação de restrições à produção em tempo hábil para evitar atrasos aos pacotes de trabalho no nível de curto prazo.

2.3 PREMISSA

O trabalho teve como premissa o fato de o planejamento e controle da produção ser um procedimento de elevada importância na gestão das empresas de construção.

2.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho apresentou as seguintes delimitações:

- a) investigação somente do processo de análise de restrições que ocorre no âmbito das reuniões planejamento de médio prazo;
- b) identificação de restrições aos pacotes de produção em nível de médio prazo;
- c) o trabalho teve como foco as obras residenciais nas quais é aplicado o sistema de planejamento e controle da produção baseado no sistema *Last Planner*® de controle.

2.5 LIMITAÇÕES

Foram limitações do trabalho:

- a) análise de restrições leva em conta apenas uma obra de uma empresa construtora de Porto Alegre;
- b) horizonte de tempo restrito, em número de meses, para estudo do planejamento de médio prazo;
- c) análise somente de uma fase do empreendimento da empresa construtora.

2.6 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado por meio das etapas a seguir que estão representadas na figura 1, e nos próximos parágrafos elas serão descritas:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) caracterização do processo de remoção das restrições no *last planner*;
 - levantamento de práticas;
 - identificação de problemas.

- c) estudo de caso;
- análise de restrições em obra;
 - identificação de boas práticas de planejamento;
 - coleta de documentos;
 - entrevistas;
- d) proposição de diretrizes.

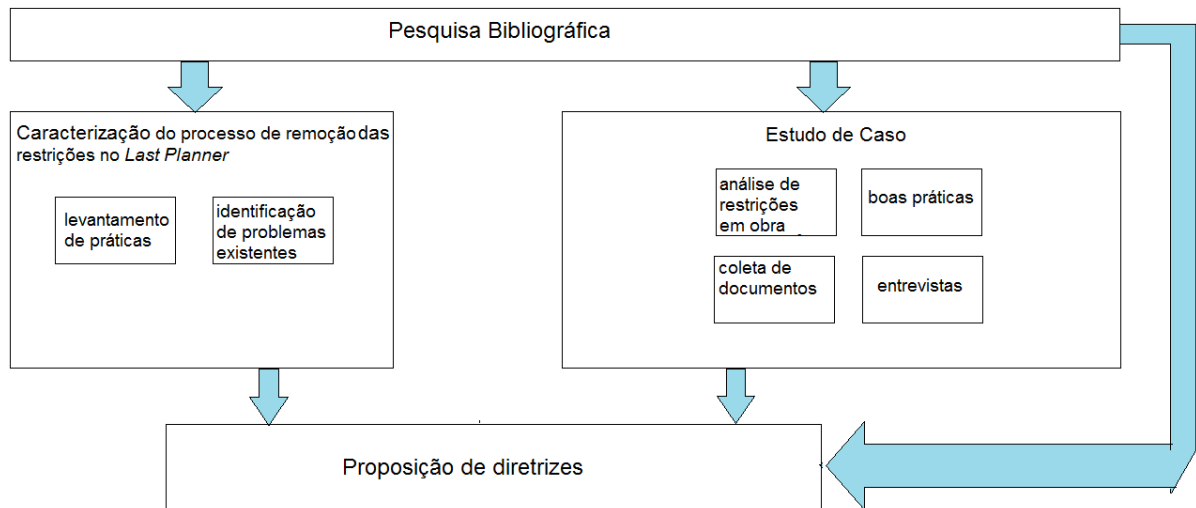


Figura 1: representação esquemática do delineamento da pesquisa

A pesquisa bibliográfica investigou tópicos relacionados ao planejamento e controle da produção no nível de médio prazo, com ênfase no processo de análise de restrições. Para a caracterização do processo de remoção das restrições no *Last Planner*TM foram levantadas as práticas e identificados os problemas existentes no âmbito da pesquisa bibliográfica feita.

Para elaboração deste trabalho foi escolhida a estratégia de pesquisa de estudo de caso único, no qual objeto de apreciação foi a execução de um empreendimento residencial que utilizou a ferramenta de controle *Last Planner*TM e a unidade de pesquisa foi processo de análise de restrições feito no planejamento em nível de médio prazo. Para a coleta de dados desse estudo de caso foram utilizadas múltiplas fontes de evidência tais como:

- a) documentos: foram utilizados os planos de curto e médio prazo, bem como o manual de procedimentos da empresa e também as planilhas de controle dos indicadores relacionados ao planejamento de curto prazo;
- b) entrevistas: foram realizadas entrevistas de caráter informal com o engenheiro residente da obra e com engenheiro diretor de produção da empresa;

- c) observação participante: o autor do trabalho participou do trabalho como observador participante, ou seja, interferiu na maneira como o processo foi desenvolvido.

Durante o estudo de caso foram identificadas também as boas práticas da construtora em relação ao processo de planejamento e controle da produção. Ao final da redação do trabalho foram propostas diretrizes para se aprimorar o processo de análise de restrições.

3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO SEGUNDO A CONSTRUÇÃO ENXUTA

Neste capítulo serão abordados conceitos, técnicas e ferramentas oriundas da teoria sobre construção enxuta, bem como uma discussão sobre definições de planejamento. Serão abordados também, os diferentes níveis hierárquicos sob diferentes perspectivas.

3.1 CONCEITOS BÁSICOS RELACIONADOS À *LEAN PRODUCTION*

Para que se entenda o processo de planejamento e controle da produção, é necessário entender a origem dos processos produtivos. A produção possui dois componentes básicos, os quais são os processos e as operações (Shingo, 1996). Nos próximos itens serão discutidos conceitos relacionados tanto aos processos quanto as operações, estabelecendo-se assim comparações entre eles. Em relação aos processos produtivos, existem uma série de medidas as quais podem ser levadas da produção enxuta para a construção enxuta. Basicamente, segundo Koskela (1992) existem dois modelos produção que podem ser aplicados à construção civil: o de conversão e o de fluxo de processos. Esses modelos serão descritos a seguir.

3.1.1 Modelo de Conversão

Koskela (1992, p. 12) afirma que o modelo predominante dos processos de produção na construção civil é o de conversão. Ainda segundo esse mesmo autor, nesse modelo (figura 2) o processo de produção é analisado apenas como um modelo que transforma variáveis de entrada (*inputs*) em produtos de saída (*outputs*). No entanto, os seguintes aspectos devem ser levados em consideração sobre esse modelo (KOSKELA, 1992):

- a) o processo de conversão pode ser dividido em vários subprocessos, que são também processos de conversão;

- b) o custo total do processo pode ser minimizado por meio da diminuição dos custos de cada subprocesso;
- c) o valor do *output* de um processo é relacionado com os custos dos seus *inputs* associados.

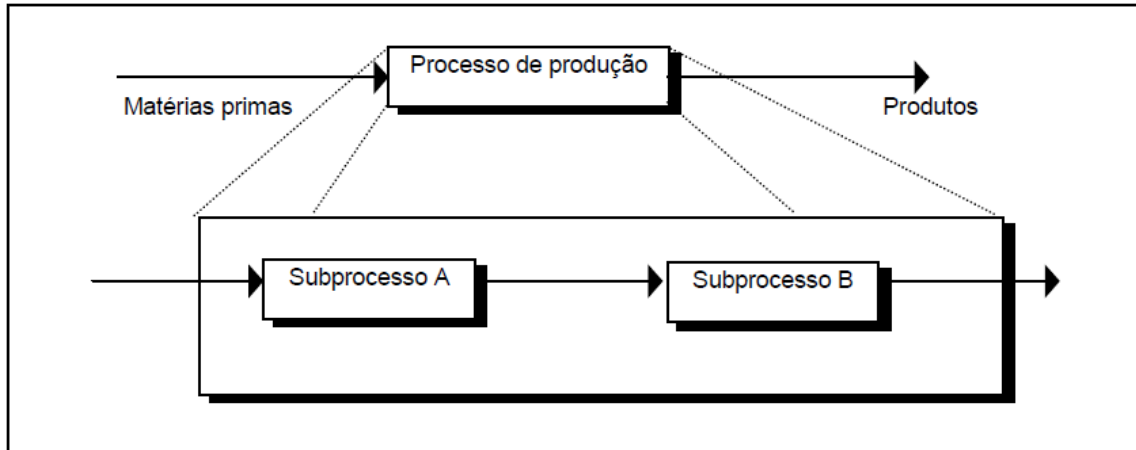


Figura 2: modelo de conversão (KOSKELA, 1992)

No entanto existem muitas falhas em relação a esse modelo. Devido ao fato de apenas focar atividades de conversão, esse modelo não considera os fluxos físicos de materiais durante esses processos (KOSKELA, 1992). Esse mesmo autor enfatiza que esses fluxos físicos consistem em atividades de transporte, espera e inspeção. Nesse contexto, esse modelo leva a dois tipos de interpretações: a primeira consiste no fato de que as atividades que não agregam valor são excluídas e, a segunda, de que todas as atividades são atividades de conversão e, portanto, são consideradas como agregadoras de valor.

Dessa maneira, ambas as interpretações apresentadas para esse modelo são equivocadas, uma vez que apenas minimizando o custo de cada subprocesso tem-se uma tendência a desconsiderar o impacto que o mesmo causa na eficiência de outro subprocesso (KOSKELA, 1992). Tem-se também a impressão errônea de que a melhoria de desempenho está apenas vinculada ao emprego de novas tecnologias. Outro erro nesse modelo consiste no fato de que quando apenas se foca a melhoria dos processos de conversão, não só se negligencia, mas também se despreza a eficiência global dos fluxos de atividades (KOSKELA, 1992).

3.1.2 Modelo de fluxo

Em contraponto ao modelo mostrado anteriormente, surge a partir dos anos 50 no Japão o modelo de fluxo, que é mais completo justamente por considerar a produção como um fluxo de materiais ou informações de uma matéria para que se obtenha um produto finalizado (KOSKELA, 1992). Esse modelo está inserido numa nova filosofia da produção, que é comumente chamada de *Lean Production*. Nessa nova filosofia estão inseridos conceitos baseados nas idéias do *Just in Time* (JIT) e no Controle Total da Qualidade (TQC).

A idéia central do JIT consiste na abordagem da redução ou até mesmo da eliminação de estoques, também chamados de trabalho em progresso. Nesse contexto, surgem outras técnicas associadas a esse conceito da redução de estoques, como, por exemplo: diminuição do tamanho dos lotes, reconfiguração de *layout*, coordenação dos fornecedores e redução do tempo de ciclo (KOSKELA, 1992, p. 6). Esse mesmo autor afirma que o TQC possui uma mudança de foco da inspeção orientada ao longo do processo de controle para uma melhoria contínua de processo. Dessa forma, introduz uma concepção de qualidade ao desenvolvimento de processo e de produto.

Nesse modelo de fluxo, os materiais passam pelas seguintes etapas: transporte, espera, processamento, inspeção, conforme figura 3 (KOSKELA, 1992, p. 15).

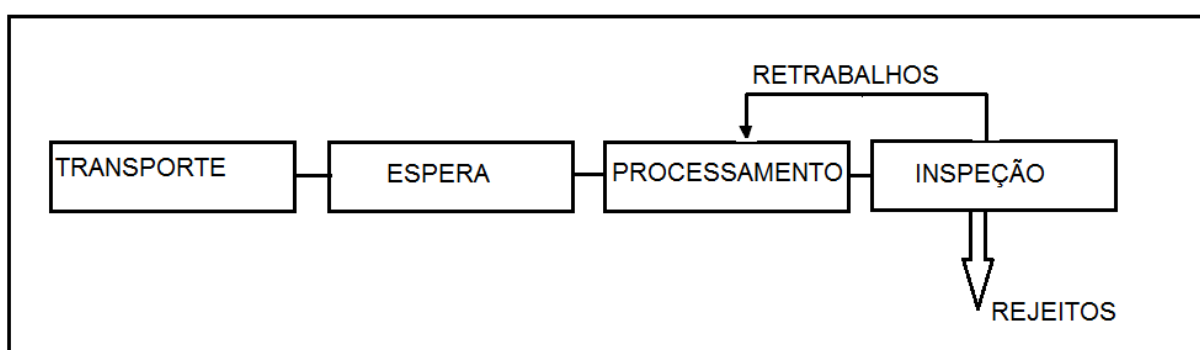


Figura 3: modelo de fluxo (KOSKELA, 1992)

Koskela (1992, p. 15) afirma que a geração de valor está diretamente associada ao preenchimento dos requisitos necessários dos clientes dos processos. Ou seja, nesse sentido, devem-se evitar ao máximo os retrabalhos e rejeitos nos processos produtivos. Na maioria dos casos, apenas as atividades de processamento são consideradas geradoras de valor.

3.1.3 Processos e Operações

Visto o conceito de Shingo (1996) sobre produção e também os conceitos de Koskela (1992) relacionados a ela, é importante que sejam analisados alguns pontos em relação aos processos e operações. Dessa forma, Shingo (1996, p. 37) faz a seguinte definição sobre processos e operações:

Um processo é visualizado como fluxo de materiais no tempo e no espaço; é a transformação da matéria-prima em componente semi-acabado e daí a produto acabado. Por seu turno, as operações podem ser visualizadas como o trabalho realizado para efetivar essa transformação – a interação do fluxo de equipamento e operadores e operadores no tempo e no espaço.

Nesse contexto, Isatto e Formoso (1998, p. [6]) fazem importante interpretação sobre o modelo de Koskela (1992), afirmando que:

O modelo proposto por Koskela pouco ou nada atenta para a dimensão das operações. No entanto, [...] sob a dimensão do processo – Koskela é extremamente claro quando enfatiza que as melhorias não devem ocorrer apenas no âmbito das conversões [...] mas também privilegiar “atividades de fluxo”, ou seja, transporte, inspeção e armazenamento (ou espera).

Sobre o modelo de Shingo (1996), Isatto e Formoso (1998, p. [6], grifo nosso) afirmam que este “[...] defende uma clara precedência das melhorias dos processos sobre as operações.”. Dessa forma, esses mesmos autores concluem:

[...] as visões de Koskela e Shingo completam-se mutuamente: enquanto Shingo identifica a prioridade da melhoria dos processos sobre as melhorias das operações, [...] Koskela propõe um balanceamento entre as melhorias nas atividades de fluxo com as atividades de conversão, **com uma ênfase claramente voltada ao processo em detrimento da operação** [...]

Nesse sentido, é importante a caracterização do conceito de perda. Segundo Shingo (1996, p. 110), “A perda é qualquer atividade que não contribui para as operações, tais como espera, acumulação de peças semiprocessadas, recarregamentos, passagem de materiais de mão em mão, etc.”. Porém Isatto e Formoso (1998, p [7]) agregam a dimensão dos processos no conceito de perda afirmando que “[...] torna-se necessário desenvolver uma tipologia que, juntamente com os princípios da nova filosofia de produção, permita revelar a causa existente por detrás das perdas nos processos e operações, sem o que não é possível combatê-las.”.

3.1.4 A *Lean Construction*

Existe uma grande diferença não só em distância, mas também em comportamento cultural e sociológico do Japão para o ocidente. Dessa forma, a simples adaptação de conceitos originários do Japão se torna bastante complicada. Nesse sentido, Lillrank (1995) faz uma analogia sobre a transferência do modelo gerencial utilizando conceitos da transmissão de energia elétrica (figura 4).

Para se transferir energia elétrica a longas distancias deve-se primeiramente elevar a tensão a um nível maior de maneira que se evitem perdas na linha de transmissão. Por sua vez, a unidade receptora dessa energia necessita que a voltagem seja novamente ajustada para que a energia elétrica esteja em um nível em que possa ser utilizada (Lillrank, 1995). Dessa forma, o autor afirma que a transmissão de inovações gerenciais originarias do oriente deve passar por duas etapas:

- a) abstração, que é proporcional a complexidade da inovação a ser transferida e as diferenças culturais existentes entre o Japão e o ocidente;
- b) aplicação, que consiste numa interpretação do modelo e adaptação as condições locais existentes.

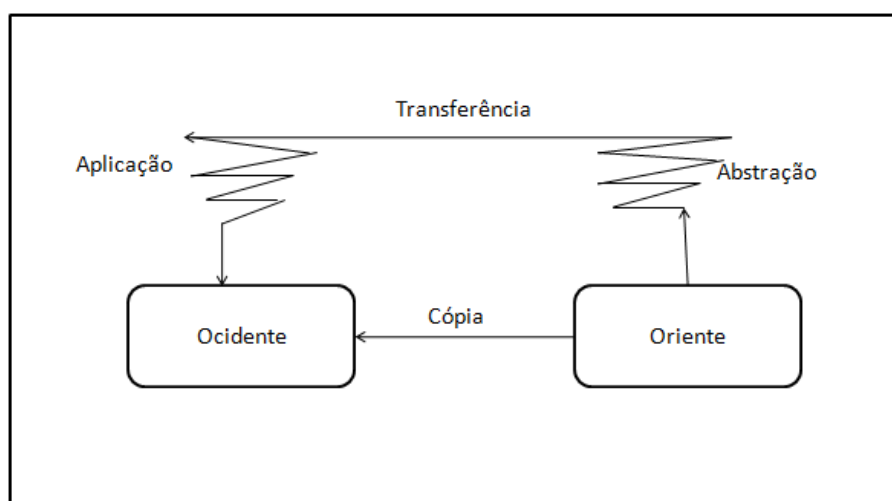


Figura 4: modelo de transferência de inovação gerencial (adaptado de Lillrank, 1995)

Em seu trabalho de 1992, Koskela aplicou os conceitos dessa nova filosofia à construção, caracterizando assim o que se conhece atualmente por *Lean Construction*. Portanto, a partir desse novo referencial teórico apresentado pela *Lean Construction*, existem uma série de

princípios em relação aos processos produtivos que podem ser implementados pela construção (KOSKELA, 1992):

- a) redução da parcela de atividades que não agregam valor;
- b) aumento do valor do produto por meio das considerações dos requisitos dos clientes;
- c) redução da variabilidade;
- d) redução do tempo de ciclo;
- e) simplificação do número de etapas;
- f) aumento da flexibilidade do produto;
- g) aumento da transparência do processo;
- h) foco no controle ao longo de todo o processo;
- i) melhoria contínua ao longo do processo;
- j) equilíbrio entre a melhoria de fluxo e a melhoria na conversão;
- k) criação de benchmark.

3.2 DEFINIÇÕES DE PLANEJAMENTO

Existem muitas definições de planejamento na literatura. Para Laufer e Tucker (1987, p. 244) o planejamento deve responder as seguintes questões:

- a) o que deve ser feito?
- b) como as atividades devem ser feitas?
- c) quem deve executar cada atividade e com que meios deve executá-la?
- d) quando as atividades devem ser executadas?

As respostas para essas perguntas relacionam-se com as atividades a serem executadas, com os métodos pelos quais elas serão executadas, com os recursos disponíveis e com sequenciamento e ritmo das atividades (LAUFER; TUCKER, 1987).

Segundo Ackoff (1976, p. 1-2) o planejamento é “[...] a definição de um futuro desejado e de meios eficazes para alcançá-lo.”. Esse mesmo autor ainda enfatiza que o planejamento é um “[...] processo de tomada de decisões [...]”, porém ele faz uma distinção entre processos decisórios e planejamento. Para Ackoff (1976, p. 2-3) três características básicas são intrínsecas ao planejamento:

- a) planejamento é algo que fazemos antes de agir; isto é, tomada antecipada de decisão.
- b) planejamento é necessário quando a consecução do estado futuro que desejamos envolve um conjunto de decisões interdependentes; isto é, um sistema de decisões.
- c) [...] o planejamento, portanto, se preocupa tanto em evitar ações incorretas quanto em reduzir a frequência dos fracassos ao se explorar oportunidades.

Porém, a definição que mais se adapta ao assunto deste estudo é a de Formoso (1991) na qual ele define planejamento como um processo de proposição de metas e estabelecimento de procedimentos para alcançá-las, sendo efetivo se atuar em conjunto com o processo de controle na execução das atividades. A seguir, serão apresentadas a dimensão horizontal e vertical do processo de planejamento bem como os fatores que atuam em cada uma delas.

3.3 DIMENSÕES DE PLANEJAMENTO

Devido a sua complexidade e também ao grande número de pessoas envolvidas (FORMOSO, 1991), o processo de planejamento e controle da produção pode ser analisado de duas maneiras distintas. Nos próximos itens serão mostradas essas duas dimensões de planejamento.

3.3.1 Dimensão Horizontal

Para Laufer e Tucker (1987, p. 252), o processo de planejamento, sob uma perspectiva horizontal, é dividido em cinco fases que são:

- a) planejamento do processo;
- b) coleta de informações;
- c) preparação dos planos;
- d) difusão da informação;
- e) avaliação do processo.

A primeira e a última etapas (figura 4) são realizadas de maneira intermitente, ou seja, a frequência com a qual se realizam é pequena. Para Bernardes (2001, p. 18), essas etapas são realizadas no “[...] lançamento de novos empreendimentos, término da construção ou de

alguma etapa importante da obra.”. Por outro lado, as outras etapas intermediárias são contínuas, ou seja, são realizadas de maneira mais frequente em conjunto com as ações, abrangendo assim todas as etapas da produção. A figura 5 mostra esse ciclo.

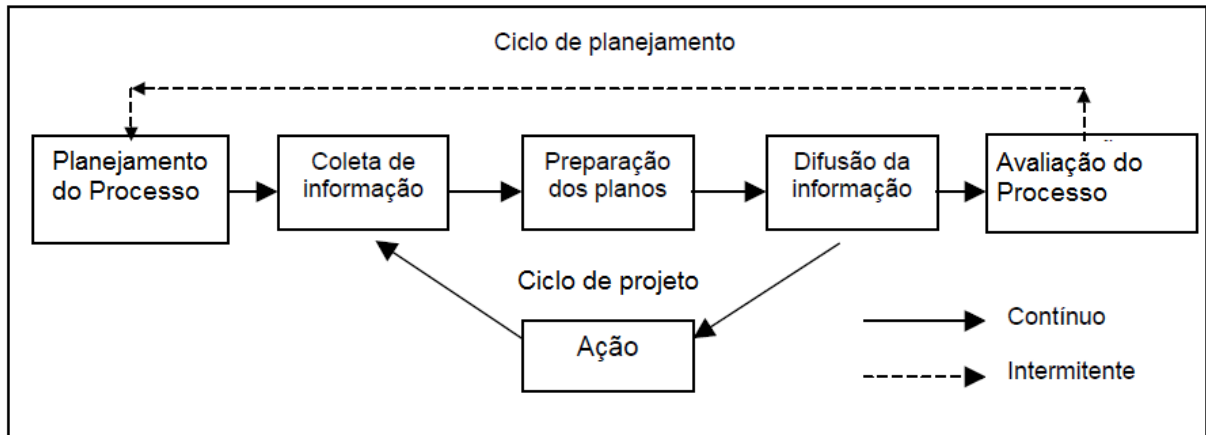


Figura 5: dimensão horizontal do processo de planejamento (LAUFER; TUCKER, 1987)

Na etapa de planejamento do processo são definidos os esforços e durações de cada estágio do planejamento, as frequências de atualização, os horizontes e níveis de detalhamento e o grau de centralização do planejamento e do controle (LAUFER; TUCKER, 1987, p. 254).

Bernardes (2001, p. 21) salienta a importância da formação da *Work Breakdown Structure* (WBS) nessa etapa do planejamento devido a “[...] importância do estabelecimento do vínculo das metas da produção com o local de trabalho do operário.”. Ballard (2000, p. 2-10) afirma que o objetivo principal da WBS é dividir as atividades a serem executadas em partes vinculadas a essa atividade principal de maneira que se possa garantir o controle e monitoramento dessas partes vinculadas. Atualmente, softwares como *MS Project* possuem mecanismo de formação das WBS. A figura 6 apresenta um exemplo de uma WBS.

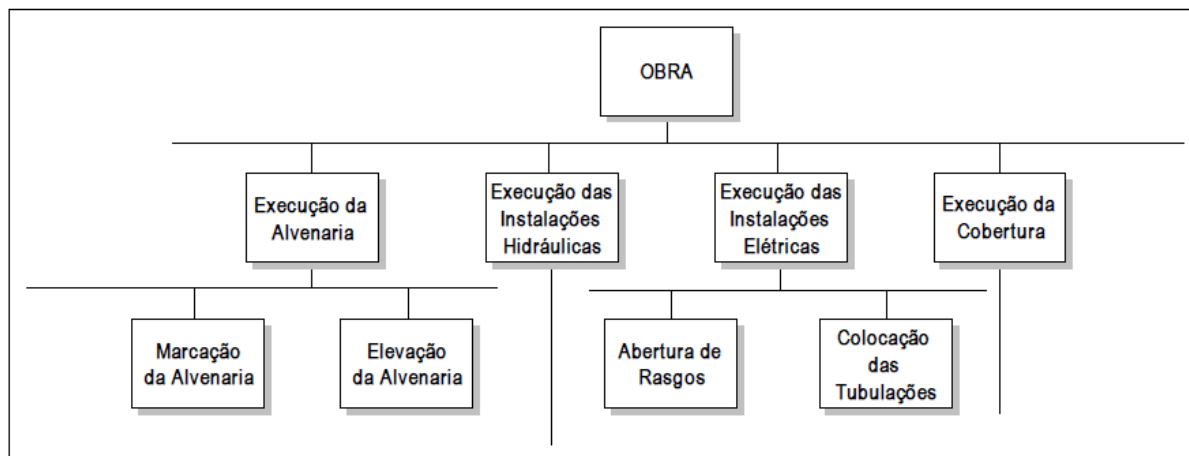


Figura 6: exemplo de uma WBS (BERNARDES, 2001, p. 21)

Na etapa de coleta de informações, Laufer e Tucker (1987) afirmam que são necessários documentos como: contratos, especificações técnicas, projetos. Outras informações como condições do local, tipo de tecnologia a ser usada, entre outras são importantes que sejam obtidas nessa etapa. Ainda segundo esses autores, na fase de construção, o processo de coletar informações continua, porém com ênfase maior nos recursos consumidos e nos objetivos alcançados.

Na etapa de preparação dos planos, as decisões são tomadas com base nos dados coletados na etapa anterior, de modo que a informação difundida na quarta etapa atenda aos requisitos necessários dos usuários do processo (LAUFER; TUCKER, 1987, p. 254). Segundo Bernardes (2001, p. 22), a preparação dos planos “[...] recebe maior atenção dos responsáveis pelo planejamento em empresas de construção [...]”.

Uma técnica bastante conhecida que é utilizada na preparação dos planos é a CPM (*Critical Path Method* – método do caminho crítico), porém Bernardes (2001, p. 22) afirma que “[...] mesmo com a utilização dessas técnicas [...], a sua eficácia tem se mostrado bastante limitada.”. Nesse contexto, Laufer e Tucker (1987) afirmam que a técnica CPM tem na sua concepção a dificuldade de se assegurar a continuidade das operações no canteiro, pois é uma técnica que se refere a restrições tecnológicas ao invés de restrições de recursos.

Não obstante, na falta de métodos melhores, as técnicas do CPM não devem ser excluídas. Dessa maneira, o seu uso contínuo, apesar de suas limitações, pode servir como um incentivo para melhoria da coleta e difusão das informações (LAUFER; TUCKER, 1987). Outra técnica

bastante conhecida na preparação dos planos é a Linha de Balanço, segundo Bernardes (2001, p. 24):

[...] a Linha de Balanço [é] destinada a empreendimentos com características repetitivas, como prédios altos ou conjuntos habitacionais, por exemplo. Esta técnica esta mais diretamente relacionada aos conceitos da *Lean Construction*, visto que a mesma procura explicitar os ritmos de produção e os fluxos de trabalho, conferindo, assim, uma maior visibilidade ao processo produtivo.

Laufer e Tucker (1987) afirmam que é usado na prática como pressuposto na difusão de informação o fato de o planejador elaborar o planejamento e o gerente implementá-lo uma única vez. Esses mesmos autores afirmam que o processo de difusão da informação é feito de acordo com os procedimentos padronizados das empresas de construção.

O uso extensivo de pacotes computacionais para difundir informação pode gerar exagerado volume de detalhes, o que traz problemas na revisão (LAUFER; TUCKER, 1987). Esses mesmos autores ainda enfatizam que geralmente, o formato da difusão da informação é elaborado na forma de manuscritos, planilhas computacionais, símbolos gráficos e tabelas.

Durante a fase da ação, a implementação do empreendimento, o seu progresso é monitorado e os seus resultados são usados para atualizar os planos e preparar relatórios sobre o desempenho corrente do empreendimento (FORMOSO, 1991, p. 22). Se o planejamento estabelece metas e os meios pelos quais elas serão alcançadas, o controle é o processo que garante que as ações estão no curso certo rumo ao alcance dos objetivos (LAUFER; TUCKER, 1987). Esses mesmos autores afirmam que o controle é necessário para que se evitem três tipos de riscos:

- a) conceitual – resultado de uma formulação imperfeita de um problema, assim como o uso incorreto de algum modelo, uso de pressupostos errados e escolhendo-se critérios errados de decisão;
- b) administrativo – resultado de uma falha da administração ao implementar a solução de algum problema;
- c) ambiental – resultado de uma mudança ambiental não prevista, podendo ocasionar desvios até mesmo em planos bem formulados.

A formulação incorreta de um problema geralmente leva a uma tomada de decisão errada no planejamento. Em nível de médio prazo, a formulação equivocada de uma restrição pode trazer alguns problemas ao nível de curto prazo. Nesse sentido Codinhoto et al (2003)

propuseram definições básicas tanto em relação as restrições quanto em relação ao seu monitoramento. Essa diretrizes são mostradas nos próximos capítulos.

Para Bernardes (2001, p. 26), “Através da atenção nesses riscos, o responsável pelo planejamento de uma empresa construtora pode eliminar a incerteza ou minimizar seus efeitos nocivos.”.

Finalmente, o processo todo é periodicamente avaliado e os resultados são tomados como base para melhorias de todo o processo em futuros empreendimentos (FORMOSO, 1991). Nesse contexto, segundo Bernardes (2001, p. 26):

A utilização de indicadores globais, como, por exemplo, a relação entre os custos orçados e os custos reais, acompanhados através de relatórios de controle operacionais, pode ajudar na análise desta fase. Entretanto, é importante que as ações identificadas como soluções para a correção dos desvios existentes nos planos sejam, de fato, implementadas.

3.3.2 Dimensão Vertical

Nesse tipo de dimensão, o processo de planejamento e controle é analisado por meio de uma divisão, que muitos autores fazem, em níveis hierárquicos. Na maioria dos projetos de médias a grandes durações, o gerenciamento da construção geralmente é realizado por um grande de pessoas, cada uma resolvendo diferentes problemas com distintos graus de detalhamento (FORMOSO, 1991). Esse mesmo autor ainda enfatiza que cada nível de planejamento exige que se tenham graus de detalhamento que sejam convenientes.

Dessa maneira, por exemplo, se o plano de longo prazo contém elevado grau de detalhamento, é necessário muito tempo para que se possa atualizá-lo, nesse caso, torna-o ineficiente para decisões que necessitam ser tomadas num curto tempo (FORMOSO, 1991). Por outro lado, planos com pouco grau de detalhamento são ineficientes quando as ações necessitam ser realizadas num horizonte curto de tempo.

Laufer e Tucker (1987, p. 245) dividiram os níveis hierárquicos de gerenciamento em três partes: alta, média e baixa gerencia. A alta gerencia está envolvida nos objetivos do empreendimento, como por exemplo, custos, duração total. Por sua vez, a média gerencia está

envolvida na aquisição de meios (recursos) para que as atividades sejam concluídas. Já a baixa gerencia auxilia a média, propondo soluções para os problemas de projeto (figura 7).

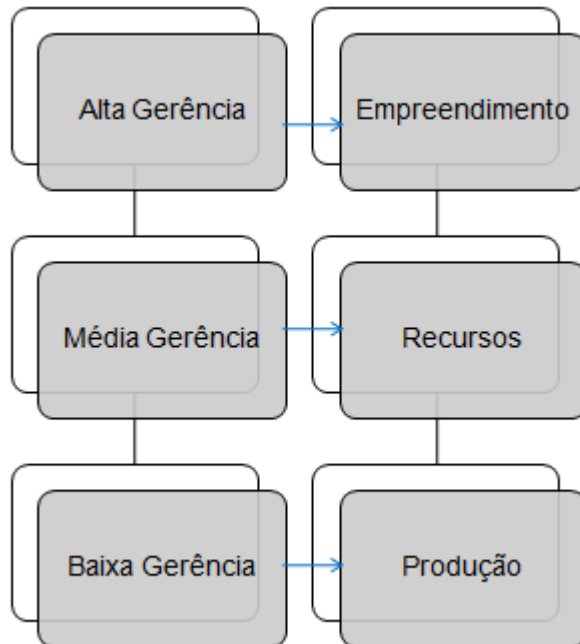


Figura 7: representação hierárquica da dimensão vertical

4 SISTEMA *LAST PLANNER* DE CONTROLE DA PRODUÇÃO

Neste capítulo são discutidos os distintos níveis hierárquicos do *Last Planner*TM, bem como suas principais funções, técnicas e componentes associados a esse sistema de controle da produção.

4.1 COMPONENTES DO *LAST PLANNER*

Existem dois componentes básicos no sistema de controle *Last Planner*TM, os quais são: o controle das unidades de produção e controle dos fluxos de trabalho. Esses dois componentes serão discutidos no próximos tópicos.

4.1.1 Controle das unidades de produção

Unidades de produção são grupos de trabalhadores direcionados a fazerem, ou dividirem, as mesmas responsabilidades para trabalhos similares, desenvolvendo mesmas habilidades e técnicas (BALLARD, 2000). Sendo assim, esse conceito relaciona-se com as dimensões das operações propostas por Shingo (1996) nos capítulos iniciais. Ballard (2000) ainda afirma que a função básica desse componente de controle das unidades de produção é a de proporcionar melhores atribuições de tarefas para gerenciar a produção por meio das ações corretivas e da aprendizagem contínua. A qualidade das tarefas está diretamente vinculada à melhor qualidade na elaboração dos planos (BALLARD; HOWELL, 1988).

Dessa forma, existem algumas características que são importantes para que se tenha uma boa qualidade na elaboração dos pacotes de trabalho (tarefas) (BALLARD, 2000):

- a) boa definição das tarefas;
- b) seleção de uma seqüência certa de trabalho;
- c) seleção da quantidade certa de trabalho;
- d) análise dos trabalhos possíveis de serem concluídos.

Ballard e Howell (1988) ainda introduzem mais uma característica que é a da aprendizagem, ou seja, essa característica se relaciona com o monitoramento das atividades que não foram realizadas e a posterior identificação das causas raízes para a não realização das mesmas. Nesse sentido, Ballard (2000) assegura que é necessário que sejam inspecionadas atividades programadas no processo de planejamento e que seja avaliada a eficiência dos planos originados desse processo. Essa inspeção, segundo esse autor deve ser feita de maneira contínua, com ciclos bem definidos, para que se tenham dados confiáveis e para que se tenham dados para a tomada de ações corretivas nas eventuais falhas do processo. Dessa forma, esse tipo de controle é bastante aplicável ao planejamento de curto prazo.

4.1.2 Controle do fluxo de trabalho

Para Ballard (2000) o objetivo básico desse componente é que o trabalho flua proativamente entre as equipes de produção de maneira de que as atividades tenham uma sequência e um andamento lógico. Nesse sentido, esse conceito relaciona-se com a dimensão dos processos definida por Shingo (1996) nos capítulos iniciais. Enfim, para que isso aconteça é necessária também uma coordenação nos fluxos de projetos, suprimentos e instalações das unidades de produção (BALLARD, 2000).

Hierarquicamente, o controle de fluxo dos trabalhos está inserido no processo de planejamento de médio prazo (*lookahead planning*). Nesse nível de planejamento, são analisadas restrições aos pacotes de trabalho que podem ser inseridos no curto prazo. O subprocesso de análise de restrições será mais detalhado nos próximos capítulos.

4.2 NIVEIS HIERÁRQUICOS DO *LAST PLANNER*

Como discutido anteriormente, o processo de planejamento aborda diferentes objetivos em diferentes níveis hierárquicos. Porém, deve-se salientar que os objetivos gerais do empreendimento e as suas respectivas restrições governam todo o processo de planejamento. Ballard (2000) afirma que esses objetivos são dirigidos por meio da remoção de suas restrições até os níveis mais baixos da estrutura hierárquica de planejamento e estas restrições,

por sua vez, especificam meios para que se atinjam esses objetivos. Esse mesmo autor complementa que por último, uma pessoa (ou um grupo) decide o fluxo físico das atividades que serão exercidas num horizonte de tempo curto. Essa pessoa (ou grupo de pessoas) que é a última a tomar decisão é chamada de *Last Planner*TM (BALLARD; 1994). A figura 8 apresenta essa divisão dos níveis hierárquicos e as suas principais funções.

Dessa maneira, o *Last Planner*TM integra diferentes níveis organizacionais por meio das tarefas, ou seja, por meio de compromissos que são estabelecidos ao longo dos diversos níveis hierárquicos de planejamento.

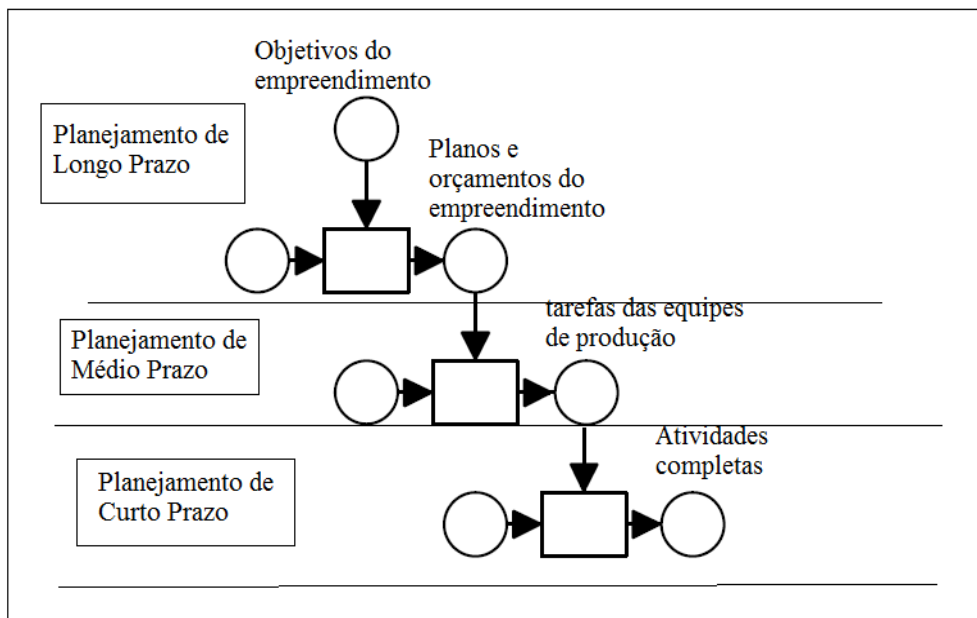


Figura 8: níveis hierárquicos do sistema *Last Planner*TM (BALLARD, 1994)

Considera-se que as atividades que são produzidas como o resultado de um processo de planejamento que melhor combina com o que **será** e com o que **deveria** ser produzido, dentro das restrições do que **pode** ser feito (BALLARD, 2000, p. 3-1, grifo nosso). A figura 9 mostra esse esquema.

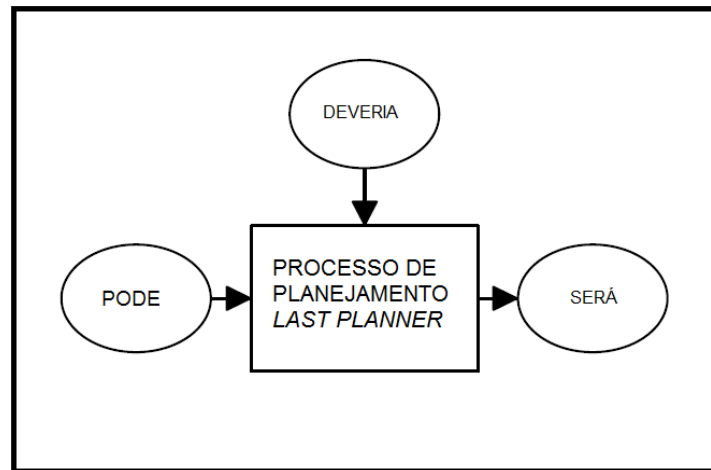


Figura 9: formação das atribuições de tarefas (BALLARD, 2000)

Entretanto, às vezes esse processo é analisado como se não existisse diferença entre as palavras **deveria** e **pode** (BALLARD, 2000). Esse mesmo autor afirma que muitos gerentes consideram apenas o fato de manter as suas equipes motivadas para exercerem seus trabalhos, porém eles acabam se esquecendo de que é necessário que se disponibilize recursos para que as atividades sejam concluídas de maneira eficiente. Nesse sentido, Ballard (2000) vai mais além e afirma que se faz importante a mudança de foco no controle dos trabalhadores para o foco no controle de fluxo que permita o controle proativo de atividades. A seguir serão apresentados os níveis hierárquicos de planejamento estabelecidos no sistema *Last PlannerTM*.

4.2.1 Planejamento de Longo Prazo

Para Codinhoto et al (2003) nesse nível de planejamento são tomadas as primeiras decisões em relação aos objetivos gerais do empreendimento. Ainda segundo esses mesmos autores devido ao baixo grau de detalhamento das tarefas, são explicitados somente os planos de ataque a obra e as durações das atividades importantes.

Nesse sentido, Coelho (2003, p. 43) afirma que:

[...] o Planejamento de Longo Prazo tem como função principal definir os objetivos estratégicos/táticos da obra. Decisões relativas a datas de conclusão de grandes etapas, contratos e estimativas de fluxo de caixa compõem o escopo de execução deste nível de planejamento.

Hamzeh et al. (2008, p. 637) destacam que nessa fase as atividades estão mais relacionadas aos documentos contratuais. Esses mesmo autores ainda destacam que o plano mestre descreve todo o trabalho a ser realizado por meio de metas gerais e deve ser executado pela alta gerência do empreendimento, com a participação dos encarregados pela gerência financeira e pela gerencia de produção do empreendimento.

Porém, Bernardes (2001, p. 130) conclui que:

Em geral, em empresas de construção de médio e pequeno porte, o engenheiro responsável pela obra se encarrega pelo nível de planejamento de longo prazo. Nesse caso, nas empresas que dispõem de pacotes computacionais para o planejamento, o engenheiro pode utilizá-los, inclusive, no suporte a etapa de elaboração do plano. Nas empresas de grande porte, normalmente para o desenvolvimento deste nível de planejamento o engenheiro de obra recebe auxílio de um profissional especializado na área de planejamento, que pode ser um funcionário contratado ou prestador de serviços.

4.2.2 Planejamento de Médio Prazo

O planejamento de médio prazo desempenha um papel complementar ao longo prazo, pois possui um grau de detalhamento das tarefas um pouco mais elevado e as restrições são atribuídas a atividades constantes nesse nível (HAMZEH ET AL. 2008). Dessa forma, segundo esses mesmo autores o médio prazo é a primeira etapa pela qual as tarefas devem passar antes de chegarem a produção. Nesse sentido, Ballard (2000) identificou algumas funções importantes desse nível de planejamento:

- a) forma uma sequência de fluxo de trabalho;
- b) combina fluxo de trabalho e capacidade;
- c) faz a transição das tarefas do plano mestre para os planos operacionais;
- d) desenvolve métodos para execução dos trabalhos;
- e) mantém um banco de tarefas reservas que podem ser inseridas no curto prazo;
- f) atualiza e revisa os cronogramas dos níveis mais elevados de planejamento.

Nesse nível de planejamento aplica-se a técnica da *shielding production* proposta por Ballard e Howell em 1988 (figura 10).

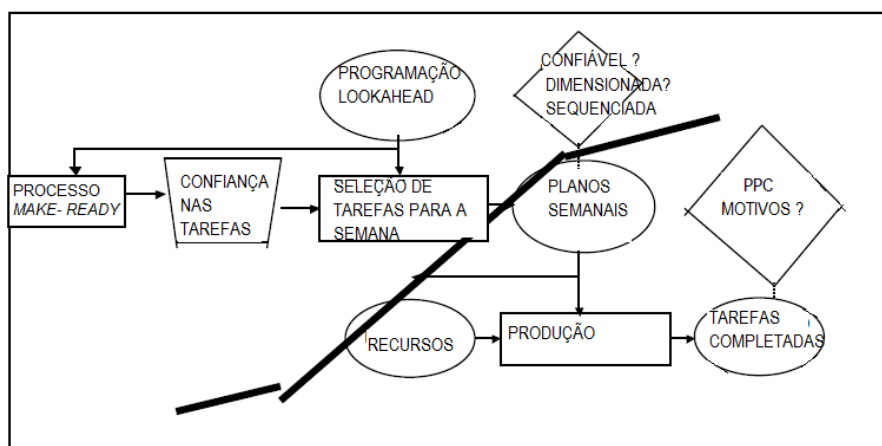


Figura 10: shielding production (BALLARD; HOWELL, 1988)

Para Ballard e Howell (1988), as seguintes diretrizes devem ser tomadas em relação aos processos da *shielding production*:

- identificação inicial das atividades programadas no médio prazo as quais são submetidas a um processo de *make ready*¹ o qual combina recursos com oportunidades de maneira que a produção possa ser máxima;
- após esse primeiro passo, tem-se então a criação de *buffers*² de tarefas confiáveis, a partir dos quais as tarefas são selecionadas em diferentes períodos;
- dessa forma, tem-se algo que se assemelha a um plano de comprometimento³, que geralmente é semanal. Esses planos semanais devem ser verificados de maneira que possuam **solidez, tamanho e sequênc**ia antes de serem levados a produção.

Coelho (2003, p. 46) afirma:

A aprendizagem gerada pela proteção da produção ocasiona também a redução da propagação do fluxo de incerteza, pois identifica e ataca a raiz dos problemas. A redução da incerteza permite a diminuição dos estoques, a possibilidade de melhores negociações e parcerias com fornecedores, além de aumentar a confiabilidade e previsibilidade do cumprimento dos prazos de execução, com consequente redução nos tempos e desejável economia financeira.

¹ Para Ballard (2000) *make ready* são ações necessárias para remover restrições das tarefas, tornando-as confiáveis para execução.

² Bernardes (2001, p. 27) afirma que "Não existe uma definição clara, português e no sentido em que é usado, para buffer.[...]considera-se buffer como sendo um estoque de tempo, capacidade, materiais ou produto inacabado que possibilita a execução das operações no canteiro de obras [...]".

³ Planos de comprometimento, por definição, são planos de curto prazo.

Assim, segundo Coelho (2003, p. 46), neste nível de planejamento ocorre uma das principais etapas de proteção da produção previsto no sistema *Last Planner*: a análise de restrições. Para Ballard (2000) a análise de restrições exige que os fornecedores de bens e serviços gerenciem ativamente sua produção de bens e serviços, e que eles informem aos coordenadores com aviso prévio, eventuais problemas na produção, de maneira que se tenha um *lead time*⁴ suficiente para que se consiga o produto.

Não obstante o importante papel do planejamento de médio prazo na proteção da produção, Hamzeh et al. (2008) identificam algumas causas da não implementação do planejamento de médio prazo ao longo de estudos de caso realizados. Algumas das dificuldades encontradas na implementação do médio prazo segundo esses autores são :

- a) deficiências na aplicação de procedimentos padronizados para que se expliquem claramente cada etapa do processo nos aspectos de programação, desenvolvimento, retroalimentação e atualizações para outros níveis de planejamento, mas em específico o médio prazo;
- b) alguns empreendimentos não desenvolvem fases de programação para uma etapa específica tão pouco para todas as etapas necessárias; assim se perde a oportunidade de se intervir no processo de maneira colaborativa;
- c) planos gerados no médio prazo são geralmente desenvolvidos por uma triagem não muito detalhada das atividades do plano mestre. Isso, por sua vez, torna o *lookahead* um processo muito genérico quanto a sua funcionalidade. Esse processo genérico gera atividades genéricas, que possuem um longo período de abrangência, e não atendem as especificações das atividades a serem iniciadas num horizonte de duas a seis semanas;
- d) empreendimentos não empregam desenvolvimento colaborativo na fase de programação, usa-se o *lookahead* como um termo distante das tarefas existentes no plano mestre. Isto é, os resultados gerados nos planos de *lookahead* não incorporam os requisitos dos fornecedores do empreendimento assim como donos, projetistas, contratantes, subcontratantes, autoridades reguladoras, e grupos de usuários. Além disso, eles não contam com os resultados dos últimos planejadores que estão diretamente envolvidos na produção. Isso diminui a qualidade do planejamento e a habilidade de previsão de restrições;
- e) diferentes pacotes de software são empregados no uso de programações médias e curtas, como por exemplo, *Ms Project* para o *lookahead* e *Ms Excel* para o curto prazo. Isso pode gerar uma diferença na hora de se juntar as informações constantes no *Excel* e assim se atualizar as **datas marcos** do *lookahead*;

⁴ *Lead time* segundo esse autor é o tempo de antecedência que uma entrega deve ser finalizada. Geralmente, é chamado também de *supplier lead time*, ou seja, *lead time* do fornecedor.

- f) enquanto algumas restrições são identificadas e removidas no curto prazo, outras que possuem um *lead time* acima do alcance do curto prazo não são removidas devido a pouca prevenção do *lookahead*;
- g) alguns projetos não analisam os motivos pelos quais os planos de comprometimento tendem a variar. Ou seja, não analisa o ciclo (PDCA) *plan, do, check* e *act*, ou seja, planejar, fazer, checar, agir;
- h) alguns resultados mostram o baixo desenvolvimento e conexão entre o plano mestre, fase de programação, plano de *lookahead* e o curto prazo.
- i) o desempenho do PPC medido no plano de comprometimento dificilmente é atrelado aos objetivos gerais do empreendimento. Isso acaba por reduzir o poder do *last planner* em prever ações corretivas e aumentar a confiabilidade dos planos.

Pode-se perceber que o processo de remoção sistemática de restrições é uma das dificuldades de implementação do médio prazo. Isso ocorre talvez devido a sua má formulação, ou seja, devido ao erro conceitual na formulação do problema (LAUFER; TUCKER, 1987). Dessa maneira, é necessário que os recursos relativos ao médio prazo sejam identificados durante o processo no seu respectivo nível de planejamento.

4.2.3 Planejamento de Curto Prazo

Segundo Bernardes (2001) esse nível de planejamento relaciona-se muito mais com as decisões necessárias para o correto andamento da produção. Dessa forma, aspectos associados com a execução da obra, atribuições de tarefas específicas no canteiro de obras fazem parte do escopo do planejamento de curto prazo (BERNARDES, 2001). Visto que o planejamento de curto prazo possui objetivos relacionados às operações no ambiente produtivo, devem ser tomadas medidas que diminuam a variabilidade e a incerteza em relação aos processos que ocorrem nesse ambiente (COELHO, 2003).

Uma forma de medir a eficiência dos planos gerados no nível das unidades de produção se faz pelo uso do percentual de pacotes completos (PPC). Devido ao fato desse indicador ser calculado por meio da divisão entre as atividades completadas pelas atividades programadas, ele se torna uma boa forma de avaliar o controle exercido nas unidades de produção (BALLARD, 2000).

Nesse sentido, altos níveis de PPC, aliados aos objetivos dos outros níveis de planejamento, são indícios de que se tem um alto índice de atividades completas de maneira correta, ou seja, pode-se afirmar que a produção tem alcançado altos níveis de produtividade (BALLARD, 2000). No entanto, segundo esse mesmo autor, ainda com altos níveis de PPC, devem-se investigar os motivos pelos quais algumas tarefas não são realizadas para que se tenham melhoras nos planos futuros. Essa investigação das causas de não realização de algumas tarefas não está somente atrelada ao nível de curto prazo, isto é, os motivos podem ser encontrados até mesmo em outros níveis organizacionais.

Dessa maneira, a primeira ação a ser tomada é a de identificação das razões pelas quais os planos não são totalmente integralizados Ballard (2000). Esse autor cita algumas dessas razões:

- a) fluxo errôneo de informações;
- b) excesso de trabalho planejado para as equipes;
- c) falhas na coordenação dos diferentes recursos;
- d) mudanças de prioridades;
- e) erros de projeto ou de fornecedor durante a execução das atividades.

Essas causas podem estar associadas a ineficácia do planejamento em nível de médio prazo em proteger a produção diminuindo assim a confiabilidade dos planos gerados.

5 PROCESSO DE ANÁLISE DE RESTRIÇÕES

Assim que as atividades são definidas no planejamento de médio prazo, elas são submetidas a um subprocesso de análise de restrições. Codinhoto et al. (2003, p. [1]) afirmam que:

Restrições são atividades gerenciais, necessidades físicas, financeiras e de informações de projeto que se não disponibilizadas no momento, na quantidade e especificações corretas, impedem a programação dos pacotes de trabalho relacionado às mesmas. Necessitam de um responsável por removê-las, uma data limite para remoção e uma tarefa a ser executada atribuída a elas.

Conforme Choo et al. (1999, p. 153) pacotes de trabalho são conjuntos de tarefas a serem realizadas, em local bem definido, utilizando informações de projeto específicas, assim como mão de obra, equipamento, materiais, e tendo suas atividades predecessoras e seus requisitos completados em tempo hábil para execução. Nos próximos itens serão discutidas algumas práticas em relação à análise de restrições.

5.1 PROCESSO DE PREPARAÇÃO DAS TAREFAS

De acordo com Ballard (2000) uma vez que as restrições são identificadas, as respectivas tarefas associadas a elas são submetidas a um processo de *make-ready*, ou seja, esse processo contém as ações necessárias para identificar e remover as restrições. Esse processo é composto por duas atividades básicas, as quais são **triar** e **puxar** (figura 11).

Puxar é um método de introdução de materiais ou informações em um processo de produção (BALLARD, 2000). Outro método alternativo segundo esse mesmo autor é o de empurrar matérias primas em um processo baseando-se somente na entrega de destino ou datas de conclusão das atividades. Dessa forma, o processo de puxar permite que os materiais ou informações em um processo de produção somente sejam introduzidos ao processo se forem capazes de serem utilizados.

Por sua vez, a atividade de **triar** consiste em determinar a situação das tarefas no horizonte de médio prazo em relação as suas restrições, e escolhe-las para retardo ou avanço com base na sua restrição e/ ou possibilidade de remoção (BALLARD, 2000).

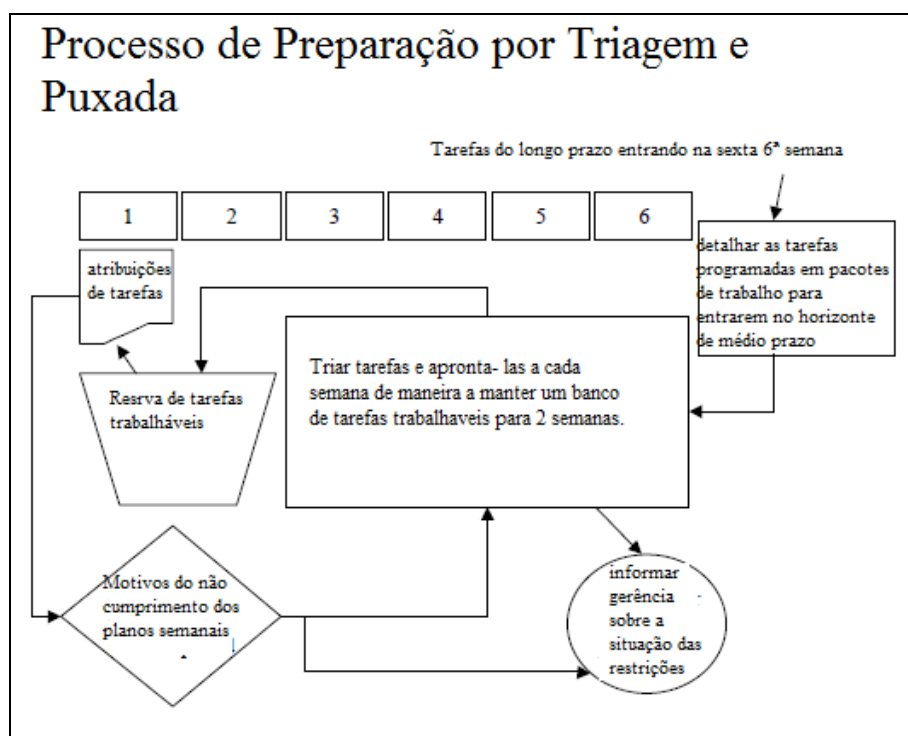


Figura 11: processo *make-ready* (Ballard, 2000)

Em suma, esse processo está intimamente ligado com a análise de restrições uma vez que possui origem no médio prazo e propicia maior confiabilidade dos planos gerados no curto prazo.

5.2 ANÁLISE SOBRE AS NECESSIDADES E BARREIRAS DO PROCESSO

De acordo com Codinhoto et al. (2003) alguns gerentes ainda não levam em consideração a análise de restrições na tomada de decisões relacionadas a disponibilização dos pacotes de médio prazo para o curto. Para Sommer e Formoso (2010, p. [2]), “Um dos principais papéis do planejamento e controle da produção em nível de médio prazo [...] é identificar e remover restrições com o objetivo de avaliar as necessidades específicas de cada processo em uma obra.”. Dessa forma, muitas perdas e improvisações podem ocorrer quando uma atividade é

inserida no planejamento de curto prazo com restrições. Para Sommer e Formoso (2010) as perdas em relação aos processos produtivos são originárias das decisões técnicas que não são levadas em consideração nas tomadas de decisão no planejamento e por isso às vezes a solução é encontrada no ambiente produtivo.

Existem diversas possibilidades de falhas no planejamento para que os planos de produção não sejam executados. Abdelhamid et al. (2010) afirmam que as restrições podem ser classificadas em três grandes categorias: atividades antecessoras, diretivas e recursos. Esses autores enfatizam que essas três categorias são aquelas que impedem que uma atividade seja iniciada. No entanto, esses mesmos autores afirmam que a inserção de uma atividade no curto prazo, não é a certeza de que ela será terminada, pois todos os requisitos de outros clientes no processo devem ser atendidos de maneira que a atividade seja completada agregando valor. O quadro 1 apresenta essa classificação das restrições. Nos próximos itens serão feitas considerações sobre os horizontes de planejamento, bem como a classificação de restrições.

Falhas de Planejamento (fatores que impedem que uma atividade inicie)	Falhas de Execução (Fatores que impedem que uma atividade termine)
Atividades antecessoras	Adição de atividades que não agregam valor (desnecessárias/desperdício)
Diretivas	Variações de desempenho
Recursos	Sobrecarga

Quadro 1: categorias de restrições (ABDELHAMID et al., 2010)

Alguns trabalhos sugerem que o horizonte de planejamento do médio prazo deve estar entre três e seis semanas (CODINHOTO et al., 2003; ABDELHAMID et al., 2010). Esse resultado tem por base os estudos de caso realizados por esses autores e a justificativa principal apresentada por eles é a de que, geralmente, os gerentes não conseguem analisar com maior grau de detalhamento as atividades que estão além desse horizonte de tempo especificado.

Dessa forma, Coelho (2003, p. 45) afirma que:

É comum haver muitas variações entre os procedimentos adotados por diferentes empresas neste nível de planejamento. Assim sendo, pode-se utilizar horizontes de planejamento de 4 semanas, com ciclos de controle de 1 semana, para obras rápidas ou com alta incerteza. Por outro lado, pode-se utilizar horizontes de planejamento de até 4 meses, com ciclos de replanejamento mensais, para obras lentas ou com baixo grau de incerteza. Contudo, uma característica é comum a todos os tipos de

Planejamento de Médio Prazo: o horizonte de planejamento é maior que o ciclo de controle.

Para o controle do processo de remoção de restrições Codinhoto et al. (2003, p [6]) classificaram as restrições em função da sua data limite para remoção, nas seguintes classes:

- a) anterior: restrições que não foram removidas no prazo previsto e que por isso tiveram sua data limite reprogramada;
- b) extra: restrições identificados nas reuniões de planejamento de modo emergencial, e que deveriam ser removidas até a data de realização da reunião de curto prazo;
- c) s1: restrições com data limite de remoção na primeira semana do horizonte de planejamento;
- d) s2: restrições com data limite de remoção na segunda semana do horizonte de planejamento;
- e) s3: restrições com data limite de remoção na terceira semana do horizonte de planejamento;
- f) excedente: restrições com data limite de remoção além do período do horizonte de planejamento.

Dessa forma, calcula-se o índice de restrições removidas (IRR) por meio do quociente entre removidas e as restrições totais do respectivo período de análise. Genericamente, esse indicador pode ser calculado da seguinte forma:

$$\text{IRR}(\%) = (\text{R}_r / \text{R}_t) \times 100 \quad (\text{equação 1})$$

Onde:

IRR = índice de remoção de restrições, em porcentagem;

R_r = restrições removidas;

R_t = restrições totais;

Sendo assim, Codinhoto et al. (2003, p. [10]) afirmam que “[...] não há relação entre o IRR e o PPC. Os resultados altos ou baixos índices de IRR têm relação com o número de pacotes possíveis de serem planejados e não se os pacotes foram executados.”.

6 ESTUDO DE CASO

Segundo Yin (2005, p. 19) “estudos de caso representam a estratégia preferida [...], quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.”. Por esta razão, o presente trabalho adotou o estudo de caso como estratégia de pesquisa. Neste capítulo é apresentado o estudo de caso realizado, o qual mostrará como se desenvolveu o processo de análise de restrições no âmbito da empresa construtora.

6.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A empresa na qual foi realizado o estudo possui grande experiência no mercado imobiliário gaúcho. São mais de 25 anos atuando tanto em construções residenciais quanto em empreendimentos comerciais. O grupo expandiu seus negócios nos seguimentos populares, médio e alto padrão. A empresa também possui qualidade reconhecida por meio das certificações ISO-9001/2000 e PBQP-H Nível A e de premiações como Construtora do Ano Sinduscon-RS e Top de Marketing ADVB-RS, entre outras. Abaixo seguem algumas das realizações da empresa ao longo dos anos:

- a) mais de 1.000.000 m² de área construída;
- b) mais de 50 empreendimentos residenciais e comerciais construídos;
- c) *Shoppings Centers* construídos em diversos estados do Brasil;
- d) 3456 unidades residenciais, comerciais, hotéis e *Shoppings Centers*.

6.2 DESCRIÇÃO DO EMPREENDIMENTO

O empreendimento do estudo faz parte do segmento de construções populares. Serão construídos cinco edifícios com dezoito pavimentos distribuídos num terreno com mais de 23000m². Devido à complexidade dessa obra, ela foi dividida em três fases de entrega. Sendo que a primeira fase é composta pelos blocos um e dois, a segunda fase é composta pelos

blocos três e quatro, e a terceira fase é composta pelo bloco cinco. Cada fase atua independentemente da outra, ou seja, cada uma possui sua própria equipe de engenheiros, estagiários, mestres, entre outros. Cabe salientar, porém, que o sistema de almoxarifado na obra é central, ou seja, todo material constante na obra fica armazenado em um local somente.



Figura 12: layout do empreendimento

A seguir é mostrada a representação de um dos cinco edifícios que serão construídos ao final do empreendimento.



Figura 13: perspectiva de um dos edifícios do empreendimento

6.3 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO NO ÂMBITO DA EMPRESA

A seguir serão mostradas as práticas da empresa em relação ao procedimento de planejamento e controle da produção nos distintos níveis. Serão apresentados também os horizontes utilizados nos três níveis, o ciclo de controle e os indicadores utilizados.

6.3.1 Planejamento de Longo Prazo

Inicialmente, o setor de planejamento responsável ajusta o cronograma mestre com os dados que são conhecidos. Geralmente, nesse nível ainda não se tem grande certeza sobre os processos. Por isso, assim que é definida a data para início do empreendimento, o cronograma mestre é atualizado mensalmente pelos setores de engenharia e planejamento. A empresa utiliza o software *Ms Project*^R para desenvolver seu cronograma inicial de longo prazo (plano mestre). Nesse nível de planejamento, a empresa trabalha com o indicador “Data fim”, o qual é obtido por meio da atualização do cronograma mestre. Dessa forma, a data de término da obra, nesse nível de planejamento, é controlada mensalmente.

6.3.2 Planejamento de Médio Prazo

A empresa trabalha com horizonte de oito semanas para o planejamento em nível de médio prazo. Após a elaboração do cronograma mestre, é realizado o cronograma de médio prazo, sendo que esse, conforme o manual de procedimento é revisado quinzenalmente ou mensalmente, de acordo com a situação do empreendimento. As atividades a serem realizadas são filtradas do cronograma mestre executado pelo setor de planejamento e de engenharia. Dessa maneira, tem-se maior detalhamento nesse nível de planejamento.

A análise de restrições é um processo incipiente na empresa. Ela deve possuir ciclo de atualização semanal. De acordo com o procedimento da empresa, as restrições devem ser identificadas e removidas antes que a tarefa seja inserida no plano de curto prazo, porém não há indicador que avalie a eficiência desse processo.

6.3.3 Planejamento de Curto Prazo

No âmbito do planejamento de curto prazo, a empresa trabalha com o ciclo de controle semanal, ou seja, a cada semana são programadas novas atividades e são investigados os motivos pelos quais as tarefas das semanas anteriores não são realizadas. Antes de janeiro de 2011, a empresa adotava uma lista de nove motivos pelos quais as tarefas não eram executadas em curto prazo. São eles:

- 1) funcionário em falta;
- 2) funcionário não fornecido;
- 3) funcionário deslocado de função;
- 4) fatores climáticos;
- 5) falta de material;
- 6) produtividade abaixo da esperada;
- 7) atividade anterior não concluída pelo próprio;
- 8) atividade anterior não concluída por terceiros;
- 9) outros.

Após a última atualização desse procedimento, a empresa passou a classificar os motivos nas seguintes categorias:

- 1) mão – de – obra,
 - 1.1) falta no trabalho;
 - 1.2) baixa produtividade (mesma equipe);
 - 1.3) modificação da equipe (decisão gerencial);
 - 1.4) problema na gerencia do serviço (encarregado ou mestre);
 - 1.5) falta de programação de mão-de-obra;
 - 1.6) superestimação da produtividade;
 - 1.7) funcionário não fornecido pelo empreiteiro;
- 2) materiais,
 - 2.1) falta de programação de materiais;
 - 2.2) atraso na entrega;
 - 2.3) falta de materiais por perda de produtividade;
 - 2.4) falta de materiais do empreiteiro;
- 3) equipamentos,
 - 3.1) falta de programação de equipamentos;

- 3.2) falta de programação de equipamentos do empreiteiro;
- 3.3) manutenção;
- 3.4) mau dimensionamento;
- 4) projeto,
 - 4.1) falta de projeto;
 - 4.2) má qualidade do projeto;
 - 4.3) incompatibilidade entre projetos;
 - 4.4) alteração de projeto;
- 5) planejamento,
 - 5.1) modificação dos planos;
 - 5.2) atraso na tarefa antecedente do próprio;
 - 5.3) atraso na tarefa antecedente de terceiros;
 - 5.4) pré requisito do plano não foi cumprido;
 - 5.5) falha na solicitação do recurso;
 - 5.6) interferência entre equipes de trabalho;
- 6) segurança do trabalho,
 - 6.1) solicitação de paralisação por falta de proteção coletiva;
 - 6.2) solicitação de paralisação por falta de EPI;
- 7) outros,
 - 7.1) falha na inspeção dos serviços;
 - 7.2) condições adversas do tempo;
 - 7.3) falta de liberação de órgãos públicos.

Nesse nível de planejamento, a empresa trabalha não só com indicadores como o PPC geral, mas também com o PPC por empreiteiro e também com o PPSC (Percentual dos pacotes de trabalho de segurança planejados que foram concluídos). Esse último indicador se relaciona somente aos itens relativos à segurança do trabalho e é atualizado semanalmente pelo técnico de segurança da obra. Para elaborar os planos de curto de curto prazo, a empresa utiliza o programa Excel. Nesse sentido, é importante salientar que as reuniões de planejamento da produção são feitas de maneira independente, porém a coleta de dados de indicadores como PPC, PPSC e os seus respectivos comportamentos é feita de maneira única, ou seja, não havendo distinção entre as fases, como se o empreendimento fosse um bloco único. É importante salientar também que as reuniões desse nível de planejamento, relacionam-se somente a produção das atividades, dessa forma assuntos relacionados a segurança são abordados em outros momentos.

A figura abaixo mostra a planilha que a empresa usa para realizar os planos de curto prazo.

Logotipo da Empresa	Plano Semanal								
	Projeto: Obra A						data de elaboração		
	Empresa	Semana de		9-nov-00		a	13-nov-00	Obs.	PPC
Frente de Serviço	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Sab.			
PPC Empreiteiro		PPC	Seg	Limp	Qual				
PPC Geral Obra		PPC	Seg	Limp	Qual				

Figura 14: planilha eletrônica de curto prazo da empresa

O planejamento de curto prazo possui ciclo de controle semanal, ou seja, a coleta de dados sobre o cumprimento dos pacotes de curto prazo é realizada em reuniões semanais com todos os agentes envolvidos no processo, sendo eles empreiteiros, mestres, estagiários, entre outros. Além das atividades que constam no plano semanal são avaliados também outros aspectos em relação à produção como, por exemplo, a limpeza, organização, segurança e qualidade dos serviços.

6.4 ANÁLISE DE RESTRIÇÕES NO NÍVEL DE MÉDIO PRAZO NO ÂMBITO DA EMPRESA

Assim como outros procedimentos, o planejamento e controle da produção da empresa têm sido constantemente aprimorados, nesse sentido a análise de restrições está presente entre as últimas atualizações desse procedimento na empresa. Abaixo segue o fluxograma antigo, o qual não previa a análise de restrições.

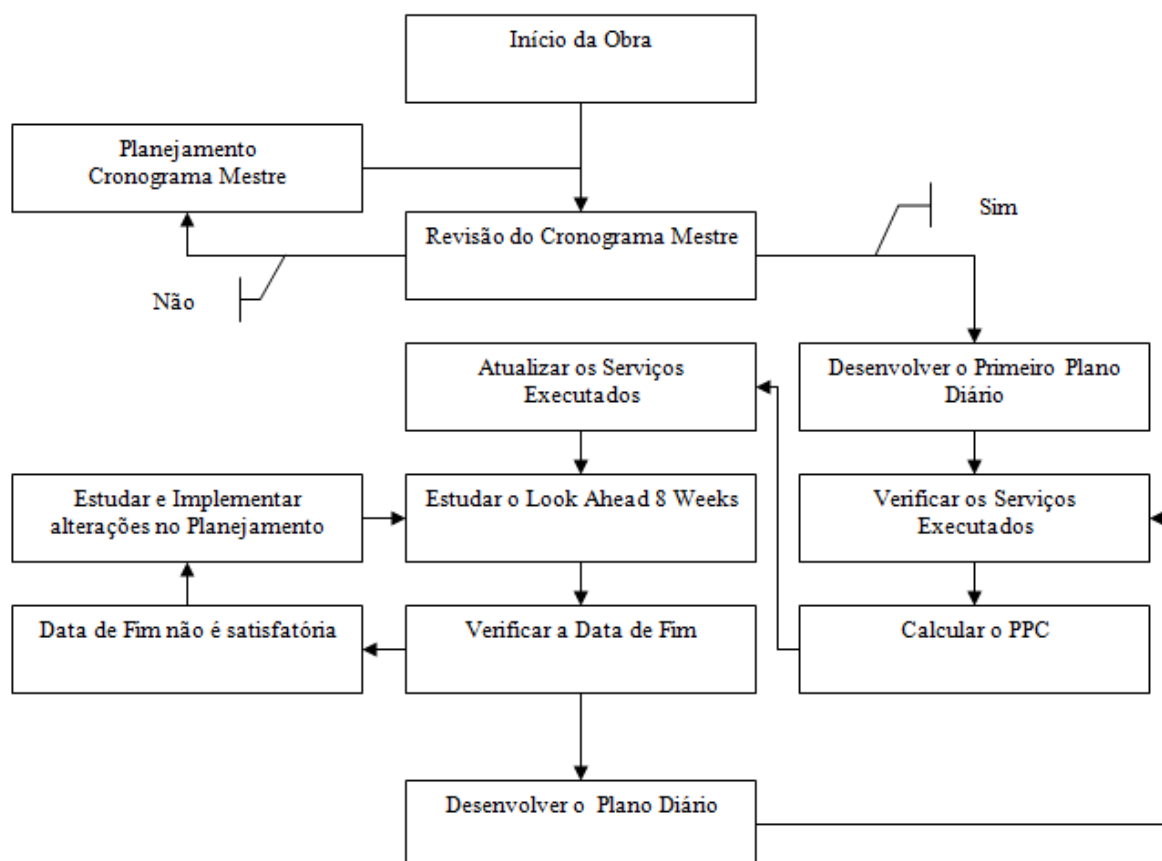


Figura 15: fluxograma antigo de planejamento da empresa (Fonte: manual de procedimento da empresa)

Porém, em meados de outubro de 2010, a análise de restrições foi inserida no procedimento de planejamento e controle da produção. Abaixo, segue o fluxograma atual utilizado pela empresa.

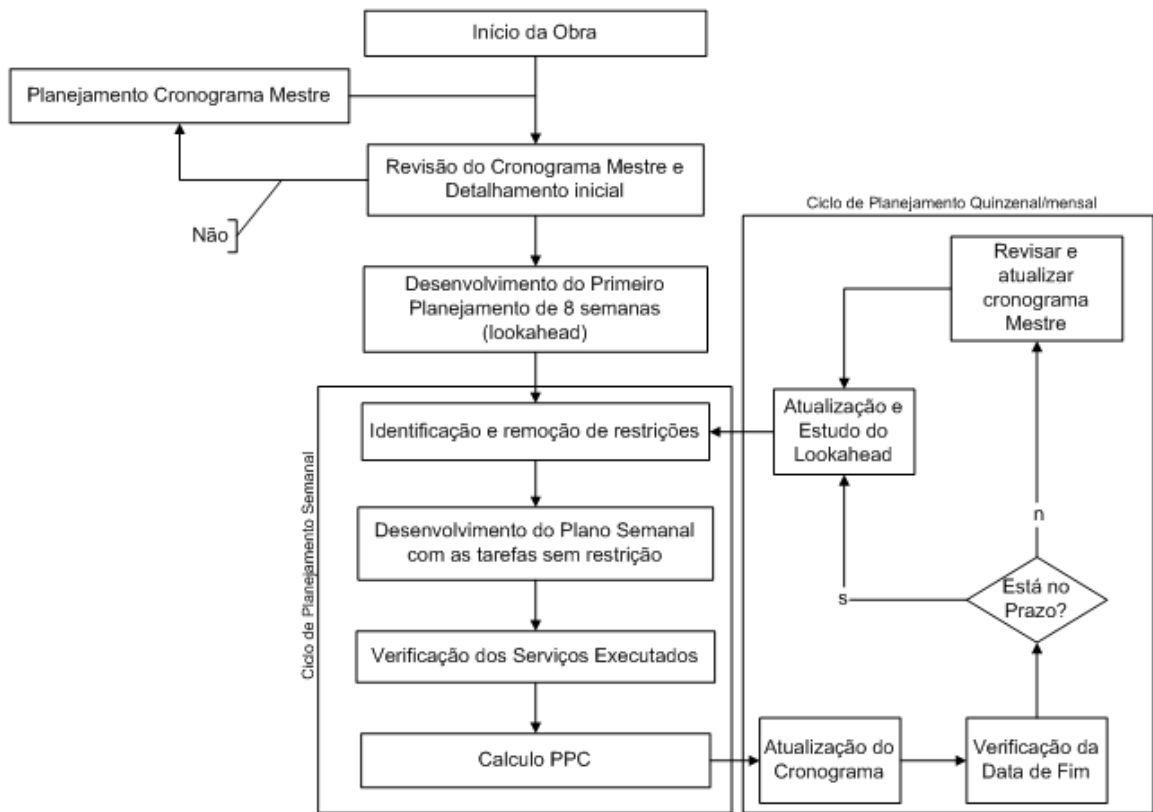


Figura 16: fluxograma atual de planejamento da empresa (Fonte: manual de procedimento da empresa)

Pode-se perceber que a empresa possui preocupação em disponibilizar somente pacotes sem restrição ao curto prazo. Conforme o procedimento atualizado, a identificação e remoção de restrições devem ser realizadas semanalmente, porém a atualização do cronograma de médio prazo deve ser feita quinzenalmente. Vale salientar que ambos os fluxogramas mostram que a empresa possui um horizonte de planejamento em nível de médio prazo de oito semanas.

6.5 DESCRIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Primeiramente, ao se iniciar o estudo de caso obtiveram-se dados relativos aos planos de curto prazo gerados na obra, ou seja, foram coletados dados relativos ao comportamento do PPC da obra, bem como os motivos pelos quais as tarefas não eram cumpridas. Acompanhou-se o processo de análise de restrições durante seis semanas, entre os meses de fevereiro e março de 2011. Como o empreendimento estava dividido em fases diferentes, então foi escolhida para

objeto de estudo a segunda fase por apresentar atividades a serem iniciadas e estar numa etapa importante para o estudo.

Na primeira reunião foram estabelecidas algumas definições em relação ao termo “restrição”. Por exemplo, atividades predecessoras não foram consideradas como restrições e as atividades relacionadas à segurança da obra também não. Deve-se salientar também que nem todas as programações de recursos relacionadas ao médio prazo foram consideradas restrições. Somente atividades relacionadas à contratação de mão de obra e material e também atividades relacionadas a alguns fluxos físicos da obra, que a gerencia da obra classificava ser mais importante foram listadas como restrições. Isso se deve, segundo o engenheiro, ao fato de o empreendimento ser de grande porte e por isso, no seu entendimento, o detalhamento excessivo seria prejudicial.

O procedimento para identificação de restrições consistia em uma análise do cronograma *lookahead* elaborado no *Ms Project*, o qual era filtrado para as atividades existentes nas próximas oito semanas. Após essa análise do cronograma, as restrições eram listadas em planilha eletrônica. Como não havia uma planilha oficial da empresa, o engenheiro residente listava as restrições em uma planilha própria. Ao final da primeira reunião o autor deste trabalho propôs a seguinte planilha abaixo.

Logotipo da Empresa		Análise de Restrições											IRR	Obs.:				
		Projeto:	Obra A															
Período:		de	7/4	à	14/4													
			14/4	à	21/4	à	28/4	à	5/5	à	12/5	à	19/5	à	26/5	à	2/6	
			20/4	à	27/4	à	4/5	à	11/5	à	18/5	à	25/5	à	1/6	à	8/6	
Nº	Lista de Restrições	Responsável	Data limite	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	IRR	Obs.:					
	Índice de Remoção de Restrições (IRR)		IRR															

Figura 17: planilha eletrônica do autor

Dessa maneira, transferiam-se os dados atualizados da planilha do engenheiro residente para a planilha acima descrita.

6.6 CLASSIFICAÇÃO DAS RESTRIÇÕES

De posse dos dados referentes aos planejamentos de curto e médio prazo e com a metodologia de estudo estabelecida, o autor classificou as restrições não só conforme o horizonte de médio prazo, mas também devido a sua prioridade para remoção. Cabe salientar, porém que a classificação utilizada não foi divulgada para a equipe da obra. A descrição abaixo mostra as categorias de restrições:

- a) reprogramadas: restrições que não foram removidas no prazo e então tiveram sua data limite alterada;
- b) s1: restrições com data limite de remoção na primeira semana do horizonte de planejamento;
- c) s2: restrições com data limite de remoção na segunda semana do horizonte de planejamento;
- d) s3: restrições com data limite de remoção na terceira semana do horizonte de planejamento;
- e) s4: restrições com data limite de remoção na quarta semana do horizonte de planejamento;
- f) s5: restrições com data limite de remoção na quinta semana do horizonte de planejamento;
- g) s6: restrições com data limite de remoção na sexta semana do horizonte de planejamento;
- h) s7: restrições com data limite de remoção na sétima semana do horizonte de planejamento;
- i) s8: restrições com data limite de remoção na oitava semana do horizonte de planejamento.

A primeira semana do horizonte de planejamento é essencial para que as atividades sejam incluídas no nível de curto prazo sem restrições. Uma vez que a restrição é classificada como s1, a urgência em removê-la é maior do que as restrições das outras semanas. Devido à importância em se remover as restrições que constavam na primeira semana do horizonte de planejamento, foi proposto o indicador de índice de remoção de restrições da primeira semana (IRR_{s1}):

$$\text{IRR}_{s1}(\%) = (\text{Rr}_{s1} / \text{R}_{s1}) \times 100 \quad (\text{equação 2})$$

Onde:

IRR_{s1} = índice de remoção de restrições da primeira semana, em porcentagem;

Rr_{s1} = restrições removidas relativas a primeira semana;

R_{s1} = restrições totais relativas à primeira semana;

Outro indicador proposto, para que se avaliasse eficiência global do processo foi o índice de remoção total (IRR_T), o qual era obtido da seguinte maneira:

$$\text{IRR}_T(\%) = (\text{Rr} / \text{R}_T) \times 100 \quad (\text{equação 3})$$

Onde:

IRR_T = índice de remoção de restrições total em porcentagem;

Rr = restrições removidas;

R_T = restrições totais.

Devido ao amplo horizonte de planejamento composto pelas oito semanas, o cálculo de um IRR para cada uma produziria dados excessivamente detalhados e sem importância. Dessa maneira, dividiu-se um IRR para as quatro primeiras semanas e outro para as restantes. Resultando em dois indicadores $\text{IRR}_{s1 \text{ a } s4}$ e $\text{IRR}_{s5 \text{ a } s8}$, os quais foram calculados da seguinte maneira:

$$\text{IRR}_{s1 \text{ a } s4}(\%) = (\text{Rr}_{s1 \text{ a } s4} / \text{R}_{T s1 \text{ a } s4}) \times 100 \quad (\text{equação 4})$$

Onde:

$\text{IRR}_{s1 \text{ a } s4}$ = índice de remoção de restrições da primeira a quarta semana em porcentagem;

$\text{Rr}_{s1 \text{ a } s4}$ = restrições removidas da primeira até a quarta semana;

$\text{R}_{T s1 \text{ a } s4}$ = restrições totais da primeira até a quarta semana.

$$\text{IRR}_{s5 \text{ a } s8}(\%) = (\text{Rr}_{s5 \text{ a } s8} / \text{R}_{T s5 \text{ a } s8}) \times 100 \quad (\text{equação 5})$$

Onde:

$\text{IRR}_{s5 \text{ a } s8}$ = índice de remoção de restrições da quinta a oitava semana, em porcentagem;

$\text{Rr}_{s5 \text{ a } s8}$ = restrições removidas da quinta a oitava semana;

$\text{R}_{T s5 \text{ a } s8}$ = restrições totais da quinta a oitava semana.

6.7 RESULTADOS

Ao término do estudo, pode-se perceber que os índices de remoção de restrições foram relativamente baixos. Foram identificadas ao todo 37 restrições as quais foram acompanhadas durante o ciclo de médio prazo e conforme o gráfico abaixo se pode afirmar que elas ficaram mais distribuídas entre as primeiras semanas. Esse fato corrobora o que havia sido afirmado por autores como CODINHOTO et al. (2003) e ABDELHAMID et al (2010)., ou seja, tem-se dificuldades na visualização de restrições referentes as ultimas semanas do horizonte de planejamento. Vale salientar também que não houveram restrições identificadas na oitava semana (figura 18). Comparativamente, as restrições reprogramadas, que surgiram a partir da terceira semana, também obtiveram índices expressivos.

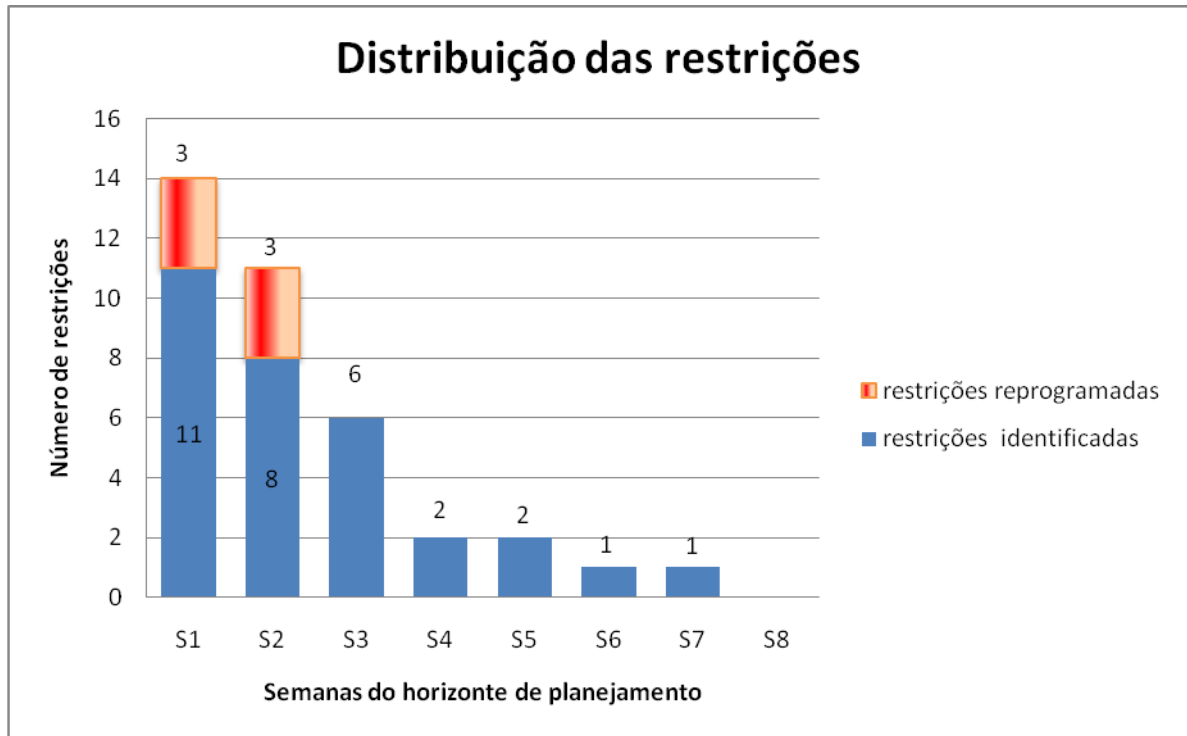


Figura 18: distribuição das restrições ao longo das semanas de estudo

Em relação à remoção de restrições, pode-se afirmar que os índices de remoção foram baixos. O IRR_T obteve seu maior índice em 50% na quinta semana de análise, sendo que a média desse indicador foi de 15,58%. Pode-se observar pelo quadro abaixo, que no máximo três restrições foram removidas numa única semana para esse indicador

Semanas			Evolução IRR_T		Evolução IRR_{s1}		Evolução $IRR_{s1 \text{ a } s4}$		Evolução $IRR_{s5 \text{ a } s8}$	
			Restrições Removidas	Restrições Totais	Restrições Removidas	Restrições Totais	Restrições Removidas	Restrições Totais	Restrições Removidas	Restrições Totais
5/2/11	à	12/2/11	1	6	1	1	1	4	0	1
12/2/11	à	19/2/11	1	8	1	1	1	6	0	6
19/2/11	à	26/2/11	1	7	1	4	1	6	0	1
26/2/11	à	5/3/11	0	6	0	1	0	6	-	-
5/3/11	à	12/3/11	3	6	2	4	3	6	-	-
12/3/11	à	19/3/11	0	4	0	3	0	4	-	-

Quadro 2: quantidade de restrições removidas e totais de todos os indicadores.

Em termos percentuais, o quadro acima gerou o seguinte comportamento, mostrado na figura abaixo para o IRR_T .

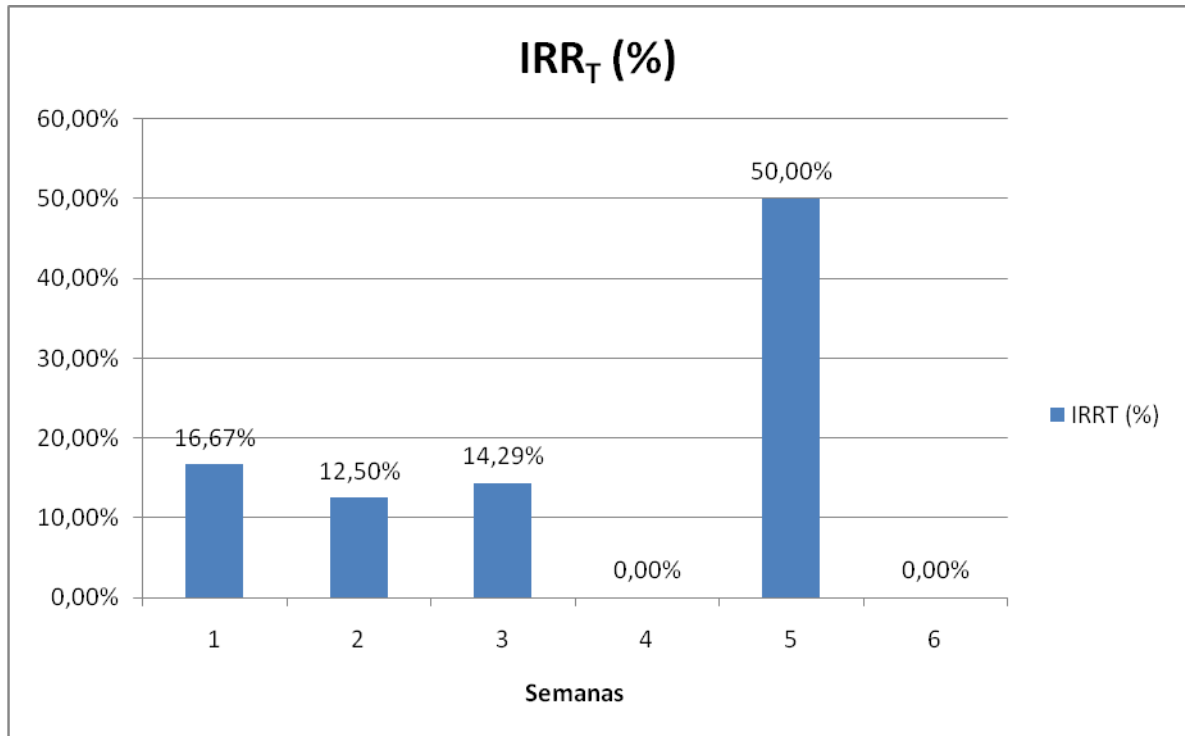


Figura 19: evolução do IRR_T

Entretanto, o IRR_{s1} foi o indicador que obteve maiores valores, ainda mais se comparado com outros como o IRR_(s1 a S4) e IRR_(s5 a s8). A média do IRR_{s1} foi de 55%, já a média do IRR_(s1 a s4) de 9,72%. O indicador IRR_(s5 a s8) teve valores nulos durante todas as semanas de análise, demonstrando que as restrições da quinta até a oitava semana do horizonte não foram removidas em momento algum.

Vale salientar também que o indicador IRR_(s1 a S4) obteve valores pouco expressivos. Não fosse eficiência na remoção de restrições relativas a primeira semana, esse indicador poderia ter resultados menores do que o apresentado.

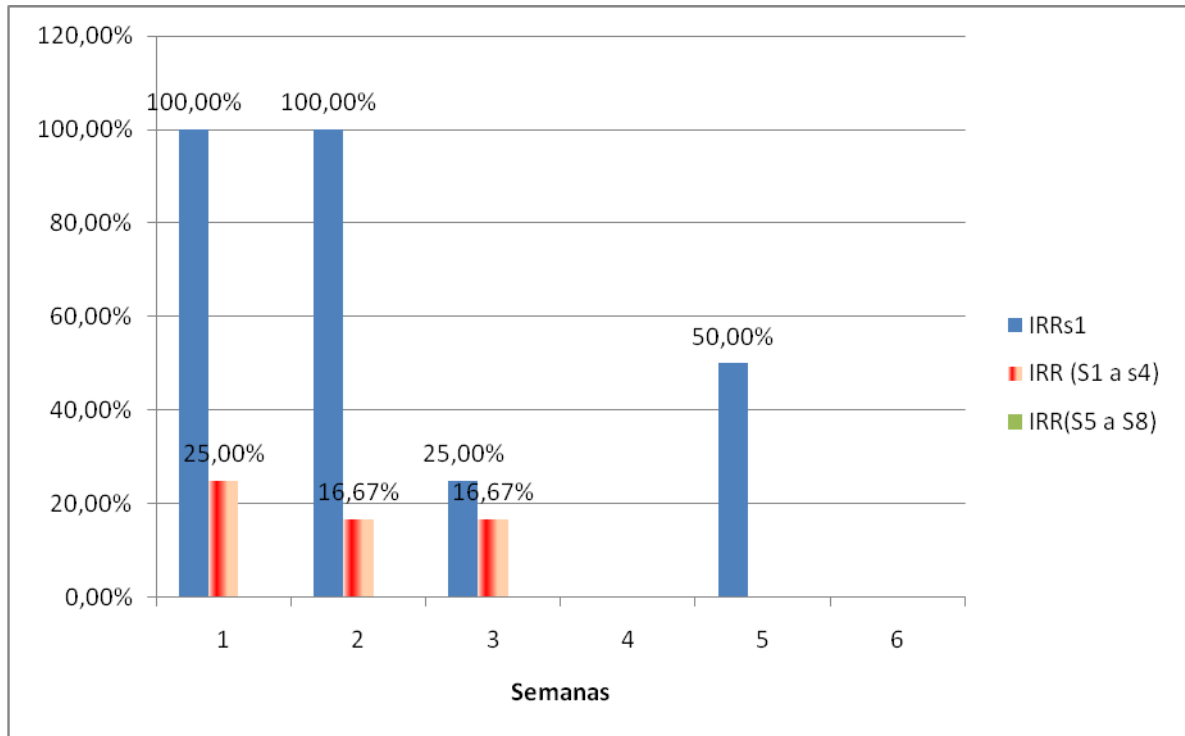


Figura 20: comparação entre indicadores

É importante mostrar também que algumas das causas do não cumprimento dos planos semanais podem ter origens no planejamento de médio prazo. Por exemplo, a falta de material pode ter sua origem na falta de um processo sistemático de remoção de restrições. A figura abaixo mostra a distribuição dos motivos pelos quais os planos não são realizados, antes da última mudança desse procedimento na empresa.

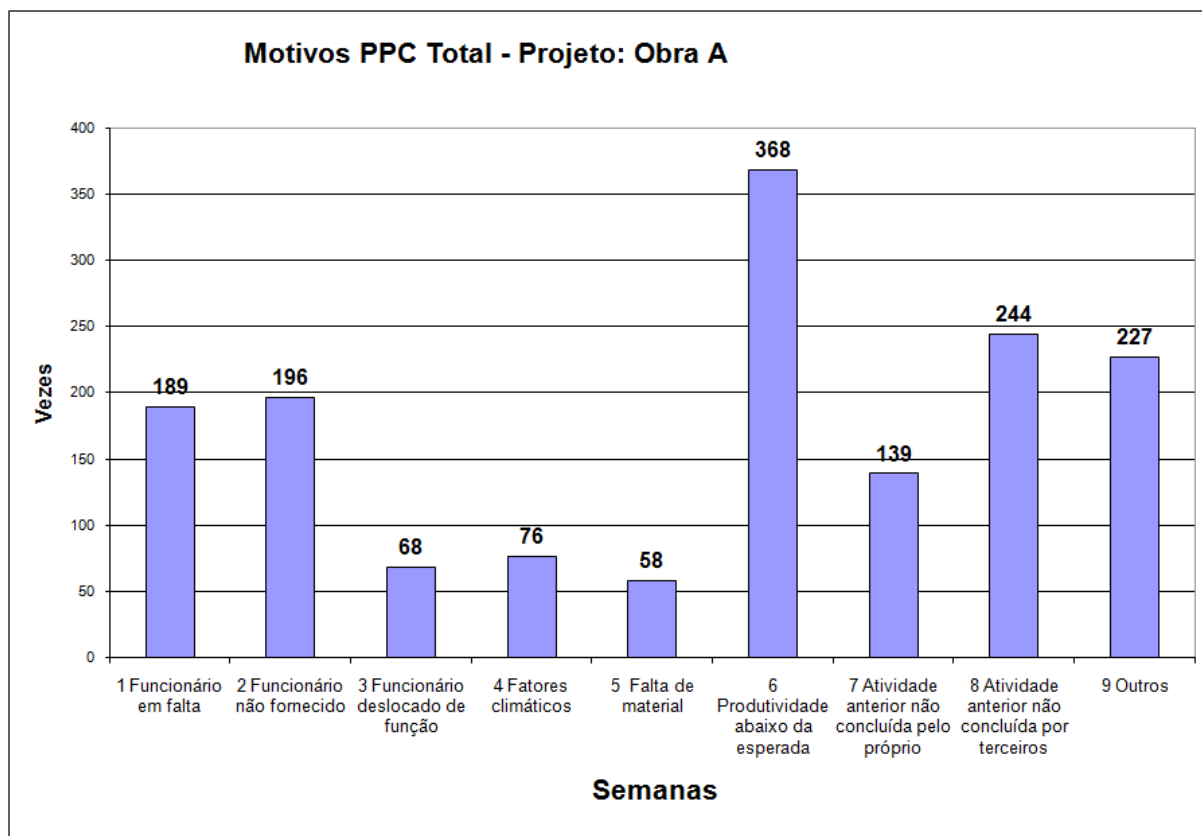


Figura 21: lista de motivos antigos pelos quais os planos não são realizados

De acordo com a revisão bibliográfica, existem diversas razões pelas quais os planos de curto prazo não são realizados. Nesse sentido, a investigação desses motivos é uma prática que vai ao encontro da boa prática de planejamento, pois dessa forma algumas medidas podem ser tomadas em relação às falhas da realização dos planos de curto prazo. No entanto, alguns desses motivos como, por exemplo, a falta de material podem estar associados a inexistência da proteção da produção para que se obtenha maior confiabilidade nos planos.

De acordo a lista de motivos do manual de procedimento antigo da empresa, mostrada na figura, pode-se afirmar que 3,7% dos motivos estão relacionados a não remoção de restrições, caso somente a falta de material seja relacionada ao planejamento de médio prazo. Motivos relacionados à mão de obra, como por exemplo, funcionários em falta e não fornecidos, representam 28,9 % do total. Certamente, esses motivos relacionados a mão de obra e materiais, caso sejam submetidos ao processo de remoção de restrições aumentarão a confiabilidade dos planos gerados no nível de curto prazo.

Porém, de acordo com a lista atual de motivos, que os apresenta de maneira mais detalhada, pode-se afirmar que cerca de 13% dos motivos estão relacionados a não remoção de restrições em nível de médio prazo, sendo estes motivos atraso na entrega de materiais, alteração de projetos, modificação dos planos e falha na solicitação de recursos. Pode-se perceber que por meio desse maior detalhamento na atribuição dos motivos, a relação da proteção da produção com a qualidade dos planos gerados em curto prazo torna-se mais evidente. A figura abaixo mostra a distribuição desses novos motivos ao longo da obra, desde janeiro de 2011.

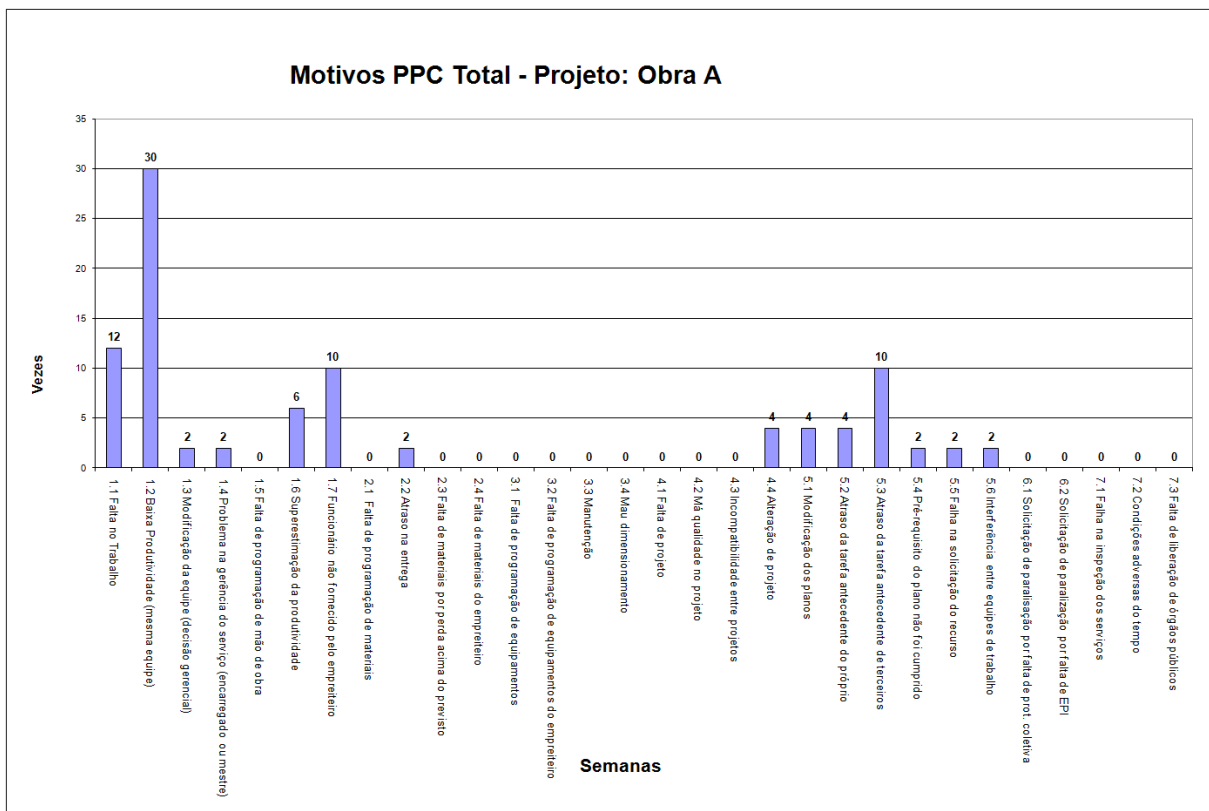


Figura 22: lista de motivos novos pelos quais os planos não são realizados

6.7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Embora o estudo de caso tenha apresentado índices baixos em relação à remoção das restrições, obteve-se resultado positivo em relação ao início de alguns serviços novos na obra em questão. Por exemplo, o serviço de execução da estrutura metálica para o plaqueamento em gesso acartonado começou no conforme o cronograma da obra. Porém, a empresa que executou o serviço não conseguiu obter a qualidade esperada e por isso não seguiu na obra.

Logo esse tipo de restrição teve que passar novamente pelo processo de remoção em nível de médio prazo, pois foi necessária a contratação de outra empresa que executasse esse tipo de serviço.

Dessa maneira, ocorreu uma situação que não era prevista durante o processo de análise de restrições, ainda mais que um dos efeitos da proteção da produção por meio desse processo era justamente a melhor negociação com fornecedores. Por outro lado, pode-se perceber que a empresa possui um processo de planejamento em nível de curto prazo bastante difundido e bem consolidado. O controle de indicadores como PPC e o levantamento dos motivos pelos quais os planos não são realizados são medidas que vão ao encontro do que a bibliografia apresenta como boa prática de planejamento.

A utilização de indicadores como IRR se mostrou bastante importante, uma vez que foi por meio dele que se pode avaliar a eficiência da inserção dos pacotes de médio prazo no curto prazo. A partir da quarta semana, pode-se perceber que a obra não identificou novas restrições, apenas se preocupou em remover as existentes. Nesse sentido, faltou rotinização dessa prática, ou seja, a utilização desse ciclo de identificação e remoção deve ser feita com periodicidade semanal, de acordo com o ciclo de replanejamento adotado pela empresa.

Percebeu-se também a ausência de uma das principais medidas em relação à proteção da produção que é a programação de tarefas reservas, o que poderia ter proporcionado maiores recursos quando ocorrem interferência entre equipes de trabalho no canteiro.

7 DIRETRIZES PARA O PROCESSO DE ANÁLISE DE RESTRIÇÕES

Ao longo do trabalho foram discutidas várias funções que são intrínsecas ao planejamento em nível de médio prazo, entre elas pode-se citar a forma do fluxo de trabalho, a transição das tarefas do longo para o curto prazo, e também o processo de análise de restrições. É importante salientar que o processo de análise de restrições consiste basicamente em duas etapas, ou seja, deve-se primeiramente identificá-las para então removê-las.

A não remoção de uma restrição no médio prazo em tempo previsto é um problema que o curto prazo terá de resolver, ou certamente, sofrerá as consequências da não remoção. Se uma tarefa com restrições for incluída no curto prazo, certamente imprevistos ocorrerão, os quais deverão ser solucionados nesse nível.

Existem restrições que são facilmente identificadas e outras que não há como se identificar previamente. Quando as restrições são identificadas e removidas, alcança-se então o sucesso no processo da análise de restrições. Porém, quando mesmo após identificadas as restrições, não havendo essa remoção em tempo hábil surgirão problemas na produção. Este fato indica que, embora exista sucesso na identificação das restrições, a sua remoção não foi efetiva, resultando igualmente em problemas para o planejamento de curto prazo e a produção.

Dentre as restrições não identificadas existem aquelas que podem ser consideradas imprevisíveis no horizonte de médio prazo, ao passo que outras poderiam ter sido previstas. Se essas últimas ocorrerem em grandes quantidades, isto significa que o médio prazo possui problemas em identificar restrições e proporcionar pacotes trabalháveis ao curto prazo.

Dessa maneira, problemas vinculados ao curto e ao médio prazo possuem duas fontes origem, que são: as restrições não identificadas possíveis de prever e, as identificadas, passíveis de remoção. No entanto, existem restrições que não foram identificadas, pois não são possíveis de se prever no médio prazo e certamente levam problemas a produção (figura 23). Dessa forma, a solução para esse tipo de restrição dependerá do seu grau de complexidade. Se a restrição for simples, a produção poderá resolver. Caso contrário, certamente, a produção será interrompida.

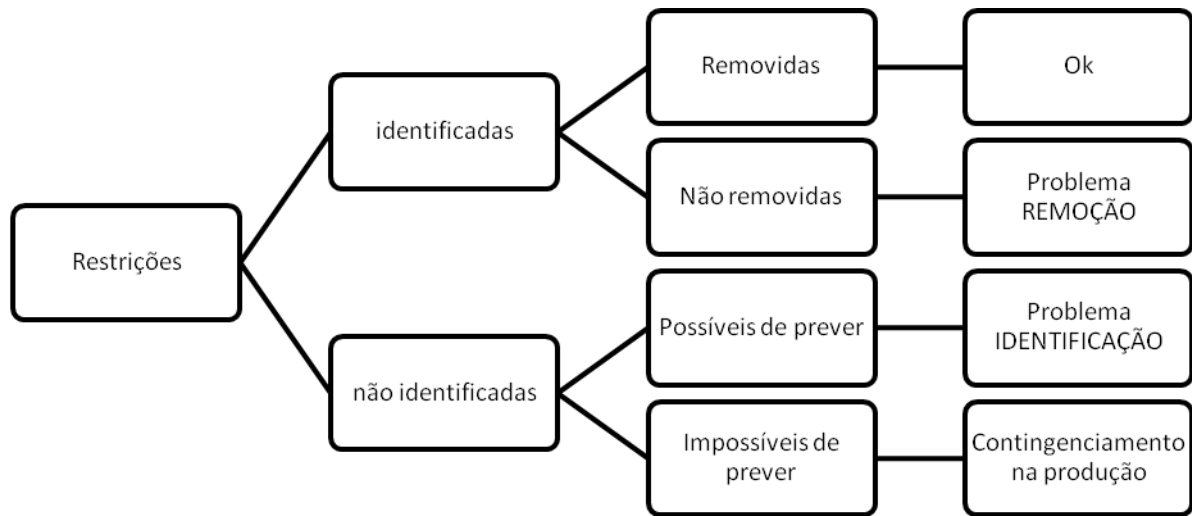


Figura 23: representação das restrições

Deve-se atentar também para o controle das restrições que são reprogramadas. A existência desse controle medirá em quanto o médio prazo atrasará o curto prazo. A seguir serão discutidas algumas diretrizes em relação ao uso dos indicadores.

7.1 INDICADOR IRR_{S1}

Conforme aquilo que foi apresentado no capítulo anterior, pode-se perceber que as restrições que constavam na primeira semana são as mais importantes em termos do processo de remoção. Dessa forma, o indicador IRR_{S1} mostra a eficácia do processo de remoção. Pode-se inferir também que esse indicador mostra a real qualidade do planejamento de médio prazo em evitar atrasos ao curto prazo. Este indicador mostra a eficácia do processo no que diz respeito a remoção das restrições, mas não avalia o sucesso na identificação das mesmas.

7.2 INDICADOR IRR_T

Indicador como o IRR_T é importante, pois mede de maneira geral o desempenho do processo de planejamento de médio prazo. Nesse sentido, a eficácia da remoção das restrições no âmbito de todo o horizonte de médio prazo é avaliada por meio desse indicador. Dessa forma, ele apresenta de maneira menos detalhada a situação do processo de análise de restrições. Da mesma maneira que o indicador anterior, este indicador mostra a eficácia do processo no que diz respeito à remoção das restrições, mas não avalia o sucesso na identificação das mesmas.

7.3 ROTINIZAÇÃO DA REMOÇÃO DE RESTRIÇÕES

Outra diretriz importante é a rotinização do processo de remoção e identificação por meio de planilhas de maneira que se tenha o histórico de tudo o que aconteceu durante o planejamento de médio prazo e para que possam ser tomadas medidas corretivas em relação à ineficiência em algum momento. O ciclo de controle semanal é uma medida positiva, pois tem-se melhor percepção quanto a evolução dos indicadores propostos. Esta diretriz está diretamente associada tanto com a capacidade do médio prazo em identificar restrições como em removê-las.

7.4 DETALHAMENTO DAS RESTRIÇÕES

Devido ao alto grau de complexidade do empreendimento, as restrições listadas estavam relacionadas apenas a algumas atividades que constavam no planejamento *lookahead*, porém existiam outras que eram resolvidas de maneira informal. Nesse sentido, pensa-se que o maior detalhamento das restrições é uma medida, que se implementada, será bastante útil para melhoria do acompanhamento dos indicadores citados anteriormente. Certamente, o grau de detalhamento das restrições será função do tipo de empreendimento analisado. Porém, existem itens básicos como contratação de serviços importantes, programação de materiais, entre outros que são inerentes tanto em empreendimentos comerciais quanto em residenciais. Dessa forma, pensa-se que a criação de um banco de dados de restrições mínimas a serem

analisadas é importante de maneira que se tenha uma idéia de como está a abordagem de cada obra em relação ao processo de identificação (figura 24). Esta diretriz está associada fundamentalmente com a identificação das restrições, e não com a sua remoção.

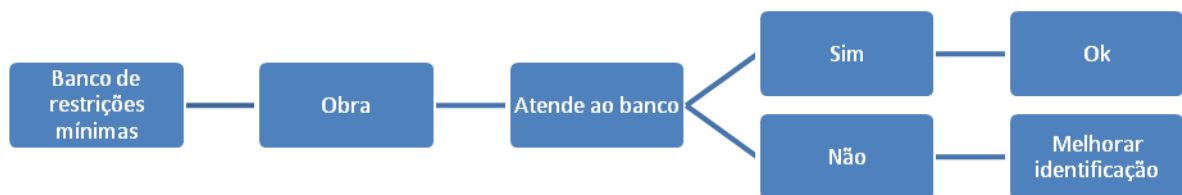


Figura 24: fluxograma de restrições mínimas.

7.5 HORIZONTE DE PLANEJAMENTO

Outra consideração importante que pode ser feita é de que a maioria das restrições foi removida quando estavam prestes a ser inseridas no horizonte de curto prazo, diante disso se faz necessário maior detalhamento das restrições ou até mesmo a diminuição do horizonte de planejamento adotado. Em relação ao processo de identificação, pode-se perceber que as restrições relativas às últimas semanas foram pouco identificadas. Dessa forma, conforme o levantamento feito na pesquisa bibliográfica, horizontes de até seis semanas são ideais para o nível de planejamento em médio prazo.

8 Considerações Finais

Este trabalho teve por objetivo propor diretrizes para melhorias no processo de análise de restrições aos pacotes de produção inseridos no planejamento de médio prazo. Com base no estudo de caso feito, foram propostas as seguintes diretrizes:

- a) utilização do indicador IRR_{s1} ;
- b) utilização do indicador IRR_T ;
- c) remoção sistemática de restrições;
- d) maior grau de detalhamento das restrições;
- e) avaliação do horizonte de planejamento de médio prazo.

Para se alcançar esse objetivo principal foram identificados motivos pelos quais o planos de produção não são realizados de maneira que se possibilitou a visualização da origem dos problemas dos pacotes de curto prazo. Pode-se inferir que alguns dos motivos identificados no estudo de caso possuem origem no planejamento de médio prazo, ou seja, na falta de um processo sistemático de remoção de restrições. Vale a pena salientar que esse processo não pode ser considerado infalível, pois ainda existirão eventualmente restrições impossíveis de serem previstas.

Em suma, a função principal desse trabalho é atentar para melhoria do desempenho do planejamento de médio prazo em proporcionar pacotes trabalháveis para o curto prazo. Nesse sentido, o foco principal deste estudo foi a interação entre o planejamento de médio e curto prazo. Dessa forma, as diretrizes propostas apenas auxiliam que se evitem atrasos nos planos de produção, mas não são a garantia de que eles serão cumpridos.

9 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Este trabalho teve o objetivo de estabelecer diretrizes para a melhoria do processo de análise de restrições. Dessa forma, sugere-se como complemento a esse estudo as seguintes pesquisas:

- a) método de acompanhamento das restrições que são reprogramadas, medindo assim o quanto o médio prazo atrasa o curto;
- b) abordagem de restrições em outros tipos de empreendimentos da empresa, uma vez que ela possui tanto obras verticais quanto horizontais;
- c) criação um banco de restrições mínimas as quais sejam inerentes a todos empreendimentos;
- d) análise da natureza das restrições identificadas.

REFERÊNCIAS

- ABDELHAMID, T. S.; JAIN, S.; MROZOWSKI, T. Analysing the relationship between production constraints and construction work flow: an sem approach. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNACIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 18., 2010, Haifa. **Proceedings...**Haifa: LCI, 2010.
- ACKOFF, R. L. **Planejamento empresarial**. Rio de Janeiro: LTC, 1976.
- BALLARD, G. The last planner. In: SPRING CONFERENCE OF THE NORTERN CALIFORNIA CONSTRUCTION INSTITUTE, 6., 1994, Monterey, CA. **Proceedings...** Monterey, CA: LCI, 1994. Disponível em: <leanconstruction.org/pdf/LastPlanner.pdf>. Acesso em: 9 ago.2010.
- _____. **The last planner system of production control**. 143 f. 2000. Thesis (Doctor of Philosophy) – Faculty of Engineering, University of Birmingham, Birmingham, UK.
- BALLARD, G.; HOWELL, G. Shielding production: an essential step in production control. **Journal of Construction Engineering and Management**, [S. l.], v. 124, n. 1, p. 18-24, Jan. 1988. Disponível em:<[http://www.stanford.edu/class/cee320/CEE 320B/ShieldingProductio n.PDF](http://www.stanford.edu/class/cee320/CEE_320B/ShieldingProduction.PDF)>.Acesso em: 9 ago.2010.
- BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção**. 2001. 289 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- CHOO, H. J.; TOMMELEIN, I. D.; BALLARD, G.; ZABELLE, T. R. Work plan: constraint - based database for work package scheduling. **Journal of Construction Engineering and Management**, [S. l.], v. 125, n. 3, p. 151-160, May-June 1999. Disponível em:<<http://www.ce.berkeley.edu/~tommelein/papers/QCO000151.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2010.
- CODINHOTO, R.; MINOZZO, D. L.; HOMRICH, M. C.; FORMOSO, C. T. Análise de restrições: definição e indicador de desempenho. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 3., 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar 2003.
- COELHO, H. O. **Diretrizes e Requisitos para o Planejamento e Controle da Produção em Nível de Médio Prazo na Construção Civil**. 2003. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- FORMOSO, C. T. **A knowledge based framework for planning house building projects**. 1991. 339 f. Thesis (Doctor of Philosophy)–Department of Quantity and Building Surveying, University of Salford, Salford, UK.
- HAMZEH, F. R ; BALLARD, G.; TOMMELEIN, I. D. Improving construction work flow: the connective role of lookahead planning. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE

INTERNACIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 16., 2010, Manchester. **Proceedings...** Manchester: LCI, 2008.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T. A nova filosofia de produção e a redução de perdas na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 1998.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. Stanford: Stanford University, 1992. Technical report 72.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, London, v. 3, n. 5, p. 243–266, 1987.

LILLRANK, P. The transfer of management innovations from Japan. **Organization Studies**, Sweden, v. 16, n. 6, p. 971 – 989, 1995.

SAURIN, T. A ; FORMOSO, C. T.: **Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos**. Porto Alegre: ANTAC, 2006. Recomendações Técnicas HABITARE, v. 3.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SOMMER, L.; FORMOSO, C. T. Método de identificação de perdas por improvisação em canteiros de obras. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2010.

Yin, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212 p.